XIII CONGRESO INTERNACIONAL DE SISTEMAS SILVOPASTORILES

III CONGRESO DE LA RED GLOBAL DE SISTEMAS SILVOPASTORILES

VIII CONGRESO INTERNACIONAL DE PRODUCCIÓN ANIMAL TROPICAL



Innovación tecnológica para la sostenibilidad, resiliencia y equidad de los sistemas ganaderos en América Latina y el Caribe

2025

SILVOPAT

ISBN: 978-959-7171-88-1

INSTITUTO DE CIENCIA ANIMAL ICA

Red Global de Sistemas Silvopastoriles

INTA Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria

CIPAV

CATIE Solutions for Inclusive Green Development Soluciones para el Desarrollo Verde Inclusivo

XIII Congreso Internacional de Sistemas Silvopastoriles
III Congreso de la Red Global de Sistemas Silvopastoriles
VIII Congreso Internacional de Producción Animal Tropical

"Innovación tecnológica para la sostenibilidad, resiliencia y equidad de los sistemas ganaderos en América Latina y el Caribe"

Centro de Convenciones Plaza América
Varadero, Matanzas, República de Cuba
20 al 24 de octubre 2025

RELATORÍA

El evento contó con la asistencia de 566 participantes de prestigiosas instituciones científicas y docentes, estudiantes, organismos, empresas, asociaciones civiles, proyectos y productores primarios nacionales y extranjeros. Nos honraron con su presencia 94 colegas de 16 países: México, Colombia, Costa Rica, Uruguay, Brasil, Ecuador, Honduras, Argentina, Perú, Guatemala, Panamá, España, Francia, Angola, Reino Unido y Cuba.

Se expusieron 348 trabajos mediante conferencias, paneles, mesas redondas, presentaciones orales y carteles.

Como actividad precongreso, se realizó una visita de campo con la participación de conferencistas invitados, miembros del Comité Científico internacional y nacional, donde se constataron los principales avances en sistemas silvopastoriles, el desarrollo de fincas agroecológicas diversificadas de referencia nacional y pequeñas empresas que se encadenan con el sector científico y productivo, con vista al fortalecimiento de la cadena de valor de la leche.

La feria asociada contó con la presencia de 11 entidades de investigación, docencia, producción, Grupos Empresariales y proyectos de colaboración internacional. Se promovieron libros, folletos, productos, tecnologías y otros servicios relacionados con la producción y salud animal.

Colateralmente, se realizaron encuentros entre directivos de diferentes instituciones para la firma de convenios, que incrementarán la colaboración nacional e internacional y los intercambios científicos, en diferentes disciplinas relacionadas con la producción animal.

Los temas tratados en el programa científico llamaron la atención de los asistentes y propició elevada concurrencia en las diferentes salas, así como, motivadoras e interesantes intervenciones de los participantes que permitió el enriquecimiento de los temas presentados.

En las diferentes sesiones de trabajo, los principales temas debatidos estuvieron relacionados con:

- Los Sistemas Silvopastoriles y Agroforestales que constituyen una de las más destacadas soluciones simultáneas a los problemas contemporáneos en los modelos de ganadería sostenible basados en principios de la Agroecología.
- La necesidad de diseñar estrategias de manejo que permitan optimizar la producción animal sin alterar significativamente la ecología del bosque.
- El desarrollo de sistemas silvopastoriles en áreas de bosques regeneradas naturalmente como modelo que mejora la resiliencia, sostenibilidad y los servicios ecosistémicos. Sería de gran valor que en Cuba se lograra extender esta práctica en otras áreas forestales donde se integre el bosque y la ganadería.
- Se abordaron estrategias de mitigación de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en sistemas ganaderos y se compartieron experiencias de escalamiento de tecnologías de ganadería sostenible.

- Se subrayó la sostenibilidad intergeneracional de las tradiciones campesinas, el papel de la mujer y los jóvenes en el desarrollo agropecuario.
- Se valoró la importancia de las acciones comunitarias para lograr sostenibilidad y el fortalecimiento de las capacidades en la gobernanza local.
- En el Foro CYTED sobre *Tithonia diversifolia* se enfatizó en la necesidad de continuar avanzando en el empleo de la especie. Crear un sistema de comunicación e información de las alternativas y principios de esta planta para la producción agropecuaria. Así como, organizar un sistema de capacitación en temas que pueden contribuir en la introducción de resultados en el sector productivo. La necesidad de crear una Red CYTED que permita el intercambio de conocimientos entre los grupos de los diferentes países de Iberoamérica y la potenciación de la cooperación como método de trabajo.
- Potenciar el enfoque de Una Sola Salud en la Producción Animal, el uso de aditivos y recursos alternativos disponibles a nivel local.
- Necesidad de disponer de políticas públicas y estrategias adecuadas que permitan la rápida introducción de tecnologías en la práctica social, considerando su financiamiento en la Región de América Latina y el Caribe.
- Se presentaron diferentes experiencias de proyectos de pequeñas donaciones del PNUD y de FAO en Cuba.
- Resaltar la importancia del agroturismo en la producción animal como estrategia para añadir valor, diversificar ingresos y conectar con la comunidad rural que transforme la percepción del visitante sobre la ganadería.
- Se abordaron diversas aristas de la innovación agropecuaria como la aplicación de prácticas agroecológicas, buenas prácticas y tecnologías sostenibles a partir de diferentes experiencias exitosas.
- Importante fue la exposición de los resultados alcanzados por los productores primarios en el proceso de adopción y transferencia de tecnologías. Una vez más, se demostró la necesidad de la vinculación de la ciencia con la práctica social y se ratifica, la necesidad de contar con espacios como este, para escuchar la voz de los productores.

El evento evidenció que la ganadería sostenible y los sistemas silvopastoriles constituyen una oportunidad crucial para resolver grandes desafíos globales como la seguridad alimentaria, la conservación de la biodiversidad y la construcción de comunidades más resilientes. Se reafirmó el compromiso con una ganadería que se alinee con los Objetivos de Desarrollo Sostenible y en la clausura se patentizó un llamado a la acción:

A los investigadores: Seguir investigando, pero con los pies en la tierra. Que nuestra ciencia sea pertinente y aplicable.

A los productores: Seguir innovando. Ustedes son los verdaderos protagonistas de esta transformación. Su experiencia es invaluable.

A los jóvenes y estudiantes: Tomar las experiencias y conocimientos. El futuro de la producción animal está en sus manos, llenas de ideas frescas y pasión.

A todos: Mantener vivas las lecciones aprendidas en este evento. Que los lazos forjados aquí, sean el canal por el que fluyan futuros proyectos y soluciones.

Se invitó a llevar a cada país, a cada finca y a los laboratorios, el espíritu del SILVOPAT 2025. El espíritu de que, unidos por una causa común, podemos y vamos a construir un futuro donde la ganadería y la sostenibilidad vayan de la mano.

El Instituto de Ciencia Animal y la Asociación Cubana de Producción Animal en unión de otras entidades de ciencias, sociedades civiles y grupos empresariales, relacionados con la producción animal, convocaron al IX Congreso de Producción Animal Tropical en octubre del 2028.

Forma de Citar:

Díaz M.F., Rodríguez B., Ruiz T., Valenciaga D., Herrera R., Murgueitio E., Sepúlveda C., Peri P., Colcombet L., Chará J. 2025. SILVOPAT: Memorias del XII Congreso Internacional de Sistemas Silvopastoriles, III Congreso de la Red Global de Sistemas Silvopastoriles, VIII Congreso Internacional de Producción Animal Tropical. ICA, La Habana, 1857p. ISBN: 978-959-7171-88-1

NOTA DEL COMITÉ ORGANIZADOR

Constituye para nosotros un gran placer contar con su presencia en el XIII Congreso Internacional de Sistemas Silvopastoriles, el III Congreso de la Red Global de Sistemas Silvopastoriles, y el VIII Congreso Internacional de Producción Animal Tropical.

El Instituto de Ciencia Animal del Ministerio de Educación Superior de la República de Cuba (ICA), la Asociación Cubana de Producción Animal (ACPA) y la Dirección General de Ganadería del Ministerio de la Agricultura (MINAG), en unión de otras Instituciones, Universidades, Grupos Empresariales, actores económicos y organizaciones civiles que tributan a la producción agropecuaria, consideran oportuno crear este espacio de diálogo de saberes para impulsar sistemas ganaderos sostenibles y resilientes.

La concepción y organización de la cita implicó un trabajo conjunto entre las entidades cubanas que organizan, desde el año 2005, los Congresos de Producción Animal Tropical y el Comité Organizador Internacional de los Congresos Silvopatoriles y reuniones de la Red Global de Sistemas Silvopastoriles.

El evento convocó a investigadores, profesores, especialistas, estudiantes, productores, empresarios, financistas y decisores, de diversas latitudes, relacionados con la producción animal y el desarrollo de sistemas ganaderos sostenibles, resilientes, diversos y equitativos, que contribuyan a la seguridad alimentaria y nutricional de la sociedad, los medios de subsistencia, el crecimiento económico, la salud y el bienestar de los animales, en un clima estable con uso eficiente de los recursos naturales. En el centro de los debates y proyecciones están las alternativas silvopastoriles y el papel de los árboles en los ecosistemas naturales y productivos.

El Programa científico se organizó a través de las siguientes sesiones técnicas: Silvopastoreo, Producción Animal y Cambio Climático; Bosque y Ganadería; Foro CYTED: Investigación y transferencia de tecnologías sobre el uso de Tithonia diversifolia en sistemas de producción agropecuaria en América Latina y el Caribe; Producción Animal con Enfoque Una Sola Salud; Innovación, Intercambio generacional y Perspectiva de género: La voz de los productores en el desarrollo social; Biodiversidad, Mitigación y Adaptación al Cambio Climático; Servicios Ecosistémicos: Un reto en la actividad agropecuaria actual y futura; Desarrollo de las cadenas de valor equitativas y sostenibles asociadas a los sistemas silvopastoriles y alimentarios; Feria de Conocimientos sobre Agroecología y Medio Ambiente; Equidad, Resiliencia y Desarrollo Rural y el Taller: Mitigación de la contaminación ambiental por la utilización de los subproductos y residuos agroindustriales para la producción de alimentos.

Se recibieron más de 350 contribuciones de 16 países, que se recopilan en las memorias del evento, tal y como fueron enviados por los autores, donde se refleja el estado del arte de la ciencia y la innovación en las temáticas abordadas.

La Exposición Asociada, con la presencia de diversos actores científicos y económicos, propiciará un espacio para la concertación de nuevos proyectos, acciones de colaboración, encadenamientos productivos y producciones cooperadas. Toda una gama de oportunidades para la dinamización sostenible y resiliente del sector agrario con mayor integración nacional y colaboración internacional.

La ocasión será propicia para culminar el programa de actividades en saludo al aniversario 60 de la fundación del Instituto de Ciencia Animal, centro de referencia para la ganadería en América Latina y El Caribe.

Le deseamos una feliz y fructífera estancia, y retirarnos con conocimientos y motivaciones en nuestro quehacer profesional que generen nuevos resultados, productos y tecnologías para socializar en próximos encuentros.

Bienvenidos a SILVOPAT 2025

COMITÉ ORGANIZADOR

PRESIDENCIA

Dr. C. María Felicia Díaz Sánchez, ICA

VICEPRESIDENCIA

DMV. Arian Gutiérrez Velázquez (MINAG, Cuba)

Dr. C. Lissette Fernández Páramo (ACPA, Cuba)

SECRETARÍA EJECUTIVA

Dr. C. Madeleidy Martínez Pérez (ICA, Cuba)

MIEMBROS DEL COMITÉ ORGANIZADOR

Pablo Peri (INTA, Argentina)
Julián David Chará (CIPAV, Colombia)
Luis Colcombet (INTA, Argentina)
Enrique Murgueitio (CIPAV, Colombia)
Claudia Sepúlveda (CATIE, Costa Rica)
Luis A. Hernández Olivera (EEPFIH, Cuba)
Saray Sánchez Cárdenas (EEPFIH, Cuba)
Mario Cisneros López (MINAG, Cuba)
Duniet Pérez Torres (ICA, Cuba)
Denys Bueno Hidalgo (MES, Cuba)
Orquídea Álvarez Figueroa (IIPF, Cuba)
Carlos A. Díaz Masa (MINAG, Cuba)
Alina Beltrán Castillo (ACTAF, Cuba)
Wilfredo Arregui Valdés (MINAG, Cuba)
Rolando Castro Pérez (MINAG, Cuba)
Taimí Carrasco Acosta (ICA, Cuba)

SECRETARÍA CIENTÍFICA

Dr. C. Bárbara Rodríguez Sánchez (ICA, Cuba)
Dr. C. Tomás E. Ruíz Vázquez (ICA, Cuba)
Dr. C. Daiky Valenciaga Gutiérrez (ICA, Cuba)
Dr. C. Rafael Segundo Herrera (ICA, Cuba)

MIEMBROS DEL COMITÉ CIENTÍFICO NACIONAL DE LOS CONGRESOS

Dr. C. Jorge Iraola Jerez (ICA, Cuba)
Dr. C. Areadne Sosa Ceijas (ICA, Cuba)
Dr. C. Rafael Rodríguez Hernández (ICA, Cuba)
Dr. C. Nurys Valenciaga Valdés (ICA, Cuba)
Dr. C. Jatnel Alonso Lazo (ICA, Cuba)
Dr. C. Sandra Lok Mejías (ICA, Cuba)
Dr. C. Lázara Ayala González (ICA, Cuba)
Dr. C. Yaneisy García Hernández (ICA, Cuba)
Dr. C. Yoleisy García Hernández (ICA, Cuba)
Dr. C. Dayleni Fortes González (ICA, Cuba)
Dr.C. Juana Galindo Blanco (ICA, Cuba)
Dr. C. Mildrey Soca Pérez (EEPFIH, Cuba)
Dr. C. Odalys C. Toral Pérez (EEPFIH, Cuba)
Dr. C. Odalys Uffo Reinoso (CENSA, Cuba)
Dr. C. Lissette Fernández Páramo (ACPA, Cuba)
MSc. Saray Díaz Barrios (ICA, Cuba)
MSc. Andrés Raúl Hernández Montesinos (ICA, Cuba)
MSc. Bárbara Benítez Fernández (INCA, Cuba)
MSc. Janet Blanco Robaina (IIPF, Cuba)
MSc. Yuván Contino Esquijerosa (EEPFIH, Cuba)
MSc. Nelson Figueroa Morell (SEF, MINAG, Cuba)
MSc. Virgen Sánchez Jerez (INAF, Cuba)

COMITÉ CIENTÍFICO INTERNACIONAL DE LOS CONGRESOS SILVOPASTORILES

Jessika Mariel Cavalieri (INTA, Argentina)
Joaquín Dante Pueyo (INTA, Argentina)
Lorena Soledad Pernochi (INTA, Argentina)
Luis Colcombet (INTA, Argentina)
Luis Gándara (INTA, Argentina)
Marcos Antonio Atanasio (INTA, Argentina)
María Zimerman (INTA, Argentina)
Natalia Banegas (INTA, Argentina)
Pablo Peri (INTA, Argentina)
Patricia Yanet Egolf (INTA, Argentina)
Paula Ferrere (INTA, Argentina)
María Belén Rossner (USAL, Argentina)
Nahuel Pachas (Universidad Queensland, Australia)
Rosana Quaresma Maneshy (UFPA, Brasil)
Rogerio Martins Mauricio (UFSR, Brasil)
Adriana María Giraldo (CIPAV, Colombia)
Claudia Sosas (CIPAV, Colombia)
Enrique Murgueitio (CIPAV, Colombia)
Fernando Uribe (CIPAV, Colombia)
Gloria Pedraza (CIPAV, Colombia)
Gonzalo Villegas (CIPAV, Colombia)
John Jairo Lopera (CIPAV, Colombia)
Julián Chará (CIPAV, Colombia)
Julián Esteban Rivera (CES, Colombia)
Laura Serna (CIPAV, Colombia)
Lina Paola Giraldo (CIPAV, Colombia)
Zoraida Calle Díaz (CIPAV, Colombia)
Andrés Vega Fonseca (CATIE, Costa Rica)
Claudia Sepúlveda (CATIE, Costa Rica)
Cristóbal Villanueva Najarro (CATIE, Costa Rica)
Gretel Guerra Rivera (CATIE, Costa Rica)
Juan Carlos Flores López (CATIE, Costa Rica)
Laura Benegas Negrini (CATIE, Costa Rica)
Francisco Javier Solorio (UADY, México)
Rocío Santos Gally (UNAM, México)
Adriana Bussoni (UDELAR, Uruguay)
Jaime González-Talicce (UDELAR, Uruguay)
Mariana Boscana (UDELAR, Uruguay)
Carolina Munka (UDELAR, Uruguay)
Carolina Viñoles (UDELAR-Polo Agroforestal, Uruguay)
Jean Fedrigo (UDELAR-Polo Agroforestal, Uruguay

EXPOSICIÓN ASOCIADA

Ing. Taimí Carrasco Acosta, ICA

ORGANIZADOR PROFESIONAL DE CONGRESOS

Zulema Afá Tomlinson.
Centro de Convenciones Plaza América.
Carretera Las Américas km 11 ½, Varadero, Cuba.
Telf. 53 45 668163/pizarra 53 45 668181 ext. 302.
E - mail: eventos@rocio.var.palmares.cu

ORGANIZAN

- Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba
- Red Global Silvopastoril
- Asociación Cubana de Producción Animal (ACPA), Cuba
- Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey (EEPFIH), Cuba
- Instituto de Investigaciones de Pastos y Forrajes (IIPF), Cuba
- Instituto de Investigaciones Agroforestales (INAF), Cuba
- Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales (ACTAF), Cuba
- Grupo Empresarial Ganadero (GEGAN), Cuba
- Grupo Empresarial Agroforestal (GAF), Cuba
- Servicio Estatal Forestal (SEF), Cuba
- Ministerio de Educación Superior (MES), Cuba
- Ministerio de la Agricultura (MINAG), Cuba
- Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente (CITMA), Cuba
- Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV), Cali, Colombia
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuariandemla República de Argentina (INTA)
- Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Costa Rica

PATROCINADORES Y AUSPICIADORES

- Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA). Cuba
- Ministerio de la Agricultura (MINAG)
- Ministerio de Educación Superior (MES)
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO)
- Academia de Ciencias de Cuba (ACC). Cuba
- Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales (ACTAF). Cuba
- Oficina de coordinación de proyectos internacionales del MINAG (OCP). Cuba
- Proyecto "Incremento de la resiliencia climática de los hogares y comunidades rurales a través de la rehabilitación de paisajes productivos en localidades seleccionadas de la República de Cuba" (IRES), Fondo Verde del Clima.
- Proyecto "Mitigación de la contaminación ambiental por la utilización de los subproductos y residuos agroindustriales para la producción de alimentos" (MICA). Cuba
- Programa de Colaboración Internacional, para el "Apoyo a Una Agricultura Sostenible en Cuba". PAAS-ACTAF
- Proyecto "Diversificación productiva y fortalecimiento del sistema alimentario local del municipio Guanabacoa". ACTAF-AICS
- Proyecto "Gobernanza climática municipal y producción agroforestal sostenible de alimentos con bajas emisiones y adaptadas al cambio climático en Cienfuegos y Pinar del Río" (CIENPINOS). Cuba
- Proyecto "Agro Verde LAIF". Cuba
- Contribución a la transición ecológica en escenarios Ganaderos del Municipio Guanabacoa. Financiado por las organizaciones Justicia Alimentaria y Generalitat Valenciana y Movimiento por la Paz de España
- Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED)
- Cervantes – Producciones Digital S.R.L. Cuba
- MIPYME Lácteos Rojas. Cuba
- Agencia Italiana de Cooperación para el Desarrollo (AICS)
- Copa Airlines



SESIONES TÉCNICAS

- Silvopastoreo, Producción Animal y Cambio Climático (SI)
- Bosque y Ganadería (BG)
- Foro CYTED: Investigación y transferencia de tecnologías sobre el uso de *Tithonia diversifolia* en sistemas de producción agropecuaria en América Latina y el Caribe (TD)
- Producción Animal con Enfoque Una Sola Salud (PAS)
- Innovación, Intercambio generacional y Perspectiva de género. La voz de los productores en el desarrollo social (IP)
- Biodiversidad, Mitigación y Adaptación al Cambio Climático (BMA)
- Servicios Ecosistémicos: Un reto en la actividad agropecuaria actual y futura (SE)
- Desarrollo de las Cadenas de Valor equitativas y sostenibles asociadas a los sistemas silvopastoriles y alimentarios (CV)
- Feria de Conocimientos sobre Agroecología y Medio Ambiente (FCA)
- Equidad, Resiliencia y Desarrollo Rural (DR)
- Taller: Mitigación de la contaminación ambiental por la utilización de los subproductos y residuos agroindustriales para la producción de alimentos (PMICA)

ESQUEMA GENERAL

Lunes 20	**Salón Plenario**
8:30 am -9:30 am	**Inauguración**
9:30 am -11:20 am	**Sesión Inaugural:** Silvopastoreo, Producción Animal y Cambio Climático
11:20 am -1:00 pm	**Sesión:** Bosque y Ganadería
1:00 pm -1:30 pm	**Inauguración de la Exposición Asociada**
3:00 pm -5:00 pm	Concertación de acciones de colaboración entre Instituciones científicas, académicas, productivas y la sociedad civil
Martes 21	**Sala EF | Sala B**
8:30 am -1:30 pm	**Sala EF. Foro CYTED:** Investigación y transferencia de tecnologías sobre el uso de *Tithonia diversifolia* en sistema de producción agropecuaria en América Latina y el Caribe
	Sala B. Sesión: Producción Animal con Enfoque Una Sola Salud
3:00 pm -5:00 pm	Concertación de acciones de colaboración entre Instituciones científicas, académicas, productivas y la sociedad civil
Miércoles 22	**Salón Plenario**
8:30 am -9:40 am	**Foro CYTED:** Experiencias exitosas de productores con *Tithonia diversifolia* en América Latina
9:45 am -1:30 pm	**Sesión:** Innovación, Intercambio generacional y Perspectiva de género. La voz de los productores en el desarrollo social
3:00 pm -5:00 pm	Concertación de acciones comerciales entre Instituciones científicas, académicas, productivas y la sociedad civil
Jueves 23	**Sala EF | Sala B | Sala C**
8:30 am -1:30 pm	**Sala EF. Sesión:** Desarrollo de las Cadenas de Valor equitativas y sostenibles asociadas a los sistemas silvopastoriles y alimentarios
	Sala B. Sesión: Biodiversidad, Mitigación y Adaptación al Cambio Climático
	Sala C. Sesión: Feria del Conocimiento sobre Agroecología y Medio Ambiente
3:00 pm -5:00 pm	Concertación de acciones de colaboración entre Instituciones científicas, académicas, productivas y la sociedad civil
Viernes 24	**Sala B | Sala C | Sala D**
8:30 am -12:00 m	**Sala B. Sesión:** Servicios Ecosistémicos: Un reto en la actividad agropecuaria actual y futura
	Sala C. Sesión: Feria del Conocimiento sobre Agroecología y Medio Ambiente
8:30 am -10:00 am	**Sala D. Sesión:** Equidad, Resiliencia y Desarrollo Rural
10:00 am -12:00 m	**Sala D. Sesión:** Taller: Mitigación de la contaminación ambiental por la utilización de los subproductos y residuos agroindustriales para la producción de alimentos
12:30 pm -1:30 pm	**Clausura (Salón Plenario)**

PROGRAMA CIENTÍFICO GENERAL

Lunes 20	Salón Plenario
9:30 am -11:20 am	**Sesión Inaugural:** Silvopastoreo, Producción Animal y Cambio Climático **Moderador:** Dr. C. Luis A. Hernández Olivera, Director General Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey (EEPFIH), Cuba **Secretario:** DMV. Arian Gutiérrez Velázquez, Director Nacional de Ganadería, Ministerio de la Agricultura (MINAG), Cuba
9:30 am -10:00 am	**Conferencia Magistral. Los sistemas silvopastoriles como respuestas naturales a problemas globales y locales.** Enrique Murgueitio Restrepo, Director Ejecutivo del Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV), Colombia.
10:00 am -10:30 am	**Conferencia Magistral. Manejo del Pastoreo en Sistemas Silvopastoriles de Mesoamérica.** Dr. C. Danilo A. Pezo. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica
10:30 am -11:00 am	**Conferencia Magistral. Producción animal sostenible. Alternativas desde la Ciencia y la Innovación de Cuba.** Dr. C. María F. Díaz Sánchez, Directora General del Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba
11:00 am-11:20 am	**Debate**
11:20 am -1:00 pm	**Sesión. Bosque y Ganadería**
	Moderador: Dr. C. Juan A. Herrero Echevarría. Servicio Estatal Forestal. MINAG, Cuba **Secretario:** Dr. C. Tomás E. Ruíz Vázquez. Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba.
11:20 am -11:40 am	**Conferencia. Sistemas silvopastoriles en bosques nativos de Argentina: el desafío de producir conservando.** Dr. C. Pablo Peri. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Argentina
11:40 am -12:00 m	**Conferencia. Pastoreo en bosques naturales: balanceado producción útil y conservación del ecosistema forestal.** Dr. C. Eduardo Somarriba, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Costa Rica
12:00 m -12:15 pm	**Debate**
12:15 pm -1:00 pm	**Panel: Experiencia sobre el Programa Bosque y Ganadería en la provincia Camagüey, Cuba.** Coordinador: MSc. Nelson Figueroa Morell. Servicio Estatal Forestal de Camagüey, Cuba
1:00 pm -1:30 pm	**Inauguración de la Exposición Asociada**
Martes 21	**Sala EF | Sala B**
	SALA EF
8:30 am -1:30 pm	**Sesión. FORO CYTED**: Investigación y transferencia de tecnologías sobre el uso de *Tithonia diversifolia* en sistema de producción agropecuaria en América Latina y el Caribe
8:30 am- 8:45 am	**Sección Introductoria. El Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, representante del Programa CYTED.** Dr. C. Maribel Páez Moro. Representante ONCYT Cuba, CITMA Organismo Signatario de CYTED
8:45 am -9:20 am	**Conferencia Inaugural** ***Tithonia diversifolia* una Asterácea americana destacada para la innovación en el campo.** Enrique Murgueitio Restrepo. Director Ejecutivo del Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV), Colombia.
9:20 am -10:35 am	**Panel: Diversidad, propagación, fertilidad del suelo, entomofauna asociada.**
10:35 am -11:50 am	**Panel: Uso de *Tithonia diversifolia* en la alimentación de ganado bovino**
11:50 am -12:50 pm	**Panel: Uso de *Tithonia diversifolia* en pequeños rumiantes y especies menores**
12:50 pm -1:30 pm	**Panel: Contribuciones a la mitigación del cambio climático**
	SALA B
8:30 am -1:30 pm	**Sesión. Producción Animal con Enfoque Una Sola Salud**
8:30 am -9:40 am	**Sesión. Bioproductos para la producción animal**
9:40 am -10:40 am	**Sesión. El ensilaje en la producción animal. Pedro Lezcano *in memoriam***
10:50 am -1:30 pm	**Sesión: La Producción Animal con Enfoque a Una Sola Salud**

Miércoles 22	**Salón Plenario**
8:30 am -9:40 am	**Foro CYTED.** **Panel: Experiencias exitosas de productores con *Tithonia diversifolia* en América Latina** **Moderadora:** Dr. C. Liliana Mahecha. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad de Antioquia, Colombia. **Secretario:** Dr. C. Joaquín Angulo. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad de Antioquia, Colombia
9:45 am-1:30 pm	**Sesión. Innovación, Intercambio Generacional y Perspectiva de Género. La voz de los productores en el desarrollo social** **Moderadora:** Dr. C. Dayleni Fortes González. Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba. **Secretario:** Dr. C. Otto M. Andérez Ramos. Asociación Cubana de Producción Animal (ACPA), Cuba.
9:45 am -10:25 am	**Taller debate: Innovaciones agropecuarias: enfoques y experiencias**
9:45 am -10:05 am	**Conferencia. Difusión y adopción participativa de tecnologías e innovaciones agropecuarias: enfoques y experiencias.** Dr. C. Jesús Suárez Hernández, Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey (EEPFIH), Cuba
10:05 am-10:25am	**Debate**
10:25 am- 11:30 am	**Panel: Experiencia de los productores en sistemas agroforestales** **Moderador:** Dr. C. Redimio Pedraza Olivera, Universidad de Camagüey, Cuba **Secretario:** Dr. C. Jorge Pereda Mouso, Universidad de Camagüey, Cuba
11:30 am- 12:50 pm	**Panel: Intercambio generacional y perspectiva de género** **Moderadora**: Dr. C. Lissette Fernández Páramo, Asociación Cubana de Producción Animal (ACPA), Cuba. **Secretaria**: MSc. Saray Díaz Barrios, Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba.
12:50 pm- 1:30 pm	**Panel: Experiencia de productores en fincas diversificadas** **Moderador:** Dr. C. Giraldo Martín, Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey (EEPFIH), Cuba **Secretario:** Dr. C. Rafael Rodríguez Hernández, Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba
Jueves 23	**Sala EF | Sala B | Sala C**
	SALA EF
8:30 am -10:30 pm	**Sesión. Desarrollo de las cadenas de valor equitativas y sostenibles asociadas a los sistemas silvopastoriles y alimentarios**
10:30 am -1:30 pm	**Sesión. Municipalización de la cadena de ganado menor**
	SALA B
8:30 am -9:20 am	**Sesión. Biodiversidad, Mitigación y Adaptación al Cambio Climático**
9:20 am -11:30 am	**Taller-debate: Biodiversidad en sistemas ganaderos**
10:15 am -11:30 am	**Panel: Contribuciones a la Biodiversidad Regional**
11:20 am - 1:30 pm	**Taller-debate: Mitigación y Adaptación al Cambio Climático**
	SALA C
8:30 am -1:30 pm	**Feria del Conocimiento sobre Agroecología y Medio Ambiente**
Viernes 24	**Sala B| Sala C | Sala D**
	SALA B
8:30 am -9:40 am	**Sesión. Servicios Ecosistémicos: Un reto en la actividad agropecuaria actual y futura**
9:45 am -10:50 am	**Mesa Redonda: Comunidades vegetales para pastoreo: Enfoques para su manejo**
10:50 am -12:00 m	**Panel-Debate: Los agroecosistemas con árboles: Estrategias de inversiones climáticas en la ganadería**
	SALA C
8:30 am -1:30 pm	**Feria del Conocimiento sobre Agroecología y Medio Ambiente**
	SALA D
8:30 am -10:00 am	**Sesión. Equidad, Resiliencia y Desarrollo Rural**
10:00 am -12:00 m	**Sesión. Taller: Mitigación de la contaminación ambiental por la utilización de los subproductos y residuos agroindustriales para la producción de alimentos**
12:30 pm -1:30 pm	**Salón Plenario | Clausura**

SILVOPASTOREO, PRODUCCIÓN ANIMAL Y CAMBIO CLIMÁTICO

Lunes 20	Salon Plenario
9:30 am-11:20 pm	**Sesión Inaugural: Silvopastoreo, Producción Animal y Cambio Climático** **Moderador:** Dr. C. Luis A. Hernández Olivera, Director General Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey (EEPFIH), Cuba **Secretario:** DMV. Arian Gutiérrez Velázquez, Director Nacional de Ganadería, Ministerio de la Agricultura (MINAG), Cuba
9:30 am -10:00 am	**SI-01. Conferencia Magistral. Los sistemas silvopastoriles como respuestas naturales a problemas globales y locales.** Enrique Murgueitio Restrepo, Director Ejecutivo del Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV), Colombia.
10:00 am -10:30 am	**SI-02. Conferencia Magistral. Manejo del Pastoreo en Sistemas Silvopastoriles de Mesoamérica.** Dr. C. Danilo A. Pezo. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica
10:30 am -11:00 am	**SI-03. Conferencia Magistral. Producción animal sostenible. Alternativas desde la Ciencia y la Innovación de Cuba.** Dr. C. María F. Díaz Sánchez, Directora General del Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba
11:00 am-11:20 am	**Debate**

BOSQUE Y GANADERÍA

Coordinadores: MSc. Nelson Figueroa. Servicio Estatal Forestal de Camagüey, Cuba
Dr. C. Tomás E. Ruíz Vázquez. Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba

Lunes 20	**Salón Plenario**
11:20 am -1:00 pm	**Sesión. Bosque y Ganadería**
	Moderador: Dr. C. Juan A. Herrero Echevarría. Servicio Estatal Forestal. MINAG, Cuba **Secretario:** Dr. C. Tomás E. Ruíz Vázquez. Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba.
11:20 am -11:40 am	**BG-01. Conferencia. Sistemas silvopastoriles en bosques nativos de Argentina: el desafío de producir conservando.** Dr. C. Pablo Peri. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Argentina
11:40 am -12:00 m	**BG-02. Conferencia. Pastoreo en bosques naturales: balanceado producción útil y conservación del ecosistema forestal.** Dr. C. Eduardo Somarriba. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Costa Rica
12:00 m -12:15 pm	**Debate de las Conferencias**
12:15 pm -1:00 pm	**Panel: Experiencia sobre el Programa Bosque y Ganadería en la provincia Camagüey, Cuba.** Coordinador: MSc. Nelson Figueroa Morell. Servicio Estatal Forestal de Camagüey, Cuba
12:15-12:30p.m.	**BG-03. Bosques, Servicios Ambientales e Innovación Tecnológica: Resiliencia, Equidad y Sostenibilidad de los Sistemas Ganaderos en Camagüey.** Nelson Figueroa Morell. Servicio Estatal Foresta Camagüey, Cuba
12:30-12:40 p.m.	**BG-04. Contribución del extensionismo al desarrollo del sistema de silvopastoreo en bosques naturales de la provincia Camagüey.** Virgen Sánchez Jerez. Estación Experimental Agroforestal Camagüey, Cuba
	BG-05. Capacitación, divulgación y educación ambiental en el desarrollo de los sistemas silvopastoriles en bosques naturales en la provincia Camagüey. Odalis Marrero Vallinas. Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales Camagüey, Cuba
12:40 pm -12:45 pm	**BG-06. Establecimiento de Sistemas Silvopastoriles en bosques naturales del Municipio de Najasa.** L. Hernández Lastre. Servicio Estatal Forestal Municipio Najasa Camagüey, Cuba
12:45 pm -1:00 pm	**Debate**



FORO CYTED: INVESTIGACIÓN Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA SOBRE EL USO DE *TITHONIA DIVERSIFOLIA* EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGROPECUARIA EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE

Coordinadores: Dr. C. Tomás E. Ruiz Vázquez. Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba
Dr. C. Julián Chará. Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV), Colombia
Dr. C. Bárbara Rodríguez Sánchez. Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba

Martes 21	**Sala EF**
8:30 am- 11:50 am	**Moderadora:** Dr. C. Bárbara Rodríguez. Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba. **Secretario:** Dr. C. Julián Rivera. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Naturales. Universidad CES, Colombia
8:30 am- 8:45 am	**Sección Introductoria. El Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo.** Dr. C. Maribel Páez Moro. Representante ONCYT Cuba, CITMA Organismo Signatario de CYTED
8:45 am -9:05 am	**Conferencia Inaugural** **TD-01*. Tithonia diversifolia* una Asterácea americana destacada para la innovación en el campo.** Enrique Murgueitio Restrepo. Director Ejecutivo del Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV), Colombia.
9:05 am -9:20 am	**Debate de la Conferencia**
9:20 am -10:35 am	**Panel: Diversidad, propagación, fertilidad del suelo, entomofauna asociada.**
9:20 am -9:35 am	**TD-02. Avances en el conocimiento de las interacciones Tithonia-suelo con diferentes manejos agronómicos en Cuba.** Dr. C. Sandra Lok Mejías. Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba.
9:35 am -9:50 am	**TD-03. Alternativas técnico económicas y transferencia de tecnología en la propagación y producción de biomasa de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray.** Dr. C. Cesar Padilla Corrales. Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba.
9:50 am -10:05 am	**TD-04. Contribución de los estudios fitosanitarios a la biodiversidad y sostenibilidad de los sistemas silvopastoriles con *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray.** Dr. C. Nurys Valenciaga. Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba.
10:05 am -10:20 am	**TD-05. *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray y su contribución a la entomofauna en un sistema silvopastoril de Veracruz.** Dr. C. Rocío Santos-Gally. Instituto de Ecología. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
10:20 am -10:35 am	**Debate del Panel y Póster (TD- 06 al TD-12)**
10:35 am -11:50 am	**Panel: Uso de *Tithonia diversifolia* en la alimentación de ganado bovino**
10:35 am -10:50 am	**TD-13. *Tithonia diversifolia* en la alimentación bovina: beneficios nutricionales y efectos en la productividad y salud animal.** Dr.C. Julián Chará. Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV), Colombia.
10:50 am -11:05 am	**TD-14. *Tithonia diversifolia* (botón de oro): más de dos décadas de investigación que respaldan la productividad ganadera sostenible en el trópico.** Dr. C. Liliana Mahecha Ledesma. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia.
11:05 am -11:20 am	**TD-15. Uso de *Tithonia diversifolia* vc IcaCuba-10 en el engorde de vacunos y búfalos de agua.** Dr. C. Jorge Iraola Jerez. Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba.

11:20 am -11:35 am	**TD-16. Los aprendizajes de la utilización de *Tithonia diversifolia* en Misiones, Argentina.** MSc. Luis Colcombet. Argentina.
11:35 am -11.50 am	**Debate del Panel y Póster (TD-17 al TD-18)**
11:50 am -1:30 pm	**Moderador:** Dr. C. Julián Chará. Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV), Colombia. **Secretaria:** Dra. C. Sandra Lok. Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba.
11:50 am -12:50 pm	**Panel: Uso de *Tithonia diversifolia* en pequeños rumiantes y especies menores**
11:50 am -12:05 pm	**TD-19. Evaluación de la *Tithonia diversifolia* Hemsl. A Gray como suplemento en la alimentación de caprinos y ovinos en Costa Rica.** MSc. Andrés Alpízar. Escuela de Ciencias Agrarias, Facultad de Ciencias de la Tierra y el Mar, Universidad Nacional, Costa Rica.
12:05 pm -12:20 pm	**TD-20. Efecto de la suplementación de una ración totalmente mezclada con la inclusión del forraje de *Tithonia diversifolia* (Helms) A. Gray en el consumo voluntario y la eficiencia de utilización de la energía en cabras lecheras.** Dr. C. Delfín Gutiérrez González. Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba.
12:20 pm -12:35 pm	**TD-21. Empleo de *Tithonia diversifolia* en la alimentación de aves y cerdos.** Dr. C. Bárbara Rodríguez Sánchez. Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba
12:35 pm.-12:50 pm	**Debate**
12:50 pm -1:30 pm	**Panel Contribuciones a la mitigación del cambio climático**
12:50 pm -1:05 pm	**TD-22. Uso de la *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y aumentar los stocks de carbono en los sistemas bovinos: experiencias en Colombia.** Dr. C. Julián E. Rivera Herrera. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Naturales. Universidad CES, Colombia.
1:05 pm -1:20 pm	**TD-23. *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray: su papel en el control de la comunidad microbiana y producción de metano ruminal.** Dr. C. Juana Galindo Blanco. Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba.
1:20 pm -1:30 pm	**Debate del Panel y Póster (TD-24)**
Miércoles 22	**Salón Plenario**
8:30 am -9:40 am	**Sesión: Innovación, Intercambio Generacional y Perspectiva de Género. La Voz de los Productores en el Desarrollo Social**
	Foro CYTED. **Panel: Experiencias exitosas de productores con *Tithonia diversifolia* en América Latina**
	Moderadora: Dr. C. Liliana Mahecha. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad de Antioquia, Colombia. **Secretario:** Dr. C. Joaquín Angulo. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad de Antioquia, Colombia.
8:30 am -8:40 am	**TD-25. Experiencia de Tithonia como forraje en los Tuxtlas, Veracruz, México.** M.V. Félix López Xólot, México.
8:40 am -8:50 am	**TD-26. Usos diversificados de restauración y producción con la *Tithonia diversifolia* en la Finca El Ñopo, Panamá.** Lic. Odielca Solís Solis, Panamá.
8:50 am -9:00 am	**TD-27. Empleo de *Tithonia diversifolia* en pastoreo para la producción de leche de cabra en la Finca Jabaco.** Alberto Brito Ravelo, Cuba.
9:00 am -9:10 am	**TD-28. Finca demostrativa los Chagualos. Sistema silvopastoril intensivo con botón de oro, pasto estrella y árboles dispersos.** Lic. Sandra Carbonell Piedrahita, Colombia.
9:10 am -9:20 am	**TD-29. Potencial y desafíos de *Tihonia diversifolia* en sistemas bovinos de corte en Brasil.** MSc. Helena Ansanello Kouri, Brasil.
9:20 am -9:40 am	**Debate**
Miércoles 22	**Sala C**
3:30 -5:00 p.m.	**Moderadores:** **Dr. C. Enrique Murgueitio Restrepo.** Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV), Colombia. **Dr. C. Tomás E. Ruíz Vázquez.** Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba.
	Reunión con un representante de cada país participante para debatir la importancia de Establecer una red de cooperación e innovación en *Tithonia diversifolia* con miras a promover la adopción de sistemas productivos que incorporen esta especie.

PÓSTER

Panel: Diversidad, propagación, fertilidad del suelo, entomofauna asociada

TD-06. Selección de materiales destacados de *Tithonia diversifolia* (Hemsl) A. Gray colectados en Cuba. T. E. Ruiz Vázquez. Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba

TD-07. Desinfección superficial y establecimiento *in vitro* de explantes apicales de *Tithonia diversifolia* ICACuba Oc- 10. L. González Salguero; M. E. González del Castillo; M. Pérez Pérez; A. Abreu Cruz; M. Isidrón Pérez; Y. Medina Mesa y A. R. Hernández Montesinos.Instituto de Ciencia Animal, Cuba

TD-08. Evaluación de la biomasa aérea y la fitomasa subterránea de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray vc material 16 establecida a partir de semilla gámica y agámica. I. Rodríguez García; C. Padilla Corrales; S. Lok Mejías; Y. Medina García; A. Lara Vinent; O. Dorta Orta y M. Sarmiento Menéndez

TD-09. Tratamientos germinativos de semilla gámica de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray para su uso en la alimentación animal. A. Lara; C. Padilla; I. Rodríguez; T.E. Ruiz; O. Orta y L. Sarduy. Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba

TD-10. Modelación estadístico matemática de los materiales vegetales 5 y 25 de *Tithonia diversifolia* para la producción de alimentos. Y. Medina Mesa; M. Herrera Villafranca; V. Torres Cárdenas; T. E. Ruiz Vázquez; M. Torres Martínez y Y. García Ávila. Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba

TD-11. Indicadores del valor nutritivo *in vitro* de la harina de 10 procedencias de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray. R. M. Pedraza Olivera; Y. Días Ávila; M. León González; S.J. Martínez Sáez; R. Pérez Yaqui; C.A. Ordoñez Gómez; P. Cortes Salgado. Universidad de Camagüey, Cuba

TD-12. Efecto de nanopartículas de zeolita en la fertilización sobre la eficiencia del uso del nitrógeno, calidad nutricional y captura de carbono en *Tithonia diversifolia*. Julián Mauricio Botero Londoño; Laura Yiceth Sanabria Medina; Mónica Andrea Botero Londoño y Erika Mayerly Celis Celis. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, Colombia

Panel: Uso de Tithonia diversifolia en la alimentación de ganado bovino

TD-17. Evaluación a la canal y la carne de Buffalypsos mestizos finalizados en sistemas silvopastoriles. J. L. Hernández; J. Iraola; Yenny García; P. L. Hernández. Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba

TD-18. Evaluación de consumo en un sistema silvopastoril con *Tithonia diversifolia* en vacas Jersey en Costa Rica. M. Castillo Umaña; E. Sánchez Brenes; J. Padilla Fallas y L. M. Arias Gamboa. Universidad Nacional de Costa Rica, Costa Rica

Panel Contribuciones a la mitigación del cambio climático

TD- 22. Intake, digestibility, and gas emissions in Santa Inês sheep fed *Tithonia diversifolia*-based diets with agro-Industrial by-products. Laura Bertolaso De Vecchiab; Vagner Ovaniab; Simón Pérez-Márquezc; Marya Fernanda Santos da Silvaa; Helder Louvandinia; Rogério Martins Mauriciod; Adibe Luiz Abdallaab. Laboratory of Animal Nutrition, Center for Nuclear Energy in Agriculture, University of São Paulo, Piracicaba, Sao Paulo, Brazil

PRODUCCIÓN ANIMAL CON ENFOQUE UNA SOLA SALUD

Coordinadores: Dr. C. Lázara Ayala González. Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba
Dr. C. Yoleisy García Hernández. Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba
Dr. C. Yaneisy García Hernández. Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba

Martes 21	**Sala B**
8:30 am -9:40 am	**Sesión. Bioproductos para la producción animal** **Moderador (a)**: Dr. C. Yaneisy García Hernández. Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba **Secretario (a)**: Dr. C. Yoandra Marrero Rodríguez. Centro Nacional para la Producción de Animales de Laboratorio (CENPALAB), Cuba
8:30 am -8:50 am	**Conferencia** **PAS-01**. **Formulaciones naturales innovadoras basadas en extractos de orujo de uva blanca para prevenir el uso de antibióticos convencionales en producción animal: alimentación, salud y reproducción.** Dr. C. Marta Lores. Facultad de Química, Universidad de Santiago de Compostela, España
8:50 am -8:55 am	**Debate**
8:55 am -9:10 am	**Presentación de ponencias cortas** **PAS-02. Determinación de *Lactobacillus lactis* ATCC microencapsulado en condiciones gastrointestinales y cultivos de adhesión en $CaCO_2$.** H A Jurado-Gámez. Facultad de Ciencias Pecuarias, Universidad de Nariño, Colombia. **PAS-03. Determinación de *Lactobacillus casei* ATCC microencapsulado en condiciones gastrointestinales y cultivos de adhesión en $CaCO_2$.** H A Jurado-Gámez. Facultad de Ciencias Pecuarias, Universidad de Nariño, Colombia.
9:10 am -9:20 am	**PAS-04. Empleo del péptido GHRP-6 como aditivo para el pienso en peces: estimulación de crecimiento y sistema inmune.** Dr. C. Rebeca Martínez, Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología (CIGB), Cuba
9:20 am -9:30 am	**PAS-05. Desarrollo de bioproductos agroecológicos a partir de residuos de la fruticultura para la alimentación animal. Un enfoque a una salud.** Lic. Yoandy Rodríguez Castro, Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical, Cuba
9:30 am -9:40 am	**Debate de ponencias cortas (PAS-02 al PAS-05) y póster PAS-06 al PAS-16**
9:40 am -10:40 am	**Sesión. El ensilaje en la producción animal. Pedro Lezcano *in memoriam*** **Moderador (a)**: Dr. C. Madeleidy Martínez Pérez. Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba **Secretario (a)**: Dr. C. Yoleisy García Hernández. Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba
9:40 am -9:50 am	**Presentación de semblanza sobre Pedro Lezcano Perdigón†**
9:50 am -10:00 am	**Presentación de ponencias cortas** **PAS-17. El Alimento Ensilado cubano (AEC) en la producción animal. Retos y perspectivas.** Dr.C. Yaneisy García Hernández. Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba
10:00 am -10:10 am	**PAS-18. La producción de ensilaje de residuos agroindustriales y la importancia en el manejo de la innovación tecnológica.** Félix Ojeda. Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey (EEPFIH), Cuba
10:10 am -10:20 am	**PAS-19. Efecto de la vinaza en la calidad de ensilajes de *Tithonia diversifolia* vc IcaCuba Occ-10, sola o con *Cenhrus purpureus* vc Cuba 608.** Dr. C. Rafael Rodríguez. Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba.
10:20 am -10:30 am	**PAS-20. Efecto en la adición de diferentes porcentajes de yogurt de yuca en cerdos en la etapa de crecimiento y engorde.** Patricio López Aguilar. Universidad Técnica de Babahoyo, Los Ríos, Ecuador.
10:30 am -10:40 am	**PAS-21. Experiencias del uso del alimento ensilado en Ecuador.** Dr. C. Orlando Caicedo. Universidad Estatal Amazónica de Ecuador, Ecuador
10:40 am -10:50 am	**Debate de ponencias cortas (PAS-17 al PAS-21) y póster PAS-22 y PAS-23**
10:50 am -1:30 pm	**Sesión: La Producción Animal con Enfoque Una Sola salud** **Moderadora:** Dr. C. Lázara Ayala González. Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba **Secretaria:** Dr. C. Mildrey Soca Pérez, Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey (EEPFIH), Cuba

10:50 am -11:10 am	**Conferencia** **PAS-24. Enfoque de Una Salud en la seguridad alimentaria.** Dr. C. Nivian Montes de Oca. Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA), Cuba
11:10 am -11:25 am	**Conferencia** **PAS-25. O enfoque Saúde Unica na producao de alimentos no Brasil com enfase pecuaria bovina na Amazonia.** Dr.C. Rosana Quaresma Maneschy. Universidade Federal do Pará (UFPA), Brasil
11:25 am -11:40 am	**Conferencia** **PAS-26. Gobernanza de una salud. El enfoque de una salud, bien público para Guatemala.** MSc. Marco Tulio Cuevas. Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad de Galileo, Guatemala
11:40 am -11:50 am	**Debate**
11:50 am -12.00 m	**Presentación de ponencias orales** **PAS-27. Evaluación preliminar de la torta de sacha inchi como sustituto parcial de soya en dietas para alimento animal.** Ing. D. González Franchi. Centro de Investigación de Plantas proteicas y Bioproductos (CIPB), Cuba
12:00 m -12:10 pm	**PAS-28. Cuantificación de fitolitos en asociación de gramínea con mezcla múltiple de leguminosas utilizada en pastoreo para la engorda bovina.** Ing. Lilianis Pérez Ortega. Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba
12:10 pm -12:20 pm	**PAS-29. Inclusión de la harina elaborada con semillas de Algarrobo y Marabú en dietas de cerdos criollos en la categoría de preceba en la finca El Jardín del PCC en el Municipio Guantánamo.** Lic. R. Gamboa Castañeda. Instituto Politécnico Agronomía (IPA) Manuel Simón Tames Guerra, Cuba
12:20 pm -12:30 pm	**PAS-30. Efecto de la inclusión de *Tithonia diversifolia* sobre los parámetros fisicoquímicos de la canal de conejo.** A. C. Zeron-Zarate. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo; México
12:30 pm -12:40 pm	**PAS-31. Harina de frutipán (*Artocarpus altilis*), sobre los índices productivos y morfometría de órganos linfoides en pollos de engorde Cobb 500.** L. X. Ramírez Gómez. Universidad Técnica de Babahoyo, Los Ríos, Ecuador.
12:40 pm -12:50 pm	**PAS-32. Estrategia de manejo para la optimización productiva en ovinos Pelibuey blanco en un ecosistema costero del sureste de Cuba.** J. V. Wright Ramírez. Instituto de Investigaciones Agropecuarias Jorge Dimitrov, Cuba
12:50 pm -1:00 pm	**PAS-33. Influencia del consumo voluntario de la ración totalmente mezclada con la inclusión del forraje de *Tithonia diversifolia* (Helms) A. Gray en el perfil lipídico del queso caprino.** Yandre Soto Rodríguez. Universidad Agraria de la Habana (UNAH), Cuba
1:00 pm -1:10 pm	**PAS-34. Estudio diagnóstico a la producción y consumo de alimentos sanos en los municipios de Perico y Jovellanos.** M. A. García Naranjo. Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey (EEPFIH), Cuba
1:10 pm -1:30 pm	**Debate de ponencias cortas (PAS-27 al PAS-34) y póster PAS-35 al PAS-77**

PÓSTER

Sesión: Bioproductos para la producción animal

PAS-06. Producción de biomasa de Tithonia con aplicaciones de azotobacter para su uso en sistemas silvopastoriles. A. Cardosa García; Y. Acosta Acosta; O. Matos Leiva y Á. L. La O Michel, Facultad Agroforestal. Universidad de Guantánamo, Cuba.

PAS-07. Modificación del procedimiento de conformación del banco de trabajo de lactobacilos y levadura para la producción del aditivo zootécnico ME Adizoot-1® N González Ibarra; Y Marrero Rodríguez; C. I Suárez Calzada; A. M Bada Barro; R. E. Hernández González; Y Cotilla Rodríguez. Centro Nacional para la Producción de Animales de Laboratorio (CENPALAB), Cuba

PAS-08. **Actividad *in vitro* de un aditivo probiótico seco con *Lactobacillus pentosus* LB-31 para la producción animal.** N. Albelo Dorta1; Y. García Hernández; D. Sosa Cossio; L. Pérez Ortega; I. Fiallo Pérez; D. Herrera Varela; D. Sanabria Rodríguez y J. C. Dustet Mendoza. Instituto Ciencia Animal (ICA), Cuba.

PAS-09. Evaluación de criterios para el proceso de escalado de un aditivo zootécnico con *Pichia guilliermondii* LEVICA-27. Y. García Hernández; D. Sosa Cossio; I. Fiallo Pérez; L. Pérez Ortega; D. Herrera Varela; N. Albelo Dorta; J. C. Dustet Mendoza. Instituto Ciencia Animal (ICA), Cuba.

PAS-10. Evaluación del ME Adizoot-2 en el agua de bebida en las aves ligeras y su influencia en la producción de huevos. Y. Rodríguez Vaillant; R. Castillo Rodríguez y M. La O. Centro Nacional para la Producción de Animales de Laboratorio (CENPALAB), Cuba

PAS-11. Efecto de la inclusión de ME con acción probiótica en la dieta de cerdos lactantes en producción intensiva. Resultados preliminares. Y. Marrero Rodríguez; C. C Armas González; J. E Fajardo Palomino. Centro Nacional para la Producción de Animales de Laboratorio (CENPALAB), Cuba

PAS-12. Sustainable biomass valorization by solid-state fermentation with the mutant strain *Trichoderma viride* M5-2 of forage legumes to improve its nutritional composition as animal feed. L. Rodrigo Saa; E. C. Valiño Cabrera; L. L. Savón Valdés, J. C. Dustet Mendoza; Y. García Hernández and M. Alberto Vázquez. Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba.

PAS-13. Alternative feeding of monogastric species with fiber pretreated by fungal laccase. A new approach. M. Alberto Vázquez; B. Rodríguez Sánchez; E.C. Valiño Cabrera and L. L. Savón Valdés. Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba.

PAS-14. Respuesta productiva de pollos de ceba tratados con un aditivo zootécnico ecuatoriano como alternativa a antibióticos promotores del crecimiento. J. R. Guerrero-López; E. C. Valiño-Cabrera; B. Rodríguez-Sánchez & Y. García-Hernández. Universidad Técnica de Ambato, Ecuador.

PAS-15. Determinación de carbohidratos y minerales en frutos de *Roystonea regia* con posible actividad nutracéutica. L. Ayala González; H. Herrera; N. Albelo Dorta; Y. García Curbelo y M. Herrera-Villafranca. Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba.

PAS-16. Pre tratamiento enzimático de la cachaza para su utilización en cerdos en fase de crecimiento-ceba. C. de la C. Torres Cruz; M. Alberto Vázquez y K. Hidalgo Salomón. Empresa Cárnica de Mayabeque, Cuba**.**

Sesión: El ensilaje en la producción animal. Pedro Lezcano *in memoriam*
PAS-22. Alimento Ensilado Cubano (AEC), buena alternativa en vacas lecheras. R. García López; P. Lezcano y M.R. González. Instituto Ciencia de Animal (ICA), Cuba.

PAS-23. Microorganismos eficientes para la producción de ensilajes de *Tithonia diversifolia* en la MIPYME Carnes D'Tres. C. Mazorra; D. Fontes; R. Rodríguez; D. Fortes; L. Pérez; L. Duarte; D. Gómez; D. Peña y P. Fernandes. Universidad de Ciego de Ávila, Cuba

Sesión: La Producción Animal con enfoque a una salud

PAS-35. Disponibilidad de palmiche como alimento alternativo en la provincia de Guantánamo. Resultados de su utilización en convenios porcinos. M. Durán Rodríguez y B. de la C. Acuña Serrano. Empresa Porcina de Guantánamo, Cuba.

PAS-36. Estudio de peligro, vulnerabilidad y riesgos de epizootias en la especie avícola en Guantánamo. J. Trotman González; A. García González y Z. Debrook. Delegación de la Agricultura de Guantánamo (MINAG), Cuba

PAS-37. Percepción del riesgo de contraer enfermedades transmitidas por garrapatas en humanos. A. Rizo Borrego; G. Pérez Hernández; M. Soca Pérez; Y. Contino Esquijerosa. Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey (EEPFIH), Cuba

PAS-38. La inclusión de torta de palmiste pretratada con *Pleurotus ostreatus* en dietas de sistemas convencionales y silvopastoriles para rumiantes mejora la degradación de la fibra y reduce la producción de metano *in vitro*. A. J. Ibarra-Rondón; L. Rubiano Orozco; P. Fragoso Castilla; A. C. Castro Pacheco; D. E. Durán Sequeda; R. Barahona Rosales; J. E. Mojica-Rodríguez. Universidad Popular del Cesar, Colombia

PAS-39. Influencia del consumo de harina de palmiche, fruto de la Palma Real (*Roystonea regia*) en las características de la canal, calidad de la carne y atributos sensoriales de pollos de ceba. M. Martínez Pérez; I. Rodríguez-Álvarez; B. Rodríguez Sánchez; L. Ayala González; Y. García Hernández y M. Herrera-Villafranca. Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba.

PAS-40. Efecto de la inclusión de harina de *Tithonia diversifolia* en la producción y calidad de la leche de vacas en ordeño. D. Rodríguez Acosta; J. L. Galindo Blanco; N. González Ibarra; Y. Marrero Rodríguez y L. Sarduy. Centro de Investigación de Plantas Proteicas y Bioproductos (CIPB), Cuba

PAS-41. Efecto del consumo de grasa y lignina sobre indicadores productivos de conejos en ceba alimentado con harina desgrasada en la dieta. O. Matos Leiva; R. Charlot Aldana; A. L. LaO Michel; Y. Acosta Acosta; L. A. LaO Cantalapiedra, A. Cardosa García. Asociación Cubana de Producción Animal (ACPA) Guantánamo, Cuba

PAS-42. Evaluación de la canal de conejos (*Oryctolagus cuniculus*) alimentados con piensos elaborados con materias primas de producción endógenas. I. R. Bello Boris; Y. Acosta Acosta; A. Cardosa García; A. Marbel Luben y A. L. LaO Michel. Asociación Cubana de Producción Animal (ACPA) Guantánamo, Cuba

PAS-43. Evaluación de la inclusión de harina de cascarilla de cacao en dietas para conejos. Y. Villalón Moracen; Y. Acosta Acosta; N. N. Betancourt Santos; A. L. La O Michel. Universidad de Guantánamo, Cuba

PAS-44. Análisis nutricional de subproductos agrícolas para su uso en la alimentación animal. N. N. Betancourt Santos; Y. Acosta Acosta; A. L. LaO Michel y R. Bravo Morell. Universidad de Guantánamo, Cuba

PAS-45. Análisis nutricional de la harina de copra de coco desgrasada para su uso en la alimentación del conejo (*Oryctolagus cuniculus*). Y. Acosta Acosta; Á. L. LaO Michel y N. N. Betancourt Santos; Y. Villalón Moracen. Universidad de Guantánamo, Cuba

PAS-46. Factores e impactos de los indicadores productivos del integral porcino en el Instituto de Ciencia Animal (ICA). Y. Londres Silot; L. Ayala González; K. Hidalgo Salomón y Y. García Hernández. Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba

PAS-47. Una salud. Análisis de vulnerabilidad, impactos y adaptación al cambio climático para la producción ovino-caprino. M. C. González Borlet y M. Meriño Lara. Universidad de Las Tunas, Cuba

PAS-48. Influencia de las pruebas ambientales sobre la productividad de plantas de incubación y calidad del pollito. M. T. González Rolo & Y. Mesa Medina. Empresa Avícola de Matanzas, Cuba

PAS-49. Valoración de un factor que influye en la calidad del agua de bebida de las aves. M. T. González Rolo. Empresa Avícola de Matanzas, Cuba

PAS-50. Potencialidades de los residuos de poscosecha de zanahoria (*Daucus carota* L.) como alimento alternativo animal. G. M. Soldado Soldado; Y. García Hernández; E. C. Valiño Cabrera y M. A. Osorio Rivera. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Ecuador

PAS-51. Primeras evidencias del análisis del genoma del Siboney de Cuba y comparación con otros bovinos del mundo. F. Cendrom; A. Ledesma-Rodríguez; S. Mastrangelo; M. T. Sardina; D. F. Díaz-Herrera; O. Uffo; M. Cassandro y M. Penasa. Centro Nacional Sanidad Agropecuaria (CENSA), Cuba

PAS-52. Indicadores zootécnicos en la crianza de pollos de engorde alimentados parcialmente con harina de *Hibiscus rosa-sinensis*. J. L. Alcívar Cobeña; Á. Rodríguez y A. Salazar Moran. Universidad Estatal del Sur de Manabí, Ecuador

PAS-53. Reemplazante lechero RELAC. Características físico-químicas. M. Domínguez Lima; B. B. Chongo García; A. Mejías Caba. Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba

PAS-54. Torta de sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L) tratada por métodos físico-químicos para su uso como alimento animal alternativo. D. Sanabria Rodríguez; Y. García Hernández; M. Martínez Pérez; L. Pérez Ortega; I. Fiallo Pérez; D. Herrera Varela; S. K. Hernández Lemus; N. Albelo Dorta; G. González Mora; J. C. Dustet Mendoza. Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba

PAS-55. Criterios estadísticos para el análisis de investigaciones dedicadas a la producción de alimentos. M. Herrera Villafranca; I. Rodríguez García; Y. Medina Mesa; M. Torres Martínez; Y. García Ávila y V. Torres Cárdenas. Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba

PAS-56. Composición química del forraje de ajonjolí en tres edades de corte en el trópico seco de México. J. Alonso-Galeana; E. J. Mireles-Martínez; R. Rodríguez-Hernández; L. Corona-Gochi; M. I. López-Van Scoit; A. García-Pérez; A. Venancio-Enríquez; I. Jáuregui-Plata, R. Cuicas-Huerta; N. Delgado-Arellano y J. L. Ponce-Covarrubias. Universidad Autónoma de Guerrero, México

PAS-57. Caracterización química, microbiológica y control de la calidad de un producto fermentado seco obtenido a partir del líquido de rumen para su uso como suplemento nutricional en la alimentación animal. I. Scull Rodríguez; L. L. Savón; Valdés; D. Bustamante García; M. Herrera Villafranca y G. E. Vasallo Jamet. Instituto de Ciencia Animal, Cuba

PAS-58. Indicadores hematológicos en gallinas ponedoras que consumen torta de moringa (*Moringa oleifera*) tostada en la ración. S. K. Hernández Lemus; M. Almeida Santa Cruz y M. Martínez-Pérez. Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba

PAS-59. Calidad nutritiva de fracciones proteicas y fibrosas de materiales vegetales de harina de forraje de *Tithonia diversifolia* para la alimentación de especies monogástricas. L. L Savón Valdés; I. Scull Rodríguez; M. Alberto Vázquez; M. Herrera Villafranca y T. E. Ruiz Vázquez. Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba

PAS-60. Validación inicial de ensayo molecular por PCR en tiempo real para la identificación de OGM en maíz destinado a la alimentación animal. M. Pupo Arias; M. K. Castro Montes de Oca; D. Naranjo Feliciano; M. Blanco de Armas; A. Mesa Delgado; A. Betancourt Bravo; B. Corona González. Centro de Sanidad Agropecuaria (CENSA), Cuba

PAS-61. Indicadores hematológicos del *Canis lupus familiaris* vistos desde el contexto de Una salud. L. E. Dihigo Cuttis; H. Navarro Luna; V. Pérez González; I. Pérez Gómez; J. M. Sánchez Pellitero y A. Casquero Rodríguez. Centro de Investigaciones para el Mejoramiento Animal de la Ganadería Tropical (CIMAGT), Cuba

PAS-62. Evaluación del efecto de la inclusión en el alimento balanceado de la enzima Natuphos E 5000 G en el comportamiento bioproductivo y la calidad de los huevos de gallinas ponedoras. G. Madrazo; I. Castillo; Y. Mendoza y E. Acosta. Instituto de Investigaciones Avícolas (IIA), Cuba

PAS-63. *Cannabis* variedad Cherry Oregón como promotor de crecimiento en gallinas Lohmann Brown en arranque de postura. J. C. Salinas Lozada; J. A. Sobenis Cortez; F. Gegorio Espinoza y P. E. Viñán Guerrero. Universidad Técnica de Babahoyo, Ecuador

PAS-64. Crecimiento y desarrollo de añojas novillas en pastoreo, suplementadas con bloques multinutricionales que contienen contenido ruminal seco. A. J. Benítez; R. Mejías; O. Gutiérrez; M. R. González y Y. Ramírez. Instituto Ciencia Animal (ICA), Cuba

PAS-65. Comportamiento de indicadores sanguíneos en vacas de primer parto en la vaquería Genético 4 del Instituto de Ciencia Animal (ICA). Y. Rodríguez González; M. Méndez Mendoza; F. Díaz Barrera; R. Rodríguez Hernández y D. Valenciaga Gutiérrez. Instituto Ciencia Animal (ICA), Cuba

PAS-66. Respuesta productiva de terneros alimentados con el lactoremplazante RELAC y un concentrado de mediana calidad. B. B. Chongo García; D. Casanova Rivera; M. Domínguez Lima; A. J. Benítez y V. Torres Cárdenas. Instituto Ciencia Animal (ICA), Cuba

PAS-67. Efecto del consumo del forraje de *Tithonia diversifolia* (Helms) A. Gray en el perfil enzimático sanguíneo de cabras lecheras en pastoreo. Y. Cruz Cruz; D. Gutiérrez González y Y. Soto Rodríguez. Universidad Agraria de la Habana (UNAH), Cuba

PAS-68. Caracterización química y toxicológica del fruto de la Palma Real (palmiche). H. Herrera Galindo; N. Albelo Dorta e I. González Blanco. Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba

PAS-69. Metabolismo energético durante el ayuno en variedades de ovinos Pelibuey bajo condiciones de pastoreo tropical. N. Fonseca Fuentes; S. Milán Rabí; Y. Piña Solano; J. Wright Ramírez; E. Pérez Pineda y J. Grizelj. Universidad de Granma, Cuba

PAS-70. Incremento de la productividad ovina: Efecto de un modelo de pastoreo rotacional y suplementación en unidades de demostración del Valle del Cauto. G. Milanés Rodríguez; J. V. Wright Ramírez; S. Milán Rabí y N. Fonseca Fuentes. Instituto de Investigaciones Agropecuarias Jorge Dimitrov, Cuba

PAS-71. **Estructura y composición de bosques de pino-encino en sistemas silvopastoriles con cerdo criollo. Viñales**. Y. Urrutia Hernández; I. Urrutia Hernández; B. Rodríguez Alfaro; T. Sánchez Santana y R. Paredes Sánchez. Universidad de Pinar del Rio (UPR), Cuba

PAS-72. Causas de degradación en sistemas silvopastoriles con cerdo criollo. Viñales. I. Urrutia Hernández; B. Rodríguez Alfaro; T. Sánchez Santana; A. F. Álvarez Brito; A. Mercadet Portillo; Y. Urrutia Hernández y B. R. Castillo Edua. Universidad de Pinar del Rio (UPR), Cuba

PAS-73. Efecto de la escarificación en semillas de *Leucaena leucocephala* L. P. L. Mayoz Vegas; D. Domínguez Ortega; I. Revuelta Oramas; K. Hernández Pérez Corcho; A. Hernández Mijango; Y. Manuel Fernández Moreno y R. Catalá Matías. Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey (EEPFIH), Cuba

PAS-74. Análisis bibliométrico de *Spathodea campanulata* como compuesto nutracéutico. D. Mesa Travieso e I. Scull Rodríguez. Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba

PAS-75. Análisis bibliométrico de *Tithonia diversifolia* en alimentación de rumiantes. Y. Figueroa Puente; D. Mesa Travieso; R. Rodríguez Hernández; Y. García Hernández y D. Sosa Cossio. Instituto Ciencia Animal (ICA), Cuba

PAS-76. La cromatografía gaseosa y la cromatografía líquida de alta resolución en la rama agropecuaria. D. Ortega de la Paz y M. Alberto Vázquez. Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba

INNOVACIÓN, INTERCAMBIO GENERACIONAL Y PERSPECTIVA DE GÉNERO; LA VOZ DE LOS PRODUCTORES EN EL DESARROLLO SOCIAL

Coordinadores: Dr. C. Dayleni Fortes González. Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba
Dr. C. Daiky Valenciaga Gutiérrez. Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba

Miércoles 22	Salon Plenario
9:45 am-1:30 pm	**Sesión. Innovación, Intercambio Generacional y Perspectiva de Género; La voz de los productores en el desarrollo social**
9:45 am -10:25 am	**Taller debate: Innovaciones agropecuarias: enfoques y experiencias** **Moderadora:** Dr. C. Dayleni Fortes González. Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba. **Secretario:** Dr. C. Otto M. Andérez Ramos. Asociación Cubana de Producción Animal (ACPA), Cuba.
9:45 am -10:05 am	**IP-01. Conferencia. Difusión y adopción participativa de tecnologías e innovaciones agropecuarias: enfoques y experiencias.** Dr. C. Jesús Suárez Hernández, Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey (EEPFIH), Cuba.
10:05 am-10:25 am	**Debate de la conferencia y póster IP-02 al IP-12**
10:25 am- 11:30 am	**Panel: Experiencia de los productores en sistemas agroforestales** **Moderador:** Dr. C. Redimio Pedraza Olivera, Universidad de Camagüey, Cuba **Secretario:** Dr. C. Jorge Pereda Mouso, Universidad de Camagüey, Cuba.
10:25 am -10:35 am	**Presentación de ponencias cortas** **IP-13. Producción de carne y madera con pastoreo racional en sistemas silvopastoriles. Estancia Abuelita Uruguay.** José Luis Dutra da Silveira. Departamento de Tacuarembó Uruguay.
10:35 am-10:45 am	**IP-14. Integración de ganadería y agricultura: la experiencia del Rancho San Antonio El Potrero; Palenque, Chiapas, México.** Mauricio F. Lastra Escudero, Unión Ganadera Regional de Catazaja, México.
10:45 am -10:55 am	**IP-15. Proyecto "Escuela de Campo El Despertar" una solución a la Agricultura Resiliente para la Adaptación y Mitigación al Cambio Climático.** Mariano Quintero Almeida, Finca El Despertar, Villa Clara, Cuba.
10:55 am -11:05 am	**IP-16. Finca La Liliana. Integración socioproductiva, la agroecología y la conservación.** Liliana Bacallao González. Finca La Liliana, Camagüey, Cuba
11:05 am -11:30 am	**Debate de ponencias cortas (IP-13 a IP-16) y póster (IP-17 al IP-26)**
11:30 am- 12:50 pm	**Panel: Intercambio generacional y perspectiva de género** **Moderadora**: Dr. C. Lissette Fernández Páramo, Asociación Cubana de Producción Animal (ACPA), Cuba. **Secretaria**: MSc. Saray Díaz Barrios, Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba.
11:30 am -11:45 am	**IP-27. Conferencia: Diagnóstico de Brechas de Género en el Sector Ganadero de Honduras.** Gretel L. Guerra Rivera, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Costa Rica
11:45 am-11:55 am	**Presentación de ponencias cortas** **IP-28. La reserva natural el Hatico: 40 años de sistemas silvopastoriles intensivos y aplicación de principios agroecológicos.** Juan José Molina Echeverry. Finca El Hatico, Colombia.
11:55 am -12:05 pm	**IP-29. Experiencia de la cría del ovino Pelibuey en la provincia Mayabeque. Finca Los Mangos.** Enys Oliva Camejo. Mayabeque, Cuba.
12:05 pm-12:15 pm	**IP-30 Morera y Sericultura en Mayabeque. Experiencia de una producción de ciclo cerrado y trasmisión de saberes.** Yoani Hernández Camejo. Finca Proseda, Mayabeque, Cuba.
12:15 pm-12:25 pm	**IP-31. Experiencias del desarrollo de la apicultura en la finca Atalaya 1 en Mayabeque, Cuba.** Yadiel Quiñones Izquierdo. UNAH, Mayabeque, Cuba.

12:25 pm-12:50 pm	**Debate de ponencias (IP-27 a IP-31) y póster (IP-32 al IP-43B)**
12:50 pm- 1:30 pm	**Panel: Experiencia de productores en fincas diversificadas** **Moderador:** Dr. C. Giraldo Martín. Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey (EEPFIH), Cuba **Secretario:** Dr. C. Rafael Rodríguez Hernández. Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba
12:50 pm- 1:00 pm	**Presentación de ponencias cortas** **IP-44. Proyección de trabajo de la Unidad Básica de Producción Cooperativa Frank País García para alcanzar la diversificación de la producción agropecuaria.** DMV. Cecilio Perán Alfonso. UBPC Frank País García, Guantánamo, Cuba.
1:00 pm-1:10 pm	**IP-45. Transformación de finca familiar biodiversificada en escenario educacional.** Odrey Orta Dorta. CCS Porfirio Álvarez Báez, Mayabeque, Cuba.
1:10 pm- 1:30 pm	**Debate de ponencias cortas (IP-44 e IP-45) y póster (IP-46 al IP-54)**

PÓSTER

Taller debate: Innovaciones agropecuarias: enfoques y experiencias

IP-02. Eficiencia de una tecnología de oferta de materia seca introducida en una lechería comercial del trópico de Veracruz. V. Torres Cárdenas; R. S. Gudiño Escandón y O. Martínez Zubiaur. Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba

IP-03. Dinámica Diurna y Ontogénica de Azúcares en Forrajes Tropicales y su Impacto Nutricional en Lagomorfos y Caviomorfos de La Granja Cosmopolitana. J. P. Zarate Lozada; H.A. Villamizar Castro y S.M. Delgado Barrera. Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD- Zona Amazonía Orinoquía, Colombia

IP-04. Producción de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) con variantes de fertilización orgánica. R. Pérez Yaqui; E. Canino Parrado y J. J. Pereda Mouso. Estación Experimental de Pastos y Forrajes de Camagüey, Cuba

IP-05. Empleo de medios tecnológicos para el monitoreo del ganado vacuno en pastoreo, como forma de protección contra hurto y sacrificio. J.L. Guerra-Zamora; O. Pérez-Acosta; D. Valenciaga-Gutiérrez; B. Chongo-García; A. Vázquez-Peña y S. Díaz-Barrios. Instituto de Ciencia Animal, Cuba

IP-06. Producción cooperada de huevos en el Instituto de Ciencia Animal basada en innovación. A. Albelo; Y. Arbelo; B. Rodríguez Sánchez; M. F. Díaz Sánchez y L. Ayala González. Instituto de Ciencia Animal, Cuba

IP-07. Propuesta metodológica para la evaluación de resiliencia en fincas dedicadas a la producción de leche en Costa Rica. A. R. Medrano; C. Villanueva; D. Pezo y R. Mushler. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Costa Rica

IP-08. Caracterización de rebaños caprinos en crianza extensiva en dos municipios de Cienfuegos. D. Camejo Rodríguez; T. Sánchez Santana; Y. Pérez Rodríguez; M. Rizo Álvarez; I. Hernández Venereo; A. Calzada Díaz de Villega; F. Agüero Contreras; C. Frómeta Milanés; Y. Array Arteaga. Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, Cuba

IP-09. Estrategia de innovación para incrementar los servicios técnicos especializados a los actores agropecuarios de Matanzas. M. Hernández-Grijalba. Empresa de Servicios Técnicos Agropecuarios. Matanzas, Cuba.

IP-10. El empleo de biocombustibles en motores de combustión interna en función de una agricultura sostenible. S. Díaz Barrios; O. G. Pérez Acosta y Y. Morejón Mesa. Instituto de Ciencia Animal, Cuba

IP-11. Propuesta de una red de extensión articulado con una red de fincas de referencia técnico-económicas en ganaderías vacuna. N. Muñiz Rizo; J. Marzin; A. Villaret; F. Gervais; O. Álvarez Figueroa; N. Hidalgo Álvarez; O. Oliva Hernández y A. Carmenates Álvarez. Grupo Empresarial Ganadero (GEGAN), Cuba

IP-12. Sustentabilidad de sistemas de producción ovina bajo diferentes formas de tenencia de la tierra en Granma, Cuba. Y. Piña Solano; N. Fonseca Fuentes; S. Milán Rabí; J. V. Wright Ramírez; E. Pérez Pineda y J. Grizelj. Instituto de Investigaciones Agropecuarias Jorge Dimitrov. Cuba

Panel: Experiencia de los productores en sistemas agroforestales

IP-17. Biblioteca digital: *Tithonia diversifolia* para la alimentación de animales rumiantes. M. Torres Martínez; R. Rodríguez Hernández; L. Domínguez Fernández; Y. Medina Mesa; M. Herrera Villafranca y A. Mejías Caba, Instituto de Ciencia Animal, Cuba

IP-18. Sistema de vigilancia tecnológica en centros científicos agropecuarios: potencialidades para la agroforestería pecuaria. O. Suárez Zamora; J. Suárez Hernández y L. A. Hernández Olivera. Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey (EEPFIH), Cuba

IP-19. Percepciones, gustos y motivaciones de productores ganaderos sobre sistemas silvopastoriles y prácticas de conservación en fincas del departamento del Caquetá, Colombia. L. P. Giraldo y J. Chará. Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV), Colombia

IP-20. Efecto de las etapas climáticas en Cuba y alojamiento próximo a arboledas en la reproducción cunícola. George Enrique Vasallo Jamet. Instituto de Ciencia Animal, Cuba

IP-21. Evaluación productiva y resiliente de la finca silvopastoril La Marina. M. Rodríguez Donet e I. Saavedra Salazar. Productores Finca La Marina. Jimaguayú, Camagüey, Cuba

IP-22. Impacto del programa de manejo de bosque y ganadería de la finca El Porvenir del municipio Najasa, Camagüey. O. M. Hernández García. Finca El Porvenir. Municipio Najasa, Camagüey, Cuba

IP-23. Evaluación de un sistema silvopastoril con ceba de toros en condiciones edafoclimáticas del municipio Sierra de Cubitas Camagüey. O. Tejas Sánchez. Servicio Estatal Forestal municipio Sierra de Cubitas, Camagüey, Cuba

IP-24. Beneficios de la dinámica ecosistémica en una finca diversificada asociada al MBGI, en Jimaguayú, Camagüey. R. González-Sivilla; I. E. Méndez Santos; L. Bacallao González; R. Sanz Otero y J. C. Figueroa Sánchez. Universidad de Camagüey Ignacio Agramonte Loynaz, Cuba

IP-25. Beneficios del silvopastoreo en el manejo de los bosques, la ganadería y el medio ambiente. El rol del extensionismo forestal en el municipio Jimaguayú. M. González Rivas. Servicio Estatal Forestal, municipio Jimaguayú, Camagüey Cuba.

IP-26. Importancia del estudio de las principales especies de la flora y del sotobosque asociadas al marabú. A.M. Vidal Corona. UCTB Estación Experimental Agroforestal Camagüey, Cuba

Panel: Intercambio generacional y perspectiva de género

IP-32. Experiencia de productoras de conejos de la provincia Mayabeque. Finca Monserrate. Y. Cabrera Cuevas; R. Vasallo Domínguez; M. Rodríguez Pedroso y N. González González. Finca Monserrate. Municipio San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba

IP-33. Sistematización del diseño y validación de guías técnico-pedagógicas para Escuelas de Campo en ganadería sostenible en Honduras. J.C. Flores; E. García; C. Villanueva y C. Tabora. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica

IP-34. Experiencia de mujeres emprendedoras con el apoyo de la organización de Ayuda Popular Noruega (APN) y la Asociación Cubana de Producción Animal (ACPA) en Mayabeque. M. Rodríguez Pedroso y N. González González. Asociación Cubana de Producción Animal, Filial Mayabeque, Cuba

IP-35. Experiencia de la producción caprina en la Finca La Habanera de la provincia Mayabeque. M. Y. Cruz Avilés; L. Perdomo Gutiérrez; D. Gutiérrez; M. Rodríguez Pedroso y N. González González. Finca La Habanera, municipio San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba

IP-36. FORCAGEN: Sinergias entre silvopastoreo, resiliencia y enfoque de género para una agricultura sostenible en cooperativas de Camagüey. Y. del C. Infante Mesa. Universidad de Camagüey Ignacio Agramonte, Camagüey Cuba

IP-37. Utilización de las redes científicas y académicas por los jóvenes investigadores del Instituto de Ciencia Animal. A. Jiménez Cecilio. Instituto de Ciencia Animal, Cuba

IP-38. Training Youth and Women as Rural Extension Agents: Strengthening Family Farming and Sustainability in Brazilian Rural Areas. K.V. R. Guerrero; D. F. Pilatti; I. V. Z. Almeida; Y. R. A Silva; G. Corcioli; R.R. Silva. Federal University of São Carlos, Center for Agricultural Sciences (CCA), Araras, São Paulo, Brasil

IP-39. Intercâmbio geracional e protagonismo feminino: perpectivas das mulheres e dos jovens no Cerrado mineiro para o desenvolvimento rural sustentável. R. L. Oliveira; G. M. Ataíde; G. E. Marcatti; E. C. Teixeira; R. V. O. Castro. Federal University of São João del-Rei– UFSJ, Minas Gerais, Brasil

IP-40. Las expresiones de masculinidad de los ganaderos en el Instituto de Ciencia Animal (ICA), provincia Mayabeque. I. Y. Ayala Galindo; Y. Vega Reyes; K. Hidalgo Salomón y A. Sosa Ceijas. Instituto de Ciencia Animal, Cuba

IP-41. Liderazgo de la mujer e innovación agroecológica: Impacto estratégico de las féminas en el desarrollo rural. E. Corzo Rodríguez y T. Sánchez Santana. Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey (EEPFIH), Cuba

IP-42. El papel de la mujer en la economía familia, una fortaleza para el desarrollo rural y local. M. Moore Pedroso y A. M. Hernández Barceló. Centro de Estudios para la Gestión del Desarrollo. Universidad Agraria de La Habana, Mayabeque Cuba.

IP-43. Prácticas ancestrales en sistemas de producción ganadera en diversas regiones del Ecuador: hallazgos preliminares. N. Fierro. Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL), Ecuador.

IP-43A. Gestión de proyectos agropecuarios: un motor para el empoderamiento femenino en el desarrollo rural sostenible. Y. Vega Reyes; K. Hidalgo Salomón e I. Y. Ayala Galindo. Instituto de Ciencia Animal, Cuba.

IP-43B. Construyendo el futuro: Desarrollo local y avances en el municipio San José de las Lajas. A.V. Enríquez Regalado y L. Calvo Moya. Consejo de la Administración Municipal, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

Panel-debate: Experiencia de productores en fincas diversificadas

IP-46. Impacto de las prácticas agroecológicas en el logro de una producción diversificada y sostenible Finca El Guayacán. Magalys Rodríguez Guerra; A. Regalado; B de la C. Acuña Serrano. CCSF Enrique Campos Caballeros, Guantánamo Cuba

IP-47. Manejo sostenible en la finca agroecológica "La Ofelia" del municipio San Antonio del Sur en Guantánamo. R. Cobas Duran; B de la C. Acuña Serrano y Alexis Asencio Fournier. CCSF Mariana Grajales, Guantánamo Cuba

IP-48. Resultados productivos en cerdas en un sistema de producción mixto en la CCSF Lino de las Mercedes Álvarez. Municipio Niceto Pérez, Guantánamo. A. de la Cruz González y A. Asencio Fournier. CCSF Lino de las Mercedes Álvarez, Guantánamo Cuba

IP-49. Monitoreo del comportamiento bovino como herramienta para la sostenibilidad y resiliencia de los sistemas ganaderos en Camagüey. Estudio prospectivo. María Lucía Pérez-Castro Basulto. Delegación Provincial del MINAG, Camagüey Cuba

IP-50. Sistematización de experiencias en la UBPC Frank País García del Municipio Manuel Tames Provincia Guantánamo. O. Caballero Fournier; C. Perán Alfonso; Y. Brooks Lescaille; J. A. González Paumier y B. de la C. Acuña Serrano. UBPC Frank País García, Guantánamo Cuba

IP-51. Ciencia ciudadana para la conservación comunitaria de los recursos fitogenéticos. O. L Parrado Alvarez; L. Carrión Cabrera; O. Loyola Hernández; G. Hernández Carrillo y M. A. Díaz López. Universidad de Camagüey Ignacio Agramonte Loynaz. Cuba

IP-52. Eficiencia técnica de sistemas ganaderos vacunos en la región Jimaguayú-Camagüey. J. J. Pereda Mouso; R. Cobo Cuña; L. M. Curbelo Rodríguez y R. M. Pedraza Olivera. Centro de Estudios de Producción Animal (CEDEPA). Universidad de Camagüey, Cuba

IP-53. Fomento del bienestar animal en la Finca familiar Los Buenos, Las Tunas, Cuba. U. Bueno Ligurbia; J.L. Rivero y Y. Garcés Franco. Finca familiar Los Buenos, Las Tunas, Cuba

IP-54. Caracterização da produção agrária familiar na Aldeia do Maholeco, Município da Cacula, Angola. Madureira Cativa Chivangulula; Rodrigues de Oliveira Major; João Kaculete Katimba e Jefilia Nalissimo Mário Chivangulula. Instituto Politécnico da Huila, Universidade Mandume Ya Ndemufayo. Angola

BIODIVERSIDAD, MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

Coordinadores: Dr. C. Nurys Valenciaga Valdés, Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba
Dr. C. Juana Luz Galindo Blanco, Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba

Jueves 23	**Sala B**
8:30 am -1:30 pm	**Sesión. Biodiversidad, Mitigación y Adaptación al Cambio Climático** **Moderadora**: Dr. C. Bárbara Idalmis Garea Moreda, Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas (InsTec/UH), Cuba. **Secretaria**: Dr. C. Idalmis Dolores Rodríguez García, Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba.
8:30 am -8:50 am	**BMA-01. Conferencia. Sistemas Silvopastoriles Tropicales: Funcionalidad Ecológica, Mitigación Climática y Escalamiento Tecnológico.** Dr. C. D. M. Villegas. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Colombia
8:50 am -9:10 am	**BMA-02. Conferencia. La presencia de árboles y el manejo del pastoreo determinan la distribución espacial de carbono, el nitrógeno y sus isótopos en el suelo de los sistemas silvopastoriles de dehesa.** Dr. C. Eduardo Vázquez García. Universidad Politécnica de Madrid, España
9:10 am -9:20 am	**Debate**
9:20 am -11:30 am	**Taller-debate Biodiversidad en sistemas ganaderos** **Moderadora**: Dr. C. Nurys Valenciaga Valdés. Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba **Secretaria**: Dr. C. Odalys C. Toral Pérez. Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey (EEPFIH), Cuba.
9:20 am -9:40 am	**BMA-03. Conferencia. El nitrógeno de las plantas proteicas en los sistemas silvopastoriles.** Dr. C. Pedro Carlos Martín. Centro de Investigaciones de Plantas Proteicas y Productos Bionaturales, Cuba.
9:40 am -10:15 am	**Presentación de ponencias cortas**
9:40 am - 9:50am	**BMA-04. Diseño e implementación de un sistema silvopastoril en fajas para ganadería doble propósito en pastoreo rotacional, para la finca AgroEscazú, Vistahermosa (Meta, Colombia): Evaluación de productividad, servicios ecosistémicos y sostenibilidad agropecuaria.** Ing. Luna Camila Velásquez Bello. Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD - CEAD Acacías, Zona Amazonía-Orinoquía, Colombia
9:50 am -10:00 am	**BMA-05. Biodiversidad y producción de forraje en pastizales nativos en sistemas silvopastoriles al inicio de la rotación forestal.** Ing. Pablo V. Posada-Pinto. Universidad de la República, Melo, Uruguay
10:00 am -10:15 am	**Debate de conferencia, ponencias cortas (BMA-03 a BMA-05) y póster BMA-06 al BMA-13**
10:15 am -11:30 am	**Panel: Contribuciones a la biodiversidad regional**
10:15 am -10:30 am	**BMA-14. Conferencia. Caracterización morfológica de accesiones *de Cenchrus purpureus* obtenidas por cultivo de tejidos del banco de germoplasma del Instituto de Ciencia Animal.** Dr. C. Rafael S. Herrera García. Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba
10:30 am -11:00 am	**Presentación de ponencias cortas**
10:30 am -10:40 am	**BMA-15. Avances en el aislamiento e identificación de bacterias presentes en el cultivo de tejidos de *Cenchrus purpureus* CT-608.** Ing. Amanda Abreu Cruz. Universidad Agraria de la Habana (UNAH), Cuba
10:40 am -10:50 am	**BMA-16. Espécies regenerantes e seu potencial para formação de sistema silvipastoril biodiverso na savana brasileira.** Ing, Elisa Pereira Bruziguessi. Instituto Federal de Brasília, Brasil
10:50 am -11:00 am	**BMA-17. La flora arbórea camagüeyana y sus potencialidades de uso en sistemas agroforestales.** Dr. C. Oscar Loyola Hernández; I. Pérez Cabrera; V. Sánchez Jerez; D. Triana González. CEDEPA, Universidad de Camagüey, Cuba
11:00 am -11:20 am	**Debate de las ponencias cortas (BMA-14 a BMA-17) y póster relacionados (BMA-18 al BMA-40)**

11:20 am -1:30 pm	**Taller-debate: Mitigación y Adaptación al Cambio Climático** **Moderadora**: Dr. C. Juana Luz Galindo Blanco. Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba **Secretaria**: Dr. C. Janet Blanco Lobaina. Instituto de Investigaciones de Pastos y Forrajes (IIPF), Cuba
11:20 am -11:40 am	**BMA-41. Conferencia. Ganadería sostenible: resiliente e inteligente.** Dr. C. Bárbara Idalmis Garea Moreda. Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas (InsTec/UH), Cuba.
11:40 am -12:00 pm	**BMA-42. Conferencia. La Sostenibilidad en la Ganadería: Un enfoque para el desarrollo de NAMAS y NDC de la región.** Dr. C. Claudia Sepúlveda. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Costa Rica
12:00 pm -12:10 pm	**Debate de las conferencias**
12:10 am -1:00 pm	**Presentación de ponencias cortas**
12:10 pm -12:20 pm	**BMA-43. Resiliencia ante el cambio climático en siete municipios de Cuba, su incidencia en los Sistemas Silvopastoriles. Proyecto IRES.** MSc. Carlos Alberto Díaz Maza. Grupo Agroforestal, Cuba.
12:20pm -12:30 pm	**BMA-44. Ganadería sostenible frente al cambio climático en el sur del Ecuador.** Rubén Carrera. Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL), Ecuador.
12:30 pm -12:40pm	**BMA-45. Efecto del Índice Temperatura/Humedad (ITH), en las respuestas fisiológicas y productivas de vacas lecheras y Cebú en pastoreo.** DMV Juan Carlos Valdivia. Asociación Cubana de Producción Animal (ACPA) Sancti Spíritus, Cuba.
12:40 pm -12:50 pm	**BMA-46. Impacto del estrés térmico en ganadería bovina y porcina en climas tropicales.** MSc. Grethel Sieiro Miranda. Centro Meteorológico Provincial (INSMET), Sancti Spíritus, Cuba.
12:50 pm -1:00 pm	**BMA-47. *Curvularia kusanoi* L7 en la bioconversion de biomasa vegetal para alimentacion animal: una nueva alternativa para la mitigación y adaptación al cambio climático.** Dr. C. Maryen Alberto. Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba
1:00 pm -1:30 pm	**Debate de las ponencias cortas y póster relacionados (BMA 48 al BMA 89)**

PÓSTER

Taller-debate Biodiversidad en sistemas ganaderos

BMA-06. Composición química de fitolitos presentes en comunidades vegetales para pastoreo. Jatnel Alonso; Lázaro Castro; Daiky Valenciaga. Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba

BMA-07. Composición química de *Cenchrus purpureus* utilizado como banco de biomasa en el periodo poco lluvioso. Nidia Fraga; Jatnel Alonso y Daiky Valenciaga. Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba

BMA-08. Producción, calidad forrajera y variabilidad morfológica de frutos de algarrobo blanco en un sistema silvopastoril. Lorena S. Pernochi; M. A. Atanasio; R. Lértora; L. Colcombet. INTA-EEA Sáenz Peña, Argentina

BMA-09. Principales recursos forrajeros utilizados en Cuba para una ganadería sostenible. Dayleni Fortes González; R.S. Herrera; T. E. Ruiz; R. O. Martínez; C. R. Padilla; M. F. Díaz. Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba

BMA-10. Comportamiento morfoagronómico de accesiones de *Megathyrsus maximus* (Jacq.) B.K. Simon & S.W.L. Jacobs. Abel Hernández Herranz; Y, Olivera Castro; O. C. Toral Pérez; Y. Sanabria Ramírez; A. Hernández Mijango, E. Corzo Rodríguez. Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey (EEPFIH), Cuba

BMA-11. Respuesta agroindustrial de cultivares de Caña de azúcar utilizadas como alimento animal en condiciones de sequía. Alejandro Hernández Rubiella; Lázaro Pardo Mora; J. Sotolongo Camero; Tania Casero Rodríguez. UEB INICA, Mayabeque, Cuba

BMA-12. Procedimientos para la realización de los diseños en parcelas ganaderas del proyecto IRES en el municipio de Jobabo provincia Las Tunas. Félix Braulio Ugarte Pavón; P. R. Rodríguez Coba y N. Valdés Rodríguez. Grupo Agroforestal Cuba, Unidad Municipal Jobabo, Las Tunas, Cuba

BMA-13. Comportamiento alimentario de cabras en pastoreo intensivo en agroecosistemas con *Dichrostachys cinerea* (L.) Wight & Arn. Gabriela Pérez-Hernández; A, Rizo-Borrego; M. Soca-Pérez; A. L. Schmitt-Filho; O. C. Toral-Pérez; M. A. Benítez-Alvarez; Y. Armas-Caloto; Y. Milián-Sánchez; D. Tortoló Betancourt; F. Hernández-Acosta y L. de la C. Rodríguez-Rodríguez. Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey (EEPFIH), Cuba

Panel: Contribuciones a la biodiversidad regional

BMA-18. Reporte de primeros hallazgos de morfoespecies de artrópodos asociadas a *Morus alba* L. en Cuba. Tania Casero Rodríguez; Nurys Valenciaga Valdés; M. Matamoros Torres. UEB INICA, Mayabeque, Cuba.

BMA-19. Influencia de la estacionalidad en la diversidad de artrópodos en sistemas agroforestales del trópico húmedo de México. G. Villanueva-López; L. A. Lara; Pérez, I. Oros-Ortega; D. R. Arya.; F. Casanova-Lugo y F. C. Olivo-Merodio. El Colegio de la Frontera Sur, unidad Villahermosa. Villahermosa, Tabasco, México

BMA-20. Diversidad de invertebrados del suelo en sistemas silvopastoriles del sur de Quintana Roo, México. Pablo J. Ramírez-Barajas, F. Casanova-Lugo, L. A. Lara-Pérez, L. Macario-González. Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de la Zona Maya, México

BMA-21. Determinación de indicadores de calidad del suelo en un sistema silvopastoril de la provincia Granma, Cuba. Licet Chávez Suárez; Idalmis Rodríguez García; D. Benítez Jiménez; A. Álvarez Fonseca. Instituto de Investigaciones Agrícolas Jorge Dimitrov (IIA), Granma, Cuba

BMA-22. Dinâmicas territoriais e alterações no uso e cobertura da terra no município de Moju, no 1 estado do Pará, Brasil. Camila Serrão Campos; R. Quaresma Maneschy; D. Araújo Sombra Soares; D. Williams da Silva. Universidade Federal do Pará (UFPA), Brasil

BMA-23. Densidad de población y producción de nopal forrajero (*Opuntia ficus-indica*). J. Encarnación García-Portuguez, Saturnino Duarte-Ramos. Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario, Guanajuato, México

BMA-24. Avaliação da Aceitação e Palatabilidade de Espécies Arbóreas Forrageiras por Bovinos no Bioma Cerrado: Uma Abordagem para Sistemas Silvipastoris Sustentáveis. Julia Eumira Gomes Neves Perini; E. Bruziguessi; B. da Silva Sena; R. W. Coutinho Souza. Instituto Federal de Brasília – Campus Planaltina, Planaltina-DF, Brasil

BMA-25. Propuesta del empleo de Guácima, Algarrobo del país y Chote como árboles en potreros. Emigdio Rodríguez del Rio; F. Medinilla Nápoles. UCTB Estación Experimental de Pastos y Forrajes de Sancti Spíritus, Cuba

BMA-26. Comportamiento reproductivo de un cruce dialélico entre cuatro poblaciones de castarrica (*Mayaheros urophthalmus*) del suroeste mexicano. Y. García Hernández; M. Fernández Pérez; R. E. Ponce de León Sentí. Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba

BMA-27. Inventario de las áreas cubiertas de marabú, con fines energéticos, mediante la aplicación de SIGs. Abdiel L. Fernández Pedroso; A. M. Vidal Corona; T. García García; I. Pérez Cabrera. UCTB Investigación e Innovación Tecnológica, Reparto Siboney, Cuba

BMA-28. Caracterización tecnológica de las áreas cubiertas de marabú con fines energéticos mediante la aplicación de SIGs. T. García García; A. M. Vidal Corona; A. L. Fernández Pedroso e I. Pérez Cabrera. GEOCUBA Camagüey, Cuba

BMA-29. Comportamiento de especies forestales en vivero para la reforestación de la Finca El Trébol en la provincia Camagüey. J. Hernández Rodríguez; P. Romeu Acosta. Instituto de Investigaciones Agro-Forestales, Cuba

BMA-30. Respuesta productiva de posturas de *Gliricidia sepium* obtenidas por semillas en condiciones de vivero. C. Puga Bolívar; I. Pérez Cabrera; O. Loyola Hernández; Y. Rodríguez Mendoza; Ch. Vicente Castañeda; P. Romeu Acosta. UCTB Estación Experimental Agroforestal Camagüey, Cuba

BMA-31. Efecto del manejo de la estaca de *Gliricidia sepium* en la supervivencia y producción de follaje en cercas vivas. Chabeli Vicente Castañeda; I. Pérez Cabrera; O. Loyola Hernández; Y. Rodríguez Mendoza; C. Puga Bolívar. UCTB Estación Experimental Agroforestal Camagüey, Cuba

BMA-32. Caracterización y determinación de los índices de biodiversidad en la finca La Flora. Yuseika Olivera Castro; O. C. Toral Pérez; Y. Sanabria Ramírez; A. Hernández Mijango y J. J. Reino Molina. Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey (EEPFIH), Cuba

BMA-33. Determinación del grado de complejidad de la biodiversidad a escala de finca como base para el manejo agroecológico. Odalys C. Toral Pérez; Y. Olivera Castro; Y. Sanabria Ramírez; A. Hernández Mijango; J, J. Reino Molina. Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey (EEPFIH), Cuba

BMA-34. Efecto del diluyo conservador en la motilidad espermática del semen de conejo. Zahilys López Abreu; L. Interián; Y. Alcalá Febles; Y. García; L. E. Dihigo Cuttis y D. Sosa. Centro de Investigaciones para el Mejoramiento Animal de la Ganadería Tropical (CIMAGT), Cuba

BMA-35. Ecografía ovárica en burras criollas mexicanas en época de transición reproductiva. Enrique Octavio García Flores; M. T. Sánchez Torres Esqueda; J.L. Cordero Mora; J.A. Martínez Aispuro; R. Martínez Martínez; R. Vicente Pérez; E. H. García Ramírez. Centro Universitario de la Costa Sur, Universidad de Guadalajara, Jalisco, México

BMA-36. Siboney de Cuba: Respuesta esperada a la selección para rasgos de producción, reproducción y longevidad. Arelys Hernández Rodríguez; R. E. Ponce de León Sentí. Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba

BMA-37. Caracterización de la velocidad de crecimiento de la categoría Siboney de Cuba hasta los 12 meses de edad en la UEB "El Vapor". Y. García Ávila; M. Herrera Villafranca y M. Torres Martínez. Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba

BMA-38. Contribución al conocimiento en la mejora genética de búfalos en Cuba. Yenny García Orta; L.M. Fraga; D. M. Cino Nodarse; A Hernández Rodríguez; L. Aguiar y Caballero. Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba

BMA-39. Selección fenotípica en ovinos Pelibuey resistentes y resilientes a nemátodos gastrointestinales. Ariannys León Matos; J. I. Acosta Albiol; D. Hernández Marrero; N. Hernández Zaldivar; J.R. Collazo; J. Horta de la Masa; Y. Peña; V. Pérez. Centro de investigaciones para el Mejoramiento Animal de la Ganadería Tropical (CIMAGT), Cuba

BMA-40. Características productivas de la hembra ovina Pelibuey y sus mestizos en la EPG Camilo Cienfuegos de Pinar de Rio, Cuba. Mildred Méndez Mendoza; R. E. Ponce de León Sentí; Y. Rodríguez González. Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba

Taller-debate Mitigación y Adaptación al Cambio Climático

BMA-48. Evaluación del movimiento de Carbono en módulos silvopastoriles del Proyecto IRES con programa EX−ACT v9. Armando Ávila García; Zaida Mezquía Mesa; Armando Ávila Mezquía; Raciel Ávila García y Haila Ávila Mezquía. Grupo Agroforestal, Proyecto IRES, La Habana, Cuba

BMA-49. Factor volumétrico de forma do fuste na espécie *Julbernardia paniculata* Benth (Onduco) na localidade da Lomanda, comuna do Quipeio, município da Ekunha. André Kapingala Imbo Ndjamba; Yobanis Osório Bornot; Verena Torres Cárdenas; Osvaldo Miguel Manuel Fruta. Instituto Politécnico da Universidade Cuito Cuanavale, Angola

BMA-50. Comportamiento agronómico del pasto *Axonopus catarinensis* Valls con diferentes niveles de sombra y aplicación de abono orgánico: especie con potencial para utilizar en sistemas silvopastoriles intensivos en el trópico alto. J. J. Lopera-Marín; J. Angulo-Arizala; E. Murgueitio Restrepo; L. Mahecha-Ledesma. Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV), Cali, Colombia

BMA-51. Determinación del efecto del Viusid® Agro en el porcentaje y número de brotes de yemas apical de los esquejes de morera (*Morus alba* Var corazonada). Luis Enrique Dihigo Cuttis; C. Hernández Hustif; E. Lucas Vieito; Y. Medina Elijarde; A. León Matos; Y. Peña Matos, J. Horta de la Masa y Y. Alcalá Febles. Centro de Investigaciones para el Mejoramiento Animal de la Ganadería Tropical (CIMAGT), Cuba

BMA-52. Determinación del porcentaje de germinación y tamaño de las plantas de moringa con el uso del Viusid®Agro como estimulante del crecimiento. Camila Hernández Justiz; L.E. Dihigo Cuttis; E. Lucas Vieito; Y. Medina Elijarde; A. León Matos; Y. Peña Matos, J. Horta de la Masa y Y. Alcalá Febles. Centro de Investigaciones para el Mejoramiento Animal de la Ganadería Tropical (CIMAGT), Cuba

BMA-53. Encalado e inoculación con Hongos Micorrízicos Arbusculares en *Macroptilium atropurpureum* cv. Siratro: Efectos en el sistema suelo–planta. Yunior Pérez González; P. J. González Cañizares; J. F. Ramírez Pedroso. Instituto de Ciencias Agrícolas (INCA), Cuba

BMA-54. Evaluación del efecto biológico de lactofermento de hojarasca forestal en *Crotalaria juncea* L. Yania Susnay Oropesa Scull, Aramis Soto Diaz, Leyma Rodríguez Navarro, Gertrudis Penton Fernandez. Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, Cuba

BMA-55. Optimización del biocarbón de marabú para uso agrícola: impacto de la filtración con lactofermentos en la liberación de iones y la estabilidad del carbono. Gertrudis Pentón-Fernández; A. Napoli; Loris Cagnacci; A. Soto-Díaz. Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey (EEPFIH), Cuba

BMA-56. Ficha técnico productiva - económica de bio-abonos promisorios basados en carbón y microorganismos autóctonos benéficos. Un primer acercamiento. Lisset Castaneda, Dayileiky Carrillo Jiménez, Julio Brunet Zulueta, Gertrudis Pentón Fernández. Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, Cuba

BMA-57. Efecto de dos sustratos y el bioproducto IHPLUS®BF sobre la emergencia y el comportamiento morfoagronómico en plántulas de *Cratylia argentea* en vivero. Yuván Contino-Esquijerosa; Adner Perdomo-Gómez; Jorge Jesús Reino-Molina; Mildrey Soca-Pérez y Odelín Brea-Maure. Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey (EEPFIH), Cuba

BMA-58. Germinación y desarrollo inicial de *Hibiscus cannabinus* L. con la aplicación de bioproductos. Carlos J. Bécquer; Adelaida B. Puentes; Leyanis López y Jorge Castro. Estación Experimental de Pastos y Forrajes de Sancti Spíritus, Cuba

BMA-59. Calidad de las semillas de *Leucaena leucocephala* L. bajo el efecto de diferentes bioproductos. Ismaray Revuelta Oramas; D. Domínguez Ortega; W. Ramírez Suárez; S. Sánchez Cárdenas; P. L. Mayoz Vegas; K. Hernández Pérez Corcho; A. Hernández Mijango; I. Castañeda Pimienta; R. Catalá Matías e Y. Manuel Fernández Moreno. Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey (EEPFIH), Cuba

BMA-60. Efecto de la pregerminación de semillas de maíz (*Zea mays* L.) en el bioproducto Caldo Sulfocálcico sobre la germinación de semillas y vigor de plántulas. Dayara Domínguez Ortega; Saray Sánchez Cárdenas; Ismaray Revuelta Oramas; Pedro Luis Mayoz Vega; Karen Hernández Pérez Corcho; Dayana Lascaiba Espinosa; Amado Miguel Hernández Mijangos. Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey (EEPFIH), Cuba

BMA-61. Temperatura óptima de germinación y patrón de imbibición en agua en semillas de *Leucaena leucocephala* cv. Cunningham. Jorge Reino Molina; Jorge Alberto Sánchez Rendon y Laura Montejo Valdez. Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey (EEPFIH), Cuba

BMA-62. Influencia del peso de las semillas gámicas y la concentración del medio MS en la germinación de *Cenchrus purpureus* CT-608. Josué Rodríguez Luis; M. Pérez Pérez; A. Abreu Cruz; M. Isidrón Pérez; Y. Medina Mesa; D. Fortes González; R. S. Herrera García y A. R. Hernández Montesinos. Universidad Agraria de la Habana (UNAH), Cuba

BMA-63. Influencia de las irradiaciones con 60Co en la longitud de la hoja y la germinación se semillas gámicas de *Cenchrus purpureus* CT-608. Andrés Raúl Hernández Montesinos; M. Isidrón Pérez; M. Pérez Pérez; A. Abreu Cruz; J. Rodríguez Luis; Y. Medina Mesa; Y. Rodríguez Perdomo; D. Fortes González y R. S. Herrera. Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba

BMA-64. Efecto del 2,4-D y variantes de combinaciones de fitohormonas en la inducción de callos en *Cenchrus purpureus* CT-608. Maiby Pérez Pérez; A. Abreu Cruz; M. Isidrón Pérez; N. González Ruiz; R. S. Herrera García y A. R. Hernández Montesinos. Universidad Agraria de la Habana (UNAH), Cuba

BMA-65. Sistema silvopastoril en fincas de producción ovino caprina como medida de enfrentamiento al Cambio Climático. F. Medinilla Nápoles; G. Sieiro Miranda; D. Portal Castillo; J. Medinilla Padrón; E. Rodríguez del Río y O. C. Álvarez Figueroa. Centro Meteorológico Provincial de Sancti Spíritus, INSMET, Cuba

BMA-66. Cálculo de indicadores ambientales para vacunos machos en pastoreo. Jorge Iraola y R. Dios-Palomares. Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba.

BMA-67. Clasificación del plano ambiental en vacunos carniceros con el empleo del análisis multivariado. Yusleiby Rodríguez Calvo; Y. García Hernández y J. Iraola Jeréz. Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba

BMA-68. Evidencias clínicas del efecto del estrés calórico en sementales Holstein y Siboney en la región oriental de Cuba. Eliecer Pérez Pineda, N. Fonseca Fuentes, J. Grizel. Universidad de Granma (UDG), Cuba

BMA-69. La producción de carne bovina y su impacto ambiental en la región este de la provincia Holguín. Renier Damián Ramírez González. Delegación Territorial de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA) Holguín, Cuba

BMA-70. Efecto de la temperatura ambiente sobre la producción de leche en vacas Cebú en la Cooperativa de Producción Agropecuaria (CPA) Juan González. Juan Carlos Valdivia Cruz; Alberto Menendez-Buxadera y Ramón Balmaceda Flores, Asociación Cubana de Producción Animal (ACPA) Sancti Spíritus, Cuba

BMA-71. Sombra natural como estrategia para atenuar el estrés calórico en vacas lecheras primíparas en el último tercio de gestación durante eventos extremos de temperatura. Celmira Saravia; V. Pereira-Bernasconi; R. Möller; C. Batista; L. Márquez; C. Munka; E. van Lier; L. Astigarraga; A. Álvarez-Oxiley. Estación Experimental de Facultad de Agronomía en Salto, Uruguay

BMA-72. Dinámica de la condición corporal de vacas mestizas (*Bos taurus* × *Bos indicus*) doble propósito bajo condiciones de producción en Camagüey, Cuba: efectos ambientales, de manejo e individuales sobre la diversidad de perfiles de adaptación. Boris Cormary; A. Brisset; M. Rodríguez Abreu; V. Pérez González; P. Salgado; G. Le Moguedec; B. Cloez; R. Pedraza Olivera; I. Sanchez; E. González-García. Universidad Montpellier, Francia

BMA-73. Avaliação Multitemporal da Resiliência Ecológica em Sistemas Silvipastoris Tropicais via Sensoriamento Remoto. E.C.T. Elaine Cristina Teixeira, Nara Tayna Veloso Borges; R. V. O. Castro; D. A.; Ladeira; G. M. Ataíde; G. E. Marcatti; R. L. Oliveira; I. D. B. Iran Dias Borges; Karina Toledo da Silva e Walter Jose Rodrigues Matrangolo. Universidade Federal de São João del Rei, Campus Sete Lagoas, Brasil

BMA-74. Efecto de los sistemas silvopastoriles intensivos (SSPi) sobre los factores de emisión del estiércol en sistemas bovinos bajo pastoreo en Colombia. Julián Esteban Rivera, Gonzalo H. Villegas, J. Chará. Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV), Cali, Colombia

BMA-75. Efecto de la disponibilidad del pasto *Urochloa brizantha* y *Leucaena leucocephala* sobre el consumo voluntario de materia seca de vacas en seca en sistemas silvopastoriles en el Trópico Peruano durante la época de lluvias. David Godoy Padilla; J. Velarde-Guillén; I. Molina Botero; L. Durand Chavez; C. Gómez Bravo. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú

BMA-76. Aporte en la flora arbórea al fitoclima y retención de carbono en paisaje silvopastoril de Camaguey, Cuba. Isael Pérez Cabrera; O. Loyola Hernández; V. Sánchez Jerez; D. Triana González. UCTB Estación Experimental Agroforestal Camagüey, Cuba

BMA-77. *Samanea saman* y el fitoclima local, deposición de hojarasca y retención de carbono en paisaje silvopastoril de Camaguey, Cuba. Y. de la C. Rodríguez Mendoza; I. Pérez Cabrera; O. Loyola Hernández; Ch. Vicente Castañeda; C. Puga Bolivar. UCTB Estación Experimental Agroforestal Camagüey, Cuba

BMA-78. Potencial de mitigación climática de tres cultivos proteicos en Mayabeque, Cuba. Yoel Rodríguez Gago y Nadia Báez Quiñones. Empresa de Proyectos e Ingeniería UEB Servicios Ingenieros Mayabeque, Cuba

BMA-79. Evaluación del potencial de mitigación de los sistemas silvopastoriles en la ganadería hondureña. C.V. Villanueva; C. Sepúlveda; H. Andrade; A. Vega; J.C. Flores; J. Jut Solorzano; E. García. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Costa Rica

BMA-80. ¿La presencia de componente arbóreo en un sistema mixto agricultura-ganadería mejora la resiliencia? Estudio de un caso en Camagüey. Ciro A. Ordoñez-Gómez; F. Stark F.; E. González-García; F. Álvarez; R. Pérez; R. Pedraza; P. Salgado. Universidad Montpellier, Francia

BMA-81. Análisis de herramientas para la estimación de gases de efecto invernadero (GEI) y su aplicación en sistemas de producción doble propósito en fincas ganaderas de la cuenca del río Jesús María, Costa Rica. Andrés Vega Fonseca. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Costa Rica

BMA-82. Inclusión de la harina de semillas de Ramón (*Brosimum alicastrum*) sobre la producción de gas y la degradabilidad in vitro. M. P. Utrilla-García, E. J. Pérez - Luna, I. A. Valdivieso-Pérez, J. Canul-Solís, E. Aguilar-Urquizo, S. G. Bautista-Parra, A. Pérez-Gutiérrez, V. G. Quintal-Solís, D. N. Arcos-Alvarez, Á. T. Piñeiro-Vázquez. Tecnológico Nacional de México/I.T. Conkal, Yucatán, México

BMA-83. Emisiones de metano de la ganadería vacuna en Cuba. Rosemary López Lee, M.C. Guerra Rojas, J. Blanco Lobaina, Y. Lamothe Crespo. Instituto de Meteorología, Cuba

BMA-84. Estimación de las emisiones de metano por fermentación entérica del ganado vacuno en ordeño de una vaquería en Pinar del Río, Cuba. Yudith Lamothe-Crespo; M. del C. Guerra-Rojas; L. E. Dihigo-Cuttis; J. M. Sánchez-Pellitero; R. López Lee; J. Yao y J. Zhang. Centro de Investigaciones para el Mejoramiento Animal de la Ganadería Tropical (CIMAGT), Cuba

BMA-85. Fortaleciendo las capacidades para la acción climática en la ganadería. Proyecto CBIT-AFOLU en Cuba. Janet Blanco Lobaina; Y. Lamothe Crespo y Y. Lamothe Crespo. Instituto de Investigaciones de Pastos y Forrajes (IIPF), Cuba

BMA-86. Implementación de proyectos de capacitación en sistemas agroforestales y silvopastoriles en entidades productivas y centros educacionales de la provincia Las Tunas. Yanelys N. Garcés Franco, J L. Rivero Moreno y M. Cobas Milián. Asociación Cubana de Producción Animal (ACPA), Las Tunas, Cuba

BMA-87. La ciencia, la tecnología y el conocimiento en función de la reproducción bovina en las condiciones edafoclimáticas de Las Tunas. Cuba. Jorge Luis Rivero Moreno y Á. M. González Espinosa. Estación de Pastos y Forrajes Las Tunas, Cuba

BMA-88. Análisis de la producción científica sobre tres plantas proteicas. Nayda Armengol-López. Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey (EEPFIH), Cuba

BMA-89. Transición agroecológica y diversificación: Estrategia para la resiliencia y sostenibilidad de la producción y la investigación en la Granja DITA, Instituto de Ciencia Animal, Cuba. Rafael Rodríguez; M.F. Díaz; B. Rodríguez; A. Ulloa-Fraga; J. Ortega; D. Fortes; T.E. Ruiz; L. Ayala; K. Hidalgo; N. Albelo; J.L. Guerra; L. Estanquero; A. Ulloa; M.F. Hernández. Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba

DESARROLLO DE LAS CADENAS DE VALOR EQUITATIVAS Y SOSTENIBLES ASOCIADAS A LOS SISTEMAS SILVOPASTORILES Y ALIMENTARIOS

Coordinadores: Dr. C. Areadne Sosa Ceijas. Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba
Dr. C. Jorge Iraola Jeréz. Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba

Jueves 23	**Sala EF**
8:30 am-10:30 am	**Sesión. Desarrollo de las cadenas de valor equitativas y sostenibles asociadas a los sistemas silvopastoriles y alimentarios** **Moderador:** Dr. C. Jorge Iraola Jeréz. Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba **Secretario:** Dr. C. Juan Carlos Flores López. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Costa Rica **Conferencia**
8:30 am-8:50 am	**Conferencia** **CV-01. Productividad y sinergias entre forestación y ganadería en cadenas de valor integradas.** Dr. C. Álvaro Simeone, Universidad de la República (UdelaR), Uruguay
8:50 am-9:00 am	**Debate**
9:00 am-9:40 am	**Presentación de ponencias cortas**
9:00 am-9:10 am	**CV-02. Cadena de valor en la producción de aceite de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) en Cuba.** Mabel Villanueva Domínguez. Centro de Investigaciones en Plantas Proteicas y Productos Bionaturales (CIPB), Cuba.
9:10 am-9:20 am	**CV-03. Análisis técnico económico de la producción de leche en fincas familiares de la cuenca del río Guayas, Ecuador, en función del desarrollo local.** Roberto Pauta Ríos. Universidad Técnica de Babahoyo, Ecuador.
9:20 am-9:30 am	**CV-04. Mecanismo financiero integrado para acelerar la adopción de sistemas silvopastoriles en Honduras: innovación, gobernanza y vinculación territorial**. Juan Carlos Flores López. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Costa Rica.
9:30 am-9:40 am	**CV-05. Contribución al desarrollo de cadenas de valor durante la implementación del Proyecto MAS**. Niurka Puig Rosales. Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical Alejandro de Humboldt (INIFAT), Cuba
9:40 am-9:50 am	**Debate de ponencias cortas**
9:50 am-10:30 am	**Taller debate de póster del CV-06 al CV-24**
10:30 am-1:30 pm	**Sesión. Municipalización de la cadena de ganado menor** **Moderadora:** Maruchi Alonso. Directora Nacional de SAS, Cuba **Secretaria:** Aymara Hernández. Oficial de proyectos de transformación productiva del PNUD, Cuba **Conferencias**
10:30 am-10:50 am	**CV-25. Política agraria en Cuba en apoyo a la producción de ganado menor y la sostenibilidad de los sistemas silvopastoriles.** Yelitza Ramos Brito. Dirección Jurídica del MINAG, Cuba. Proyecto POSAS.
10:50 am-11:10 am	**CV-26. Resultados de la implementación del Sistema Integral de Gestión del Conocimiento para la formación de capacidades en la cadena de ganado menor.** Jorge Acosta Albiol. Centro de Investigaciones para el Mejoramiento Animal de la Ganadería Tropical (CIMAGT), Cuba
11:10 am-11:30 am	**CV-27. Programa de desarrollo de la cadena de ganado menor. Proyección para apoyar su proceso de municipalización.** Daniel Gómez. Empresa de Ganado Menor (EGAME), Cuba
11:30 am-11:50 am	**CV-28. Oportunidades y desafíos en entornos municipales para de producción sostenible de ganado menor**. Enrique Murgueitio Restrepo. Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV), Colombia
11:50 am-12:40 pm	**Intercambio sobre las oportunidades y desafíos en el proceso de municipalización de la cadena de ganado en Cuba. Experiencias desde las voces de los diferentes actores vinculados al desarrollo de esta cadena.**
12:40 pm-1:30 pm	**Taller debate de póster del CV-29 al CV-33**

Póster

CV-06. Caracterización socio-productiva de cerdos y cabras localmente adaptadas en sistemas silvopastoriles en dos provincias de Cuba. T. Sánchez Santana; I. Urrutia Hernández; A. P. Crespo; I. Hernández Venereo; E. Somarriba Chávez; M. Rizo Álvarez; D. Camejo Rodríguez; Y. Pérez-Rodríguez y Á. Calzada-Diaz de Villega. Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey (EEPFIH), Cuba

CV-07. Caracterización de la cadena productiva del Cerdo Criollo Bellotero en sistemas silvopastoriles en el Municipio Viñales, Pinar del Río. R. Paredes Sánchez; I. Urrutia Hernández y T. Sánchez Santana. Centro Universitario Municipal Viñales (CUM), Cuba

CV-08. Diagnóstico de fincas ganaderas y forestales del municipio Habana del Este para el establecimiento de sistemas silvopastoriles y forestería análoga. O. Andérez Ramos; M. Vega León; G. Chon; V. Leiva González y A. Castellanos Quintero. Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical Alejandro de Humboldt (INIFAT), Cuba

CV-09. Diagnóstico integral de tres unidades lecheras del Instituto de Ciencia Animal. A. Sosa Ceijas; R. J. García López; J. Alonso Lazo; A. Hernández Rodríguez; R. O. Martínez Zubiaur; D. Fortes González; R. Rodríguez Hernández; D. Valenciaga Gutiérrez; J. Galindo Blanco; I. Rodríguez García; T. Pérez Pérez; K. Díaz Gómez; M. A. Santana Gómez; M. R. González Medina y J. M. Rodríguez Mora. Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba

CV-10. Gestión ambiental sostenible: una propuesta de indicadores de evaluación a tres unidades lecheras del Instituto de Ciencia Animal. K. Díaz Gómez; A. Sosa Ceijas y B. Garea Moreda. Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba

CV-11. Análisis de peligros y puntos críticos de control para la leche producida en las vaquerías del Instituto de Ciencia Animal. M. A. Santana Gómez; A. Sosa Ceijas; A. Peláez Casas y M. González Rosa. Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba

CV-12. Desenvolvimento de procedimento ETL automatizado para análise temporal e espacial de sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta no Brasil. G. E. Marcatti; F. K. Q. Bonatti; G. M. Ataíde; R. V. O. Castro; R. L. Oliveira y E. C. Teixeira. Universidad Federal de São João del-Rei, Brasil

CV-13. Percepción de los consumidores de productos derivados de sistemas silvopastorales: El caso del cerdo ibérico en España. P. Gaspar García; C. Díaz-Caro; I. del Puerto; A. Ortiz; D. Tejerina y M. Escribano. Universidad de Extremadura, España

CV-14. Huella de carbono y preferencias de los consumidores por la carne de vacuno en España. J. M. Martínez-Paz; O. Lami; F. J. Mesías; C. Balas; C. Díaz; M. Escribano y A. Horrillo. Universidad de Murcia, España

CV-15. Vigilancia sobre fitolitos en comunidades vegetales para pastoreo. Contribución a la gestión de proyecto. D. Roque Chao; J. Alonso Lazo y N. C. Oliveira Pires. Empresa de Telecomunicaciones de Cuba (ETECSA), Cuba

CV-16. Resultados económicos del empleo de harina de palmiche en la alimentación de pollos de engorde. N. Báez Quiñonez; M. Martínez Pérez y B. Rodríguez Sánchez. Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba

CV-17. Progreso económico de la comunidad de Piedemonte Llanero en la transformación de sabanas nativas a sistemas ganaderos sostenibles. S. Garay-Rodríguez; A. Gnecco-Lizcano y A. Silva-Parra. Universidad de los Llanos, Colombia

CV-18. Intensificación sostenible de la ganadería en la Amazonía posconflicto: impactos sobre el rendimiento de biomasa, la producción de leche y la incidencia de mastitis subclínica. A. Montoya-Rodríguez; M. Sotelo; V. Rivera; J. G. Ortiz; A. Marin y J. Arango. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Colombia

CV-19. Crecimiento y producción de carbono de diferentes clones de *Eucalyptus* sp. en sistemas silvopastoriles en Brasil. G. S. C. Lima; R. V. O. Castro; G. M. Ataíde; G. E. Marcatti; E. C. Teixeira y R. L. Oliveira. Universidad Federal de São João del-Rei, Brasil

CV-20. Modelagem de distribuição diamétrica de *Eucalyptus* spp. em sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta no Brasil. R. V. O. Castro; D. A. Ladeira; G. M. Ataíde; G. E. Marcatti; E. C. Teixeira; R. L. Oliveira; M. R. Albuquerque Filho; M. C. T. Silveira y F. C. Santos. Universidad Federal de São João del-Rei, Brasil

CV-21. Prueba de imbibición y valor nutricional de semillas forrajeras: trébol rojo, avena sativa, remolacha forrajera y raigrass, como indicadores de calidad. E. Insuaty Santacruz; H. Ojeda Jurado; O. F. Benavides Espindola y H. Jurado Gamez. Universidad de Nariño, Colombia

CV-22. Búfalo de agua en Cuba: Actualidad y perspectiva para el desarrollo productivo en la cadena de valores de la leche y carne de búfalos. D. Moré Oduardo y J. Rodríguez García. Dirección de Ganadería, Ministerio de la Agricultura, Cuba

CV-23. Evaluación genética de búfalas para producción lechera en la región occidental de Cuba. L. Aguiar; Y. García; L. M. Fraga y M. Mora. Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba

CV-24. Estudio comparativo de monocultivo con *Megathyrsus maximus* y concentrado contra un Sistema silvopastoril *Megathyrsus maximus y Leucaena leucocephala* para la producción de leche. F. A. L. García Soldevilla. Instituto de Investigaciones de Pastos y Forrajes. Cuba

CV-29. Impacto ambiental del manejo sostenible de recursos fito y zoogenéticos en áreas protegidas. A. Socorro García; O. Guzmán Proenza; N. Puig Rosales; L. Fernández Granda y D. Sosa Mirabal. Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical "Alejandro de Humboldt" (INIFAT), Cuba. Proyecto COBIMAS

CV-30. Rescate de la cabra criolla como recurso zoogenético, vinculado a la producción lechera en áreas protegidas. D. C. Sosa Mirabal; L. Interian Álvarez; Z. Lopez Abreu; N. Díaz Martínez; R. Denis García; J. Ranciel Collazo; M. Interian; Y. Marrero y E. Galvan. Centro de Investigaciones para el Mejoramiento Animal de la Ganadería Tropical (CIMAGT), Cuba. Proyecto COBIMAS

CV-31. Impacto de la silvicultura en la Ciénaga de Zapata a través de las acciones del proyecto COBIMAS. A. Fuentes Arcia. Empresa para la Conservación de la Ciénaga de Zapata (ECOCIEZAP), Cuba. Proyecto COBIMAS

CV-32. Finca Soler como oportunidad de negocios para la comercialización de quesos al sector turístico en el norte espirituano. M. Santos Jiménez; Y. Morales Díaz; Y. Yanes Méndez e I. García Viamontes. Empresa Flora y Fauna. Sancti Spíritus, Cuba. Proyecto COBIMAS

CV-33. Aportes de los servicios veterinarios en la implementación del Sistema Integrado de Gestión del Conocimiento (SIGC). Caso estudio Villa Clara. Y. Sáez Sarria y A. Y. Borges Espinos. Instituto de Investigaciones Porcinas (IIP), Cuba. Proyecto CONSAS

FERIA DE CONOCIMIENTOS SOBRE AGROECOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE

Coordinador: Dr. C. Giraldo J. Martín Martín, Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey

Jueves 23	**Sala C**
8:30 am -8:45 am	**Apertura de la Feria del Conocimiento sobre Agroecología y Medio Ambiente** Palabras de Tomas Escobar Herrera, Coordinador general PPD Palabras de Giraldo J. Martín Martín, Coordinador técnico de la Feria, Investigador Titular de la EEPFIH.
8:45 am -10:05 am	**Presentaciones de 15 minutos de los seis proyectos PPD** **Moderador**: Tomas Escobar Herrera. Coordinador proyectos PPD-PNUD, Cuba **Secretaria**: Yelenys Alvarado Capó, Instituto de Biotecnología de la Plantas de la Universidad Central Marta Abreu de Las Villas, Cuba
8:45 am -8:55 am	**Ponencias cortas** **FCA-01**. **Acciones comunitarias para la conservación de la biodiversidad ante los efectos del cambio climático al Sur del municipio Artemisa.** MSc. Alexis Argudin Pereira. Proyecto PPD Las Cañas. Artemisa
8:55 am -9:05 am	**FCA-02. Obtención de un fertilizante ecológico a partir de los residuos de *Thalassia testudinum*.** Hernández Rivera, Y. Instituto de Ciencias del Mar (ICIMAR), La Habana, Cuba.
9:05 am -9:15 am	**FCA-03. Iniciativas de desarrollo local como parte del fortalecimiento del desempeño ambiental en la gestión de fincas agroecológicas y valoración de las cadenas gestadas en Geoparque Viñales.** R. Romero Miranda. Geoparque Viñales. Cuba.
9:15 am -9:30 am	**FCA-04. Transferencia de cultivares mejorados y tecnologías ecoeficientes para potenciar el desarrollo sostenible y la adaptación al cambio climático en la Cooperativa de Créditos y Servicios Niceto Pérez, municipio Güira de Melena**. Mirella Acosta Lorenzo. Proyecto PPD-PNUD El Junco, CCS Niceto Pérez, Güira de Melena, Artemisa, Cuba.
9:30 am -9:45 am	**FCA-05. El proyecto Clim@s y su impacto en la transición agroecológica de la agricultura familiar en un municipio cubano.** Leidy Casimiro Rodríguez. Universidad de Sancti Spíritus, Cuba
9:45 am -9:55 am	**FCA-06. Creación de capacidades para extender la agroecología en fincas familiares de Cuba.** G. J. Martín Martín. Investigador Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey (EEPFIH), Universidad de Matanzas, Cuba
9:55 am -10:05 am	**FCA-07. Fortalecimiento de la gobernanza local para la territorialización de la agroecología en Cuba.** Leidy Casimiro Rodríguez. Universidad de Sancti Spíritus, Cuba
10:05 am -11:30 am	**Debate**
11:30 am -1:00 pm	**Trabajo grupal sobre el cultivo de papa con prácticas agroecológicas** **Moderador:** Fabio Fajardo Moro. Asesor proyectos PPD-PNUD, Cuba **Secretaria**: Leidy Casimiro Rodríguez, UNISS **Grupo I:** Variedades y semillas. Coordina Marisol Freire, Instituto de Biotecnología de las Plantas **Grupo II.** Nutrición de plantas. Coordina Francisco Reyes, investigador EEPFIH **Grupo III.** Manejo integrado de plagas y enfermedades. Coordina Elaisis Milán Leiva, UEICA Holguín. **Grupo IV.** Cosecha y comercialización de los tubérculos. Coordina Servando Martínez Hernández, especialista Cultivos varios MINAG Sancti Spíritus
Viernes 24	**Sala C**
8:30 am -11:30 am	**Moderador:** Fabio Fajardo Moro. Asesor proyectos PPD-PNUD, Cuba **Secretaria:** Marisol Freire. Instituto de Biotecnología de las Plantas, Cuba **Presentación de los trabajos grupales y debate en plenaria.**
11:30 am -12:00 m	**Presentación y entrega a los participantes del folleto actualizado sobre el cultivo de papa con prácticas agroecológicas.**
Clausura de la Feria	

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS: UN RETO EN LA ACTIVIDAD AGROPECUARIA ACTUAL Y FUTURA

Coordinadores: Dr. C. Jatnel Alonso Lazo. Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba
Dr. C. Sandra Lok Mejías, Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba

Viernes 24	**Sala B**
8:30 am -9:40 am	**Sesión. Servicios Ecosistémicos: Un reto en la actividad agropecuaria actual y futura** **Moderador (a)**: Dr. C. Jatnel Alonso Lazo. Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba **Secretario (a)**: Dr. C. Sandra Lok Mejías, Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba **Conferencias**
8:30 am -8:50 am	**SE-01**. **Sistemas silvopastoriles biodiversos y la restauración ecológica de agroecosistemas: una respuesta ganadera regenerativa a la emergencia climática.** PhD. Abdon Schmitt Filho. Universidade Federal de Santa Catarina**,** Brasil.
8:50 am -9:10 am	**SE-02. Sistemas silvopastoriles: Multifuncionalidad y evaluación integral para la sostenibilidad.** PhD. Julián Chará. Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria, Colombia.
9:10 am -9:30 am	**SE-03. Servicios ecosistémicos y evaluación de prácticas agrícolas para la adaptación y mitigación del cambio climático.** Drs. J.M. Martínez-Paz; V. Martínez-García y F. Alcon. Departamento de Economía Aplicada, Campus de Espinardo, Universidad de Murcia, España.
9:30 am -9:45 am	**Debate**
9:45 am -10:50 am	**Mesa Redonda: Comunidades vegetales para pastoreo: Enfoques para su manejo.** **Moderadora**: Dr. C. Hilda B. Wencomo-Cárdenas. Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey (EEPFIH), Cuba **Secretaria**: Sra. Erika Mayerly Celis Celis. Universidad Industrial de Santander Sede Málaga. Colombia. **Presentación de ponencias cortas**
9:45 am -10:00 am	**SE-04 y SE-05. Sostenibilidad pecuaria de la ganadería bovina de doble propósito de Dajabón y Santiago Rodríguez, República Dominicana.** Núñez Ramos, P.A.; Pulido-Blanco, V.C.; Wagner, B.; Rodríguez Madera, R.G.; Thomas Rodríguez, A.M.; Frías Muñoz, R.E; Guzmán, J.C. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA). República Dominicana.
10:00 am -10:15 am	**SE-06. Variación Temporal de Indicadores Fitosociológicos en una Comunidad Vegetal Sometida a Pastoreo.** Lázaro Castro Hernández, Jatnel Alonso Lazo, Daiky Valenciaga Gutiérrez. Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba
10:15 am -10:30 am	**SE-07. Contribución del manejo agroecológico de sistemas ganaderos intensivos a la reducción de los límites planetarios en Cuba.** Milagros de la C. Milera; Saray Sánchez; Mildrey Soca y Osmel Alonso. Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey (EEPFIH), Cuba.
10:30 am -10:50 am	**Debate de ponencias cortas y póster: SE-08 al SE-12**
10:50 am -12:00 am	**Panel-Debate: Los agroecosistemas con árboles: Estrategias de inversiones climáticas en la ganadería** **Moderador**: Dr. C. Pablo L. Peri. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) Santa Cruz. Universidad Nacional de la Patagonia Austral (UNPA)-CONICET, Río Gallegos, Santa Cruz, Argentina. **Secretaria**: MSc. Wendy Mercedes Ramírez Suárez. Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey (EEPFIH), Cuba. **Presentación de ponencias cortas**
10:50 am -11:00 am	**SE-13. Mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero mediante prácticas silvopastoriles en Honduras: análisis de simulaciones del Proyecto MAF-Ganadería-HN.** Juan Carlos Flores. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Costa Rica.

11:00 am -11:10 am	**SE-14. Atributos microbiológicos em diferentes sistemas de produção no Cerrado.** Silva, L.M. Instituto de Ciências Agrárias (ICA), Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Campus Montes Claros, Brasil.
11:10 am -11:20 am	**SE-15. Reservas de carbono y nitrógeno del suelo en sistemas silvopastoriles tradicionales del trópico de México.** A. I. Gutiérrez-López. Tecnológico Nacional de México Campus IT de la Zona Maya, México.
11:20 am -11:30 am	**SE-16. Diagnóstico cromatográfico da qualidade biológica do solo em sistemas agrossilvipastoris: uma abordagem agroecológica visual.** Elaine Cristina Teixeira. Universidade Federal de São João del Rei, Campus Sete Lagoas, Brasil.
11:30 am -12:00 pm	**Debate de ponencias cortas y póster SE-17 al SE-36**

PÓSTER

Mesa Redonda: Comunidades vegetales para pastoreo: Enfoques para su manejo

SE-08. Especies del trópico alto con potencial forrajero. Cristhian Camilo Otero Ayala; Julián Mauricio Botero Londoño; Jesús Francisco Nier Obregón y Franklin Alexander Sepúlveda Sepúlveda. Universidad Industrial de Santander Sede Málaga, Colombia

SE-09. Potencial bioativo das folhas de Caryocar brasiliense Cambess. remanescentes em áreas de pastagem no Cerrado. Nogueira, A. S.; Araújo, E. O.; Silva, L. M. e Martins, E. R. Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil.

SE-10. Diversidad estructural y uso ganadero como determinantes de la regeneración de bosques de *Austrocedrus chilensis* en la Patagonia argentina. N. M. Bistolfi; O. P. E. Cortés Pérez; P. Blazina; P. L. Peri; M. Barrera y M. M. Amoroso. Instituto de Investigaciones en Recursos Naturales, Agroecología y Desarrollo Rural, Universidad Nacional de Río Negro, Argentina

SE-11. Especies arbustivas con potencial forrajero, similitudes nutricionales y germinativas cercanas a *Sambucus nigra L* para implementar en un SSP en un paisaje Altoandino. Blanca Nidya Tibaná Chaparro, Diana del Socorro Daza Ardila. Facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia

SE-12. Comportamiento fenológico y patrón de floración de *Jatropha curcas* L. Hilda B. Wencomo-Cárdenas y Julia C. Cáceres-Amores. Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, Cuba

Panel. Los agroecosistemas con árboles: Estrategias de inversiones climáticas en la ganadería

SE-17. Efecto de la fertilización en la producción y absorción de nutrientes de la *Trichanthera gigantea*. Julián Mauricio Botero Londoño; Erika Mayerly Celis Celis; Franklin Alexander Sepúlveda Sepúlveda; Laura Yiceth Sanabria Medina y Mónica Andrea Botero Londoño. Universidad Industrial de Santander Sede Málaga, Colombia

SE-18. Compactación de un oxisol de piedemonte por efecto de sistemas de pasturas. Silva-Parra, A.; Sánchez-García, M. C.; Trujillo-González, J. M. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Universidad de los Llanos, Colombia

SE-19. Nanozeolita en la producción intensiva de gramíneas: efectos sobre la producción de biomasa, calidad nutricional, captura de carbono, emisiones edáficas de CO_2 y eficiencia en el uso del nitrógeno. Julián Mauricio Botero Londoño; Laura Yiceth Sanabria Medina; Cristhian Camilo Otero Ayala; Mónica Andrea Botero Londoño. Universidad Industrial de Santander Sede Málaga, Colombia

SE-20. Los sistemas silvopastoriles de *Nothofagus antarctica* contribuyen a la producción y fijación biológica de N en Patagonia sur, Argentina. Mayo J. P.; Christiansen R.; Toledo S.; Bahamonde H.; Collino D. y Peri P. L. Universidad Nacional de la Patagonia Austral, Argentina

SE-21. Efecto de la implementación de un sistema silvopastoril con *Megathyrsus maximus* cv. Mombasa y *Leucaena leucocephala* sobre la producción de biomasa y captura de carbono en un bosque seco tropical. Julián Mauricio Botero Londoño; Edward Geovanny Aponte Cardenas; Erika Mayerly Celis Celis; Cristhian Camilo Otero Ayala y Franklin Alexander Sepúlveda Sepúlveda. Universidad Industrial de Santander Sede Málaga, Colombia

SE-22. Influencia del cambio de uso del suelo en los indicadores físicos, químicos y biológicos en áreas de la UEB Ganadera Ciro Frías. K. Alvarado Ruffo y A. Blanco Imbert. Facultad Agroforestal de la Universidad de Guantánamo, Cuba

SE-23. Sellamiento del suelo en diferentes sistemas de pasturas de un Oxisol de piedemonte. Silva-Parra, A.; Arango-Acosta, G.A; Gnecco-Lizcano, A.M. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Universidad de los Llanos, Colombia

SE-24. Efecto de un sistema silvopastoril con leucaena sobre la disponibilidad de nitrógeno y fósforo edáfico en el Valle del Cauca, Colombia. J. Chará; J. E. Rivera; G. Villegas; C. H. Molina; E. J. Molina; J. J. Molina; M. Bastidas; J. C. Cerón; J. Arango. Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria, Colombia

SE-25. Condiciones medioambientales asociadas al estrés por calor y al bienestar animal en sistemas silvopastoriles de diferentes regiones de Argentina. M Zimerman; P Re; L Colcombet; A Moller; M Loto; V Solís; R Fernández; J Lara; M Rabello; A Viana; R Waidelich. Instituto de Investigación Animal del Chaco Semiárido Leales, Argentina

SE-26. Capacidad de Carga Turística de un sendero interpretativo. Bertha Rita Castillo Edua; Ana Lucia Corrales García; Armando Marcelino Pi Crespo. Centro de Estudios Forestales de la Universidad de Pinar del Río Hermanos Saíz Montes de Oca, Cuba

SE-27. Descomposición de las excretas y su relación con la dinámica parasitológica de nematodos gastrointestinales de bovinos en sistemas silvopastoriles. Mildrey Soca-Pérez; Anobel Aguilar-Hernández y Yaima Roche-Guerrero. Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey. Universidad de Matanzas, Cuba

SE-28. Comportamiento del cultivar c86-12 a la fertilización potásica en suelo ferralítico rojo típico. Desiré Baigorría Padrón; Javier Rodríguez García; Tania Casero Rodríguez. Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar, Cuba

SE-29. Niveles y métodos de aplicación de Azotobacter chroococcum en el rendimiento de biomasa en Morera (*Morus alba*). F. A. L. García Soldevilla; Rosa García y Luis R. Valdez. Instituto de investigaciones de Pastos y Forrajes, Cuba

SE-30. El vermicompostaje como técnica de ingeniería ecológica y de economía circular para mejorar la sostenibilidad de los viñedos y la salud del suelo y las vides. J. Domínguez. Universidad de Vigo, España

SE-31. Estructura ecológica, valor nutricional y almacenamiento de carbono en sistemas silvopastoriles y convencionales en la región amazónica del Perú. G Romero Delgado; W Altamirano Gutiérrez; R Zárate Díaz; M Durand Chavez y C Gómez Bravo. Departamento Académico de Nutrición, Facultad de Zootecnia, Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú

SE-32. Balance de carbono en arreglos silvopastoriles (SSP) orientados al levante y ceba bovina en una región de bosque seco tropical colombiano. Gonzalo Villegas, Julián Esteban Rivera, Julián Chará, Rolando Barahona, Guillermo Correa. Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria. Colombia

SE-33. Balance de carbono en sistemas ganaderos regenerativos del Chaco paraguayo: un análisis exploratorio. Vega, A.; Sanabria, J. P.; Benegas, L y Sepúlveda, C. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Costa Rica.

SE-34. Biomass production and carbon accumulation of Eucalyptus urograndis in an intensive silvopastoral system in southeastern Brazil. Helena Ansanello Koury and Ciro Abbud Righi. Escola Superior de Ensino Luiz de Queiroz, Brasil

SE-35. Carbono retenido mediante análisis dasométricos en sistemas silvopastoriles en áreas de intervención del proyecto Cienpinos en Viñales. Beatriz Rodriguez-Alfaro; Isyoel Urrutia-Hernández; Arnaldo F. Álvarez-Brito; Alicia Mercadet-Portillo; Tania Sánchez-Santana; Yoeslin Urrutia Hernández; Yosvany Fleitas-Camacho. Instituto de Investigaciones Agroforestales. La Habana. Estación Experimental Agro-Forestal Viñales. Pinar del Río, Cuba

SE-36. Evaluación del secuestro de carbono orgánico de suelo en dos sistemas: silvopastoril y pastizal. Wendy Mercedes Ramírez Suárez; Saray Sánchez Cárdenas y Yoansy García Ortega. Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey (EEPFIH), Universidad de Matanzas, Cuba

EQUIDAD, RESILIENCIA Y DESARROLLO RURAL

Coordinadores: Dr. C. Dayleni Fortes González. Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba
MSc. Saray Díaz Barrios. Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba
MSc. Andrés Raúl Hernández Montesino. Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba

Viernes 24	Sala D
8:30 am-10:00 am	**Sesión. Equidad, Resiliencia y Desarrollo Rural** **Presidente:** Dr. C. Lázaro Díaz Fariñas. Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales-Programa Cuba (FLACSO-Cuba), Universidad de La Habana, Cuba. **Secretaria:** Dr. C. Zoe Medina Valdés. Facultad de Economía, Universidad de La Habana, Cuba.
8:30 am-8:55 am	**DR-01. Conferencia. Los problemas demográficos en el desarrollo rural social-comunitario sostenible: importancia para las comunidades ganaderas**. Dr. C. Lázaro Díaz Fariñas. Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales-Programa Cuba (FLACSO-Cuba), Universidad de La Habana, Cuba.
8:55 am- 9:05 am	**Presentación de ponencias cortas** **DR-02. La seguridad en el desarrollo rural social-comunitario: importancia para la ganadería cubana.** Dr. C. Zoe Medina Valdés. Facultad de Economía, Universidad de La Habana, Cuba.
9:05 am-9:15 am	**DR-03. Los sistemas agroforestales en el desarrollo científico, técnico y social de Cuba.** M. M. Jiménez-Águila. Instituto de Investigaciones Agroforestales (INAF), Cuba.
9:15 am-9:25 am	**DR-04. Percepciones, actitudes, tradiciones campesinas y sostenibilidad social de fincas diversificadas con ganado vacuno en Camagüey, Cuba.** Anai Guerra Labrada. Departamento de Psicología Sociología. Facultad de Ciencias Sociales. Universidad de Camagüey Ignacio Agramonte Loynaz. Cuba.
9.25 - 9-35 am	**DR-05. EPAM y CAPacc: Estrategia sobre reproducción cultural como componente de la sostenibilidad agraria en Mayabeque**. MSc. Alfredo González Marrero. Centro de Estudios para la Gestión del Desarrollo, Universidad Agraria de La Habana. Mayabeque, Cuba.
9:35 am-10:00 am	**Debate de la conferencia, ponencias cortas (DR-02 a DR-05) y Póster (DR-06 al DR-08)**

Póster

DR-06. Propuesta de pautas para la gestión de comunicación para el desarrollo y el cambio social en el proyecto de desarrollo local económico productivo con enfoque en el agro-turismo "El Batey de San Pedro" en Corralillo, Villa Clara. M. Rigñack Fraga y L. N. Calvo González. Facultad de Comunicación, Universidad de La Habana, Cuba

DR-07. Buenas prácticas comunicativas del Proyecto internacional: Modelos pilotos, horizontales y sostenibles, de gestión del conocimiento y transferencia de tecnología en Agroecología. D. Tortolo Betancourt; Y. Contino Esquijerosa; N. Puig Rosales y R. Acosta Roca. Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey (EEPFIH), Universidad de Matanzas, Cuba

DR-08. Impacto social en la transformación de sabanas nativas a pasturas mejoradas y/o sistemas silvopastoriles. A. Gnecco-Lizcano. Facultad de Ciencias Humanas y de la Educación, Universidad de los Llanos, Colombia

TALLER: MITIGACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL POR LA UTILIZACIÓN DE LOS SUBPRODUCTOS Y RESIDUOS AGROINDUSTRIALES PARA LA PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS (PROYECTO MICA)

Coordinadora: Dr. C. Arelys Vázquez Peña, Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba

Viernes 24	**Sala D**
10:00 am -12:00 pm	**Sesión. Taller del Proyecto MICA**. **Moderadora:** Dr. C. Arelys Vázquez Peña. Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba **Secretaria:** Dr. C. Maryen Alberto Vázquez. Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba **Conferencia**.
10:00 am -10:20 am	**PMICA-01. Proyecto MICA. Modelo de gestión con responsabilidad social para el manejo integral de residuos de la producción de azúcar, alcoholes y bebidas espirituosas.** Dr. C. Arelys Vázquez Peña. Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba
10:20 am -10:30 am	**PMICA-02. Proyecto MICA para la provincia de Mayabeque**. MSc. Terina García Davis. Delegada del CITMA Mayabeque, Cuba
10:30 am -10:40 am	**PMICA-03. Proyecto MICA para *Havana Club International S.A.*** MSc. Marelis Albuerne Rizo. Empresa Havana Club International. S.A, Cuba
10:40 am -10:50 am	**PMICA-04. Caracterización de subproductos y residuos agroindustriales**. Dr. C. Maryen Alberto Vázquez. Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba
10:50 am - 11:05 am	**PMICA-05**. **Vinaza de destilería una mirada desde la producción animal.** Dr. C. Katia Hidalgo Salomón. Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba
11:05 am - 11:20 am	**PMICA-06. Efecto de vinaza y mosto mineral de destilería de Ronera *Havana Club*, como suplemento en la producción animal.** Dr. C. Delfín Gutiérrez González. Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba
11:20 am -11:25 am	**Debate**
11:25 am -11:40 am	**PMICA-07. Ciclo cerrado en la agroindustria de la caña de azúcar como paradigma en la protección ambiental y producción de alimentos y energía.** MSc. Javier Rodríguez García. Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA), Cuba
11:40 am -11:50 am	**PMICA-08. Resultados de la aplicación de vinaza en la UBPC Pablo Noriega**. Jorge M. Sosa Escalona. Azcuba Mayabeque, Cuba
11:50 am -12:00 m	**Debate**



SILVOPASTOREO, PRODUCCIÓN ANIMAL Y CAMBIO CLIMÁTICO

MODERADOR:

Dr. C. Luis A. Hernández Olivera, Director General
Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey (EEPFIH), Cuba

2025
SILVOPAT

ISBN: 978-959-7171-88-1
Cu-ID: https://cu-id.com/book/978-959-7171-88-1



TABLA DE CONTENIDO

SI-01. Los sistemas silvopastoriles como respuestas naturales a problemas globales y locales 2
SI-02. Manejo del Pastoreo en Sistemas Silvopastoriles de Mesoamérica 10
SI-03. Producción animal sostenible. Alternativas desde la Ciencia y la Innovación de Cuba 14

SILVOPAT – 2025 | ICA | ISBN: 978-959-7171-88-1 | Cu-ID: https://cu-id.com/book/978-959-7171-88-1

SI-01. Los sistemas silvopastoriles como respuestas naturales a problemas globales y locales

Silvopastoral systems as natural responses to global and local problems

Murgueitio Restrepo Enrique

Director Ejecutivo CIPAV, Colombia

Correspondencia a: enriquem@fun.cipav.org

RESUMEN

La investigación y la aplicación en campo de modelos de ganadería sostenible basada en principios de la Agroecología en América Latina y el Caribe tiene en los Sistemas Agroforestales y Silvopastoriles unas de las más destacadas soluciones simultánea a los problemas contemporáneos. Concebidos como una "Caja de Herramientas" de alta diversidad e innovación, estos sistemas pueden incrementar la producción de alimentos esenciales de alta calidad con aportes a la salud humana, al tiempo que mitigan las emisiones de Gases de Efecto de Invernadero, favorecen la adaptación y resiliencia climática y generan nuevas formas de restaurar los territorios donde se incrementa la biodiversidad, los servicios hidrológicos y otros procesos naturales. Este texto revisa aportes recientes de la investigación e iniciativas de aplicación de ganadería sostenible silvopastoril en la región que confirman y consolidan los beneficios productivos, económicos, sociales, ambientales y culturales de la provisión de servicios ecosistémicos tanto globales como locales, por lo cual merecen la difusión y el apoyo de los gobiernos, la cooperación y los inversionistas para escalamiento urgente en los territorios.

Palabras clave: *biodiversidad, cambio climático, ganadería sostenible, servicios ecosistémicos*

ABSTRACT

Research and field application of sustainable livestock models based on agroecological principles in Latin America and the Caribbean find that agroforestry and silvopastoral systems are among the most prominent simultaneous solutions to contemporary problems. Conceived as a "Toolbox" of high diversity and innovation, these systems can increase the production of high-quality essential foods with contributions to human health, while mitigating greenhouse gas emissions, promoting climate adaptation and resilience, and generating new ways to restore territories where biodiversity, hydrological services, and other natural processes are enhanced. This text reviews recent contributions from research and initiatives to implement sustainable silvopastoral livestock farming in the region, which confirm and consolidate the productive, economic, social, environmental, and cultural benefits of providing both global and local ecosystem services. As such, they deserve to be disseminated and supported by governments, cooperation agencies, and investors for urgent scaling up in the territories.

Key words: *biodiversity, climate change, sustainable livestock, ecosystem services*

INTRODUCCIÓN

En las instancias de las Naciones Unidas y otros foros internacionales, los problemas relacionados con los efectos de la sociedad humana sobre la naturaleza, el acceso a alimentos y agua de calidad, así como otros temas de equidad social y desarrollo económico se convirtieron en prioridades globales (FAO 2017). En poco tiempo la producción animal y la ganadería mayor en particular, dejaron de ser un asunto sectorial para ser el centro de en un agitado debate político promovido por grupos de presión y por gobiernos de países industrializados. Así, la cuestión de la mitigación de emisiones de gases de efecto de invernadero (IPCC 2022), el bienestar animal (Broom 2010), la deforestación y la pérdida de biodiversidad, son parte decisiva de agenda principal de las negociaciones comerciales de los productos pecuarios (Seymour y Harris 2019). Al mismo tiempo, en el denominado "Sur Global" los problemas locales y nacionales endémicos relacionados con el hambre, la desnutrición, las enfermedades ligadas a la alimentación, la degradación de las tierras, la baja productividad pecuaria, el despoblamiento del campo y la contaminación siguen sin solucionarse; por el contrario, se agravan con las manifestaciones extremas del clima (Altieri y Nicholls 2022).

Por todo lo anterior, quienes se interesan en las demandas de los ciudadanos, que a su vez determinan nuevas tendencias en los mercados, solicitan a los investigadores y decisores públicos nuevos enfoques más integrales (Preston et al 2021; Broom 2021). Así, emergió el interés por los servicios que prestan los ecosistemas, que son aquellos obtenidos de las funciones de los estos, que a su vez son un conjunto de procesos biofísicos, bioquímicos y biológicos que contribuyen a su mantenimiento. Las funciones ecosistémicas solo se convierten en servicios cuando son usadas para satisfacer necesidades humanas de forma razonal y deliberada.

En la actividad pecuaria, la ganadería sostenible basada en principios de la Agroecología como ciencia interdisciplinaria (Altieri 1999), lleva mucho camino recorrido especialmente en América Latina y el Caribe, tanto en la investigación como en la aplicación por parte de productores de todos tipo y escala (Peri et al 2019). Así mismo, los Sistemas Agroforestales dentro de los que se destacan los Sistemas Silvopastoriles son unas de las más destacadas soluciones simultánea a los problemas globales y locales enunciados (Montagnini et al 2015). Concebidos como una "Caja de Herramientas" de alta diversidad e innovación, estos sistemas pueden incrementar la producción de alimentos esenciales de alta calidad con aportes a la salud humana, al tiempo que mitigan las emisiones de Gases de Efecto de Invernadero (Herrero et al 2013),



favorecen la adaptación y resiliencia climática y generan nuevas formas de restaurar los territorios donde se incrementa la biodiversidad, los servicios hidrológicos y otros procesos naturales (Sales-Baptista y Ferraz-de-Oliveira 2021; Montagnini y del Hierro 2022). Publicaciones científicas recientes comprueban e incrementan los aportes que los grupos pioneros en América Latina y el Caribe han demostrado desde hace más de cuatro décadas (Chará y Jose 2023).

Progresos en el conocimiento sobre los servicios ecosistémicos que proveen los sistemas silvopastoriles

El conocimiento y valoración de los servicios que los ecosistemas prestan a las sociedades humanas despierta un interés creciente en la ciencia, la gestión de los territorios, las políticas públicas y la cooperación internacional. Ahora se entiende con mayor claridad la dependencia de los humanos por los procesos naturales, tales como la oferta de bienes materiales y los procesos de regulación; pero también los beneficios espirituales, culturales e intangibles que los pueblos aprovechan de la naturaleza (Balvanera et al 2012). La producción ganadera sostenible que aplica los principios de la agroecología, combinado con el uso cuidadoso del agua, la protección del suelo, la conservación de bosques y humedales, el buen manejo de los pastos y la incorporación de árboles y arbusto en diferentes sistemas silvopastoriles están reconocidos como modelos de uso de la tierra que proveen servicios ecosistémicos y hacen sinergia con la restauración ecológica (Harvey et al 2008, Raes et al 2015).

Los sistemas silvopastoriles presentan varios arreglos en los que se combinan praderas mixtas o simples, árboles para diferentes fines, arbustos, palmas y otras plantas. La caracterización de estos y sus efectos económicos y productivos han sido estudiados en América Latina y el Caribe y Australia desde hace muchos años (Shelton y Brewbaker 1994; Febles y Ruiz 2012). Las contribuciones adicionales a diversos servicios ecosistémicos en especial los relacionados con la mitigación, adaptación y resiliencia climática; los servicios hidrológicos y la biodiversidad son lo más destacado en las investigaciones recientes (Chará y Jose 2023; Peri et al 2019; Montagnini et al 2015); así como en la aplicación de iniciativas en programas y proyectos con participación de los productores, los gobiernos y las agencias de cooperación (FAO 2017; Chará et al 2019; World Bank 2021).

Los sistemas silvopastoriles son muy diversos desde el punto de vista biofísico (ecosistema, suelos, lluvias, composición, estructura) y desde lo socioeconómico y cultural (actores sociales, tamaño de predio, manejo, fines productivos); por lo tanto, son muchos los factores que influyen en la cantidad y calidad de los productos, así como en los servicios ecosistémicos que puedan generar. En general, hay una tendencia a encontrar mayor provisión en los sistemas silvopastoriles que los sistemas de pastoreos simples de monocultivos de gramíneas o de praderas con pastoreo extensivo. (Pérez-Álvarez et al 2023, Peri et al 2019). Las diferencias y similitudes entre los tipos de sistemas silvopastoriles todavía están en estudios preliminares.

La mayor complejidad de la vegetación dentro de los campos agrícolas y ganaderos busca diversos beneficios económicos, de seguridad alimentaria y de "una sola salud" la cual es entendida como aquella que procura equilibrar y optimizar de manera sostenible la salud de las personas, los animales y los ecosistemas (OMS 2025). Las investigaciones recientes más complejas tratan de abordar estas múltiples dimensiones a través de estudios que incluyen la modelación matemática con datos de muchas investigaciones en diferentes regiones (metaanálisis). Es de destacar una investigación que fue premiada en los últimos meses porque avanzó sobre la hipótesis que los sistemas agropecuarios diversificados cuando aumentan intencionalmente el número de cultivos y especies ganaderas agrícolas y no agrícolas, así como su diversidad genética, son una solución prometedora para lograr una producción de alimentos más sostenible porque ofrecen un mecanismo ecológico para un mayor uso de los recursos, mayor eficiencia, menos contaminación, mejora de la soberanía alimentaria y reducción de la vulnerabilidad al cambio climático. Esta publicación incluyó datos de investigaciones silvopastoriles de Colombia dentro de los 2655 predios de varios tipos agropecuarios evaluados en cinco continentes. Los resultados generales (todos los sistemas estudiados) concluyen que la combinación de cinco estrategias o prácticas de diversificación tuvo beneficios muy altos en todos los indicadores, con efectos positivos especialmente en la biodiversidad no agrícola y la seguridad alimentaria. En lo que respecta a la ganadería, el análisis muestra que la diversificación pecuaria tuvo un mayor efecto positivo sobre la seguridad alimentaria y promovió la biodiversidad no agrícola; además la diversificación ganadera mostró los efectos positivos más fuertes sobre el bienestar humano en paisajes despejados (Rasmussen et al 2024), lo que es muy importante dada la cantidad de tierras en pastoreo en el mundo carecen de arborización (Herrero et al 2013).

Sistemas silvopastoriles y servicios hidrológicos

Con respecto a los servicios hidrológicos, en múltiples publicaciones se reconocen los esfuerzos por manejos ganaderos que favorezcan el ordenamiento y buen manejo de las cuencas hidrográficas, avanzando desde una visión negativa de la actividad pecuaria en conflicto con usos de la tierra forestales, para abrir la puerta a modelos silvopastoriles compatibles con mejor regulación de caudales y la calidad del agua en la medida que se favorece la capacidad de infiltración, el almacenaje en suelos más ricos en materia orgánica y se reduce la velocidad de escorrentía de las lluvias (Raes et al 2015). Por otra parte, se continúan estudiando las interacciones positivas o negativas sobre las microcuencas que tiene la ganadería en pastoreo y silvopastoreo. En la medida que se evitan los disturbios sobre la vegetación riparia protectora o se restaura la misma cuando se ha perdido, la calidad del agua mejora substancialmente por la reducción de la erosión de las orillas, así como la contaminación fecal y el exceso de nutrientes. Las pautas científicas permiten consolidar las normas legales y la acción responsable de los productores para evitar que el ganado entre a los cuerpos de agua y para algunas regiones como la patagónica andina en Argentina y los andes del norte en Colombia, es posible contar determinar métricas para el tamaño de los corredores de bosques o vegetación protectora (Gómez el al 2024; Chará-Serna et al 2015).

4-SI

Sistemas silvopastoriles amigos de la biodiversidad

Los ecosistemas naturales como los bosques tropicales, los arrecifes coralinos y los pastizales son los lugares que contienen una mayor biodiversidad y generan más servicios ecosistémicos (Balvanera et al 2012). Así mismo, hoy los suelos se reconocen como uno de ambientes que más alojan diversidad biológica a escala global (Orgiazzi et al 2016). En la medida que los agroecosistemas tiendan a ser semejantes en su estructura y composición a los ecosistemas naturales y se manejen sin grandes agresiones (plaguicidas, labranza, monocultivos, fuego), tendrán mayores probabilidades de alojar más biodiversidad y otros servicios (Altieri 1999). Hasta hace poco, la mayor parte de las investigaciones sobre biodiversidad en Sistemas Silvopatoriles (SSP) se concentraban en estudios de ciertos taxones o en regiones geográficas específicas. Ahora se busca también evaluar conjuntos mayores de datos a través de metaanálisis. Hace dos años se publicó una investigación de este tipo a escala de cuatro regiones biogeográficas y siete taxones con información de 45 estudios realizados en 15 países La primera síntesis cuantitativa evaluó los sistemas silvopastoriles en la forma en que afectan a la biodiversidad y a la estabilidad de las comunidades en relación con los pastos sin árboles y los bosques naturales demostrando que los SSP albergan mayores niveles de biodiversidad porque tienen más riqueza, abundancia y diversidad (Pérez-Álvarez et al 2023).

La perennidad es un atributo que mide el tiempo del ciclo productivo del agroecosistema y junto con la diversidad, son de especial interés para la estabilidad de la producción, los beneficios sociales y la prestación de múltiples servicios ecosistémicos. Una investigación recién publicada en el marco de la intensificación ecológica en América Latina analizó diferentes trayectorias que pueden tener los sistemas silvopastoriles (conformados por especies perennes y ganado), a partir de la transición de sistemas agrícolas de cultivos anuales como la soya donde la perennidad y la diversidad son mínimas; o por la reintroducción de árboles nativos en pasturas degradadas en ecosistemas secos y bosques tropicales húmedos. En ambos casos se aumentó la biodiversidad, la perennidad y los servicios ecosistémicos de los SSP (Picasso y Pizzaro 2024).

Los investigadores articulados con proyectos de desarrollo sostenible en varios países han avanzado en intervenciones integrales en los predios y paisajes ganaderos con una combinación positiva hacia la ganadería regenerativa con planificación de los recursos hídricos, sistemas de rotación de praderas, sistemas silvopastoriles, conservación de fragmentos de bosques y restauración ecológica de zonas frágiles. Esta última actividad tiene un alto potencial dada la cantidad de tierras degradadas en ganadería (Calle et al 2012).

La preocupación global por elevada pérdida de ecosistemas naturales, su transformación en paisajes ecológicamente degradados o amenazados ha llevado a valorar e investigar los fragmentos de ecosistemas dentro de matrices humanizadas. Este concepto llamado "Islas de Biodiversidad busca favorecer su conservación sin una importancia interferencia de los seres humanos basado en la teoría de la biogeografía insular. Estas islas actúan como refugios ecológicos de biodiversidad (sean pequeñas o grandes) y favorecen la protección de una multitud de especies vegetales y animales y a la provisión de beneficios ecológicos, sociales y económicos para las generaciones presentes y futuras (Montagnini et al 2022). Las islas de biodiversidad pueden llegar a tener influencia a escala paisajística, nacional y regional por sus contribuciones científicas, económicas y sobre todo por facilitar el cambio cultural a través de la educación y el buen ejemplo de gestión de la naturaleza. Este es el caso de la familia Molina Durán que por nueve generaciones administran la Reserva Natural El Hatico en el Valle del Cauca (Colombia). En un paisaje de monocultivo de caña de azúcar El Hatico en varias décadas de aplicar principios agroecológicos y manejar la regeneración natural ganó cobertura arbórea, mejoró la calidad de sus suelos, conservó sus fragmentos de bosques, transformó sus pastos convencionales en sistemas silvopastoriles biodiversos y realizó la transición a la producción agroecológica de caña de azúcar. La combinación única de usos del suelo ha facilitado la investigación de varios grupos biológicos como la flora nativa, las aves, escarabajos, lepidópteros diurnos, arañas, avispas parasitoides y microorganismos del suelo (Calle et al 2022).

La porción de la biosfera que proporciona los servicios ecosistémicos útiles para la sociedad humana se denomina Biodiversidad Funcional. Está conformada por conjuntos de especies que tienen un papel semejante en el funcionamiento del ecosistema y se denominan "grupos funcionales". Un elevado conocimiento de esta Diversidad Funcional se ha alcanzado gracias a la entomología agrícola con la investigación de los factores que regulan la producción primaria y las cadenas tróficas en los cultivos (Nicholls 2020). Los grupos de herbívoros (principalmente artrópodos) pueden ser a su vez consumidos por otras especies que se alimentan de los fitófagos, evitando que generen daños significativos en la agricultura y por lo tanto reduciendo los costos ambientales y económicos de los controles químicos o mecánicos (Altieri y Nicholls 2015; Nicholls 2008). En la actualidad la biodiversidad funcional se aplica a investigaciones agroecológicas y silvopastoriles un amplio espectro de temas como las comunidades de insectos benéficos como los polinizadores y bioreguladores (Valenciaga et al 2024); el ciclaje de nutrientes en los suelos incluyendo los escarabajos estercoleros (Medina y García 2022; Guerra-Alonso et al 2020; Giraldo et al 2018) y las lombrices de tierra (Orgiazzi et al 2016); la fijación biológica de nitrógeno atmosférico (Villegas et al 2020); la solubilización del fósforo edáfico (Mustonen y Oelbermann 2025); el manejo de hormigas cortadoras (Castaño et al 2013; Rodríguez et al 2015); el control de endo y ectoparásitos del ganado incluyendo plantas (Lezcano et al 2016) y hongos nematófagos (Navarro et al 2009); la eficiencia de la fermentación en el ecosistema del rumen con forrajes arbóreos (Molina-Botero et al 2024; Rivera et al 2024b); los metabolitos de las plantas forrajeras como los follajes de árboles y arbustos que favorecen la salud y la producción (Hernández et al 2023; Verdecia et al 2021); las comunidades de invertebrados indicadores de la calidad del agua (Giraldo et al 2020, Ramírez et al 2018); el incremento de la materia orgánica, la captura de carbono en los suelos y la biomasa leñosa (Chará y Jose 2023; Peri et al 2019) y otros más.

En las interacciones positivas entre la biodiversidad y la ganadería sostenible con sistemas silvopastoriles, uno de los temas emergentes más destacados es la evaluación de las aves silvestres en predios y paisajes ganaderos, porque este grupo es uno de los indicadores claves de mejora en los servicios ecosistémicos que han medido en proyectos de desarrollo (World Bank 2021), así como en la relación con los usos de la tierra en diferentes ecosistemas en especial la estructura de la vegetación (Giraldo el al 2024). La nueva generación de proyectos de investigación participativa lleva al co-diseño de





arreglos innovadores que tengan atributos de favorecer la producción ganadera al mismo tiempo que facilita hábitats y recursos alimenticios para grupos especiales de aves como son las migratorias transcontinentales, las que tienen diversos grados de amenaza de extinción, las endémicas, emblemáticas o dependientes de bosques o humedales (Lentijo et al 2022).

Sistemas silvopastoriles y cambio climático

Sobre la variabilidad climática y sus efectos sobre los ecosistemas y la sociedad, los investigadores en América Latina y el Caribe han respondido al llamado de la Convención Marco de la Naciones Unidas sobre el Cambio Climático de 1992 y su panel internacional de científicos (IPPC 2022, Arango el al 2020) concentrando sus esfuerzos en el último lustro en cuantificar la producción de bienes pecuarios y forestales de los sistemas silvopastoriles (Porfirio da Silva 2024; Peri et al 2019), al tiempo que miden los efectos positivos en la mitigación de Gases de Efecto de Invernadero (GEI) como el metano emitido en la fermentación ruminal que pueden reducir forrajes arbustivos con alta proteína y baja fibra, tal como sucede con *Tithonia diversifolia* (Rivera et al 2022) y la *Leucaena diversifolia* (Molina-Botero et al 2024). También la *Leucaena leucocephala* reduce las emisiones de metano de la fermentación entérica 9,7% menos que los pastos sin árboles, con una producción animal cuatro veces mayor y simultáneamente con 86% menos menores emisiones de GEI por hectárea (Rivera et al 2024a). También se investiga la captura de dióxido de carbono en arreglos que combinan el pastoreo con diferentes tipos de árboles para la industria y el autoconsumo (Porfírio-da-Silva et al 2024, Peri et al 2019; Chará y Jose 2023). Otro foco de interés científico reciente es la mejor comprensión del ciclo del nitrógeno en la consociación de pastos y leguminosas tropicales (Villegas et al 2020; Rao et al 2015) y en arreglos silvopastoriles donde el interés es la menor emisión de óxido nitroso (Chirinda et al 2019; Rivera el al 2024b).

Todos estos esfuerzos son muy valiosos en la medida que se logró pasar de cálculos de emisiones de GEI basados en datos de países industrializados, a tener información real medida en sistemas de producción ganadera de América Latina (Arango et al 2020). Ahora se puede analizar en forma más integral todos los componentes y terminar en el balance de gases de cada sistema, para evitar manipulaciones y las presiones políticas de ciertos sectores que critican la actividad pecuaria especialmente de pastoreo sin suficientes pruebas científicas (Viglizzo 2023).

Las manifestaciones extremas del clima como sequías, inundaciones, heladas y tormentas han incrementado su frecuencia de presentación con grandes afectaciones económicas y sociales al sector ganadero (Altieri y Nicholls 2022). La resiliencia climática se concibe como una prioridad en la generación de nuevo conocimiento pecuario y los trabajos se encaminan a la búsqueda de modelos productivos que sufran menos los extremos del clima y se recuperen más rápido. La evaluación de germoplasma forrajero con sistemas radiculares más profundos, mecanismos fisiológicos más eficientes en la demanda de agua y resistencia a insectos fitófagos (Rao et al 2015) o animales con mejor capacidad adaptativa al calor o al frío, son parte destacada de las agendas de investigación. Por ejemplo, en Argentina se publicó una investigación sobre la producción anual de materia seca forrajera con tolerancia a la sequía en sistemas silvopastoriles en bosques nativos y plantaciones forestales comparada con pastizales y pasturas sin árboles en 22 sitios del país. Los resultados mostraron que la producción forrajera varió según las categorías de aridez, la intensidad de la sequía y el tipo de forraje (pastizal y pasturas). Cuando la intensidad de sequía es ≤ 35% (año normal), los sistemas silvopastoriles tuvieron mayor producción que los pastizales, mientras que intensidades de sequía severa > 35% (año seco) la respuesta fue lo contrario (Peri et al 2024).

Bienestar animal en los sistemas silvopastoriles

Los sistemas de producción ganadera pueden contribuir directamente al bienestar del ganado y se consideran un servicio ecosistémico. Desde hace varias décadas hay la certeza sobre la relación estrecha entre el bienestar del ganado y la producción de mejor calidad y en mayor cantidad. Los elevados niveles de bienestar en los animales contribuyen a su salud, comodidad, seguridad, nutrición adecuada, libertar para expresar los comportamientos naturales de la especie y la ausencia de sufrimientos perjudiciales como el dolor, la frustración y el estrés (Broom 2010). Los sistemas silvopastoriles contribuyen en forma integral para alcanzar elevados estándares de bienestar animal (Broom et al 2013).

Las investigaciones recientes en el bioma Chaco de Argentina, han evidenciado los problemas crecientes del estrés térmico y la forma en que el confort que permite la sombra natural de los árboles dentro de las áreas de pastoreo tiene efectos positivos en la conducta diaria, el consumo de agua y la producción de carne especialmente en los meses de mayores temperaturas (Zimerman 2022). En Brasil un trabajo de revisión de investigaciones sobre el estrés térmico y la reproducción bovina concluyó que la sombra y la oferta de agua puede solucionar los graves efectos incluidos cambios en la ovogénesis de la vaca, la espermatogénesis del toro; así como el aumento de la mortalidad embrionaria y los defectos en los gametos o en sus etapas intermedias (Silva et al 2023).

La ciencia del bienestar animal abrió otras dimensiones éticas entre los ciudadanos y los productores que termina en nuevas normas y reglamentaciones sobre la forma en que deben producirse los alimentos de origen animal. Esto a su vez promueve entre los científicos, formas más holísticas de evaluación como las que permitieron comparar 12 sistemas de producción de carne bovina en el mundo a partir de 9 grupos de indicadores. Los sistemas silvopastoriles intensivos (semi intensivos en la definición del autor) que se investigan y aplican en varios países de América Latina salen con elevadas calificaciones en la matriz de medición múltiple, destacándose como los mejores entre los 12 sistemas evaluados en indicadores de bienestar animal, consumo de agua, biodiversidad y captura de carbono; al tiempo que comparten igual calificación que otros sistemas con mejores en uso del suelo, menores emisiones de GEI, menor contaminación del agua, menor alteración del ciclo N/P y mayores contribuciones a la salud humana (Broom 2021).

CONCLUSIÓN

La información discutida confirma y consolida sus beneficios productivos, económicos, sociales, ambientales y culturales con una destacada provisión de servicios ecosistémicos tanto globales como locales que merecen su difusión y el apoyo de los gobiernos, la cooperación y los inversionistas para su urgente escalamiento.

BIBLIOGRAFÍA

Altieri MA, and Nicholls, CI (2022) Agroecología, policrisis global y la transformación de los sistemas alimentarios. Centro Latinoamericano de Investigaciones Agroecológicas (CELIA): Medellín, Colombia.

Altieri, M. A. & Nicholls, Clara I. (2015) Diseños agroecológicos para incrementar la biodiversidad de entomofauna benéfica en agroecosistemas. Medellín, Colombia: SOCLA. https://multiversidad.es/wordpress/wp-content/uploads/2015/11/Diseños-Agroecologicos-para-incrementar-las-poblaciones-de-insectos-beneficos_.pdf, 2010

Altieri MA (1999) The ecological role of biodiversity in agroecosystems. Agric. Ecosyst. Env, 74: 19-31

Arango, J., Ruden, A., Martinez-Baron, D., Loboguerrero, A.M., Berndt, A., Chacón, M., Torres, C.F., Oyhantcabal, W., Gomez, C.A., Ricci, P., Ku-Vera, J., Burkart, S., Moorby, J. M., Chirinda, N. (2020) Ambition Meets Reality: Achieving GHG Emission Reduction Targets in the Livestock Sector of Latin America. Frontiers in Sustainable Food Systems, 4:65. doi: https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.00065.

Balvanera, P., Uriarte, M., Almeida-Lenero, L., Altesor, A., DeClerk, F., Gardner, T., Hall, J., Lara, A., Laterrra, P., Pena-Claros, M., Matos, D.M.S., Romero-Duque, L.P., Vogl, A., Arreola, L.F., Carro-Borrero, A.P., Gallego, F., Jain, M., Little, C., Xavier, R.O., Paruelo, J.M., Peinado, J.E., Poorter, L., Azcarrunz, N., Correa, F., CunhaSantino, M.B., Hernandez-Sanchez, A.P., Vallejos, M., (2012) Ecosystem services research in Latin America: The state of the art. Ecosystem Services http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoser.2012.09.006.

Broom. MD. (2021) A method for assessing sustainability, with beef production as an example. Biological Reviews 96 (2021) 1836–1853. Published by John Wiley & Sons Ltd on behalf of Cambridge Philosophical Society.

Broom, D. M.; Galindo, F.A. and Murgueitio, E. (2013) Sustainable, efficient livestock production with high biodiversity and good welfare for animals. Proceedings of the Royal Society B 280:2013-2025

Broom, D. M. (2010) Animal welfare: an aspect of care, sustainability, and food quality required by the public. Journal of Veterinary Medical Education 37:83-88.

Calle, Z., Molina, C.H., Molina, C.H., Molina, E.J., Molina, J.J., Murgueitio, B., Murgueitio, A., Murgueitio, E. (2022) A Highly Productive Biodiversity Island within a Monoculture Landscape: El Hatico Nature Reserve (Valle del Cauca, Colombia). In: Montagnini, F. (eds) Biodiversity Islands: Strategies for Conservation in Human-Dominated Environments. Topics in Biodiversity and Conservation, vol 20. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-92234-4_11

Calle Z, Murgueitio E and Chará J (2012) Integrating forestry, sustainable cattle-ranching and landscape restoration. Unasylva 239: 31–40.

Castaño-Quintana, K., Montoya-Lerma, J. & Giraldo-Echeverri, C. (2013) Toxicity of foliage extracts of Tithonia diversifolia (Asteraceae) on Atta cephalotes (Hymenoptera: Myrmicinae) workers. Industrial Crops and Products, 44: 391-395, ISSN: 1872-633X. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.11.039

Chará J, Jose S (2023) Silvopastoral systems of Meso America and Northern South America. Springer International Publishing, Switzerland.

Chará J, Reyes E, Peri, PL, Otte J, Arce E, Schneider F (2019) Silvopastoral Systems and their Contribution to Improved Resource Use and Sustainable Development Goals: Evidence from Latin America Latina. FAO, CIPAV and AgriBenchmark, Cali, Colombia

Chará-Serna, A. M., Chará, J. D., Giraldo, L. P., Zúñiga, M. D. C., & Allan, J. D. (2015) Understanding the impacts of agriculture on Andean stream ecosystems of Colombia: a causal analysis using aquatic macroinvertebrates as indicators of biological integrity. Freshwater Science, 34, 727-740. https://doi.org/10.1086/681094

Chirinda, N., Loaiza, S., Arenas, L. et al. (2019) Adequate vegetative cover decreases nitrous oxide emissions from cattle urine deposited in grazed pastures under rainy season conditions. Sci Rep 9, 908. https://doi.org/10.1038/s41598-018-37453-2

Febles GJ, Ruiz TE (2012) La planta. En: Ruiz TE, Febles GJ, Lok S (eds) Experiencia en el manejo de Leucaena leucocephala para la producción animal en Cuba. Ediciones del Instituto de Ciencia Animal (EDICA), Mayabeque, p 12

Food and Agriculture Organization of the United Nations- FAO (2017). The future of food and agriculture. Trends and challenges. Rome, Italy: 2017. https://www.fao.org/3/i6583e/i6583e.pdf

Giraldo, L.P., Chará, J., Velásquez-Valencia, A. et al. (2024) Vegetation structure and bird diversity in silvopastoral systems of the Amazonian piedmont of Colombia. Agroforest Syst 98, 2253–2266 (2024). https://doi.org/10.1007/s10457-024-01035-1





Giraldo LP, Chará J, Chará-Serna AM, Ramírez YP (2020) Restauración de corredores ribereños en paisajes ganaderos de la zona Andina colombiana: efectos tempranos en el ambiente acuático. RACCEFYN. 44(171):652-664. https://doi.org/10.18257/raccefyn.1063

Giraldo, C., Montoya-Molina, S. & Escobar, F. (2018) Escarabajos del estiércol en paisajes ganaderos de Colombia. Cali, Colombia: Fundación CIPAV. 196 pp.

Gomez, F.A., Tarabini, M.M., La Manna, L.A. et al. (2024) Effects of livestock on the quality of the riparian forest, soil and water in Nothofagus silvopastoral systems. Agroforest Syst 98, 2293–2308. https://doi.org/10.1007/s10457-024-00987-8

Guerra Alonso, C.B., Zurita, G.A. & Bellocq, M.I. (2020) Dung beetle's response to livestock management in three different regional contexts. Sci Rep 10, 3702. https://doi.org/10.1038/s41598-020-60575-5

Harvey, C.A., O. Komar, R.L. Chazdon, B.G. Ferguson, B. Finegan, D.M. Griffith, M. Martinez-Ramos, H. Morales, et al. (2008). Integrating agricultural landscapes with biodiversity conservation in the Mesoamerican hotspot. Conservation Biology 22: 8–15. https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2007.00863.x

Hernández, N. L, Vázquez, E. G., Caratachea, A. J., Razo, G. S., Burgos, A. A., & Valladares, A. G. (2023) Metabolitos secundarios presentes en nuevos árboles forrajeros de importancia para la ganadería de la selva baja caducifolia del estado de Michoacán, México. Brazilian Journal of Animal and Environmental Research, 6(3), 2145–2154. https://doi.org/10.34188/bjaerv6n3-013

Herrero M, Havlík P, Valin H, Notenbaert A, Rufino MC, Thornton PK, et al. (2013) Biomass use, production, feed efficiencies, and greenhouse gas emissions from global livestock systems. Proc Natl Acad Sci USA. 2013; 110:20888–93

Intergovernmental Panel on Climate Change-IPCC. Climate Change (2022) Impacts, Adaptation and Vulnerability. Summary for policy makers. Geneve, Switzerland; 2022. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/

Lentijo, G. M., Velásquez, A., Murgueitio, E., Zuluaga, A. F. y Gómez, M. (2022). Ganadería para las aves: un canto a la sostenibilidad. Puntoaparte Editores.

Lezcano-Más, Y., Soca-Pérez, M., Roque-López, E., Ojeda-García, F., Machado-Castro, R. & Fontes-Marrero, D. (2016) Forraje de Tithonia diversifolia para el control de estrongílidos gastrointestinales en bovinos jóvenes. Pastos y Forrajes, 39(2): 133-138, ISSN: 2078-8452

Medina CA; Garcia F. (2022) Proposta de oferta tecnológica em pecuária sustentável de alta montanha na Colômbia, usando besouros de estrume bio-recicladores. Revista Agroecossistemas, [S.l.], v. 14, n. 2, p. 154–165, dez. 2022. ISSN 2318-0188.

Molina-Botero, I.C. Villegas, D.M. Montoya, A. Mazabel, J., Bastidas, M., Ruden, A., Gaviria, H., Peláez, J.D., Chará, J., Murgueitio, E., Moorby J., Arango, J. (2024) Effect of a silvopastoral system with Leucaena diversifolia on enteric methane emissions, animal performance, and meat fatty acid profile of beef steers. Agroforestry Systems 98, 1967-1984

Montagnini F, Levin B, and Berg KE (2022) Biodiversity Islands: Strategies for Conservation in Human-Dominated Environments Florencia. In: Montagnini F (ed.). Biodiversity Islands: strategies for conservation in human-dominated environments. Series Editors: Topics in Biodiversity and Conservation. Chapter 1, Pp. 3-37

Montagnini F, del Fierro S (2022) Functions of Agroforestry Systems as Biodiversity Islands in Productive Landscapes. In: Montagnini F (ed.). Biodiversity Islands: strategies for conservation in human-dominated environments. Series Editors: Topics in Biodiversity and Conservation. Chapter 4, Pp. 89–116

Montagnini F, Somarriba E, Murgueitio E, Fassola H, Eibl B (2015) Sistemas agroforestales: funciones productivas, socioeconómicas y ambientales. Serie Técnica, Informe Técnico 402 CATIE, Turrialba, Costa Rica. Editorial CIPAV, Cali, Colombia. 454p

Mustonen JPS, Oelbermann, M. (2025) The role of organic acids, root characteristics and fungal interactions in phosphorus acquisition in Tithonia diversifolia (Hemsl.) A. Agroforest Syst 99, 43 (2025). https://doi.org/10.1007/s10457-025-01148-1

Navarro R, Álvarez L, Aguilera M, Bórquez F (2009) Control Biológico de Nemátodos en Ovinos. Resultados y Lecciones en Proyecto de Innovación en la XII Región de Magallanes. Serie Experiencias de Innovación para el Emprendimiento Agrario. Fundación para la Innovación Agraria. Chile

Nicholls, CI. (2008) Control biológico de insectos: un enfoque agroecológico /Clara Inés Nicholls Estrada. - Medellín: Editorial Niversidad de Antioquia, 2008. 282 p.; 24 cm. -- (Colección ciencia y tecnología)

Organización Mundial de la Salud OMS (2025) El enfoque de "una sola salud". Declaración conjunta del grupo tripartito (FAO, OIE, OMS) y el PNUMA. https://www.who.int/es/news/item/01-12-2021-tripartite-and-unep-support-ohhlep-s-definition-of-one-health

Orgiazzi, A., Budget, R.D., Barrios, E., Behan-Pelletier, V., Briones, M.J.I., Chotte, J-L., De Deyn, G.B., Eggleton, P., Fierer, N., Fraser, T., Hedlund, K., Jeffery, S., Johnson, N.C., Jones, A., Kandeler, E., Kaneko, N., Lavelle, P., Lemanceau, P., Miko, L., Montanarella, L., Moreira, F.M.S., Ramirez, K.S., Scheu, S., Singh, B.K., Six, J., van der Putten, W.H., Wall,

D.H. (Eds.), 2016, Global Soil Biodiversity Atlas. European Commission, Publications Office of the European Union, Luxembourg. 176 pp

Perez-Alvarez R, Chará J, Snyder JL, Bonatti M, Sieber S, Martin EA. (2023) Global meta-analysis reveals overall benefits of silvopastoral systems for biodiversity. bioRxiv 2023.07.30.551160; doi: https://doi.org/10.1101/2023.07.30.551160

Peri, P.L., Toledo, S., Gándara, L. et al. (2024) Response of forage production to drought in silvopastoral systems in Argentina. Agroforest Syst 98, 2109–2123. https://doi.org/10.1007/s10457-024-00986-9

Peri PL, Chara J, Mauricio RM, Bussoni A, Escalante EE, Sotomayor A, Pérez Márquez S, Colcombet L, Murgueitio E (2019) Implementación y producción en SSP de Sudamérica como alternativa productiva: Beneficios, limitaciones y desafíos. Proceedings X Congreso Internacional de Sistema Silvopastoriles, pp. 263–291. Asunción, Paraguay

Picasso, V., Pizarro, D. (2024). Silvopastoral transitions in Latin America: toward diverse perennial systems. Agroforest Syst 98, 2267–2272. https://doi.org/10.1007/s10457-024-01023-5

Porfírio-da-Silva V (2024) Silvopastoral system for wood production: opportunities and challenges in tropical and subtropical environments. Agroforest Syst. https://doi.org/10.1007/s10457-024-01032-4

Preston, T. R., Leng, R. A., and Gómez, M. E. (2021) Adapting systems of livestock production to be compatible with global commitments to restore the health of planet Earth; ecosystems that remove atmospheric carbon and provide, food, feed, and renewable energy. Livest. Res. Rural. Dev. 33:31

Raes, L., Moss, D., Aguilar-González, B., Kirn, V., Slusser, J., Calle, Z., Murgueitio E., Maldonado, JH., Hall, JS. (2015) Society and Water Related Ecosystem Services. In: Managing Watersheds for Ecosystem Services In the Steepland Neotropics. Editors: Jefferson S. Hall, Vanessa Kirn, Estrella Yanguas-Fernández. Smithsonian Tropical Research Institute. Panama City, Panama. Published September 2015 Inter-American Development Bank, pp 67-83.

Rao, I.M., Peters, M., Castro, A., Schultze-Kraft, R., White, D., Fisher, M., Miles, J.W., Lascano, C.E., Blümmel, M., Bungenstab, D.J., Tapasco, J., Hyman, G., Bolliger, A., Paul, B., Van Der Hoek, R., Mass, B.L., Tiemann, T., Cuchillo, M., Douxchamps, S., Villanueva, C., Rincón, A., Ayarza, M., Rosenstock, T., Subbarao, G., Arango, J., Cardoso, J., Worthington, M., Chirinda, N., Notenbaert, A., Jenet, A., Schmidt, A., Vivas, N., Lefroy, R., Fahrney, K., Guimarães, E., Tohme, J., Cook, S., Herrero, M., Chacón, M., Searchinger, T., Rudel, T. (2015) LivestockPlus: The sustainable intensification of forage-based agricultural systems to improve livelihoods and ecosystem services in the tropics. Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales 3, 59-82.

Ramírez, YP, Giraldo LP, Zúñiga MC, Ramos BC, Chará J (2018) Influencia de la ganadería en los macroinvertebrados acuáticos en microcuencas de los Andes centrales de Colombia. Cattle raising influence over the aquatic macroinvertebrates in microbasins of central Andes, Colombia. Revista De Biología Tropical, 66(3), 1244–1257. https://doi.org/10.15517/rbt.v66i3.30316

Rasmussen L.V., Grass I., Mehrabi Z., Smith O.M., Bezner-Kerr R., Blesh J., Garibaldi L.A., Isaac M.E., Kennedy C., Wittman A., Batáry P., Buchori D., Cerda R., Chará J. et al., (2024) Joint environmental and social benefits

Rivera, J.E., Villegas, G.O., Serna, L.P. et al. (2024a) Cattle intensification based on silvopastoral systems with Leucaena leucocephala (Lam.) de Wit as a strategy to increase production and mitigate greenhouse gas emissions in the Caribbean region of Colombia. Agroforest Syst 98, 2125–2139. https://doi.org/10.1007/s10457-024-01000-y

Rivera, J.E., Villegas, G., Chará, J. et al.(2024b) Silvopastoral systems with Tithonia diversifolia (Hemsl.) A. Gray reduce N2O–N and CH4 emissions from cattle manure deposited on grasslands in the Amazon piedmont. Agroforest Syst 98, 1091–1104. https://doi.org/10.1007/s10457-023-00859-7

Rodríguez, J., Montoya-Lerma, J. & Calle, Z. (2015) Effect of Tithonia diversifolia Mulch on Atta cephalotes (Hymenoptera: Formicidae) Nests. Journal of Insect Science, 15(1): 32-38, ISSN: 1536-2442. https://doi.org/10.1093/jisesa/iev015

Sales-Baptista, Ferraz-de-Oliveira, Grazing in silvopastoral systems: multiple solutions for diversified benefits. Agroforest Syst 95, 1–6 (2021)

Shelton, H.M. & Brewbaker, J.L. (1994) Leucaena leucocephala the most widely used forage tree legumes. In: Forage tree legumes in tropical agriculture. (Eds. R.C. Gutteridge and H.M Shelton). CAB International. Wallingford, UK. p. 15

Seymour,F, Harris NL. (2019). Reducing tropical deforestation. Science 365, 756–757

Silva WC, Silva JAR, Camargo-Júnior RNC, Silva ÉBR, Santos MRP, Viana RB, Silva AGM, Silva CMG and Lourenço-Júnior JB (2023) Animal welfare and eects of per-female stress on male and cattle reproduction—A review. Front. Vet. Sci. 10:1083469. doi: https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1083469

World Bank (2021) Not the COW, the HOW: Increasing Livestock Productivity, Improving Natural Resource Management, and Enhancing Environmental Services in Colombia. Available at: https://www.worldbank.org/en/projects-operations/results/2021/03/01/enhancing-environmental-services-in-colombia

Valenciaga, Nurys, Iraola, J., Herrera, Magaly, & Ruiz, T. E. (2024) Entomofauna asociada a un sistema silvopastoril de Tithonia diversifolia vc. ICA Cuba oc-10, destinado a la ceba de toros. Cuban Journal of Agricultural Science, 58, . Epub 01 de diciembre de 2024. Recuperado en 20 de septiembre de 2025, http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2079-34802024000100020&lng=es&tlng=es.





Verdecía, D.M., Herrera-Herrera, R. del Carmen., Torres, E., Sánchez, A.R., Hernández-Montiel, L.G., Herrera, R.S., Ramírez, J.L., Bodas, R., Giráldez, F.J., Guillaume, J., Uvidia, H., & López, S. (2021) Metabolitos primarios y secundario de seis especies de árboles, arbustos y leguminosas herbáceas. Cuban Journal of Agricultural Science, 55(1), 77-93. Epub 01 de marzo de 2021. Recuperado en 20 de septiembre de 2025, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2079-34802021000100008&lng=es&tlng=es.

Viglizzo, EF (2023) Ganadería bovina y cambio climático en las Américas: hacia modelos de desarrollo bajos en carbono. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).

Villegas, D.M., Velasquez, J., Arango, J., Obregon, K., Rao, I.M., Rosas, G., Oberson, A. (2020) Urochloa grasses swap nitrogen source when grown in association with legumes in tropical pastures. Diversity 12, 419.

Zimerman M. (2022). Sistemas Silvopastoriles: Su efecto sobre las condiciones ambientales y el comportamiento animal. En: Rivera J., Colcombet L., Santos-Gally R., Murgueitio E., Díaz M., Mauricio R., Peri P., Chará J. 2021. Sistemas Silvopastoriles: Ganadería Sostenible con Arraigo e Innovación. CIPAV. Cali, Colombia. ISBN: 978-958-9386-99-6 Pp 398 – 410.

SI-02. Manejo del Pastoreo en Sistemas Silvopastoriles de Mesoamérica

Grazing management in Mesomaerican silvopastoral systems

Danilo A. Pezo

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica

INTRODUCCIÓN

La degradación de pasturas, entendida como la pérdida del potencial productivo de las especies forrajeras para una condición agroecológica dada, es extremadamente relevante en Mesoamérica, pues se estima que entre un 50-80% de las áreas cubiertas por pasturas están degradadas (Szott *et al*., 2000), y el problema se hace más crítico con el tiempo, porque todavía la degradación supera a la rehabilitación (Yan *et al*., 2023). Estudios recientes (Pereira *et al*., 2022) sugieren que la degradación de pasturas es consecuencia de fenómenos asociados a la variabilidad climática (55.5%), a malas decisiones en el manejo del recurso pastura (40.1%), y a hechos fortuitos como las quemas accidentales (5.4%). A menudo, las fallas en el manejo del pastoreo exacerban el impacto de la variabilidad climática sobre la productividad animal basada en sistemas de pasturas.

El manejo del pastoreo, independientemente del sistema de producción, supone un conjunto de decisiones del productor para hacer un uso eficiente del sistema suelo-planta-animal, orientadas a controlar el crecimiento de las pasturas y el acceso de los animales a las mismas, con el fin de obtener varios objetivos al mismo tiempo, como son (Pezo, 2018):

i. Alta producción de biomasa forrajera en el largo plazo,
ii. Buena calidad nutritiva del forraje ingerido;
iii. Asegurar la persistencia de los componentes deseables en la pastura;
iv. Adecuada salud del suelo, que permita una actividad biológica eficiente;
v. Resiliencia y mitigación de los impactos del cambio climático, y
vi. Altos niveles de producto animal por unidad de área y tiempo (productividad), que se mantengan a lo largo de varios años.

Manejo del pastoreo en sistemas silvopastoriles

Cuando se analiza el manejo del pastoreo en el contexto de los sistemas silvopastoriles debe considerarse que este deberá ajustarse a:

i. La opción silvopastoril en que se aplicará, pues la intensidad de las interacciones entre los componentes leñosos y herbáceos, y de estos con los animales varía con las opciones silvopastoriles implementadas, siendo mayores estas interacciones en aquellos sistemas con mayor densidad de leñosas en las áreas de pastoreo;
ii. La forma en que se utilizarán los recursos forrajeros, bajo pastoreo/ramoneo o corte, pues en los primeros hay una fuerte influencia de cómo la presencia de leñosas puede afectar el comportamiento ingestivo y el tiempo dedicado a pastorear;
iii. La época del año, pues el nivel de preferencia por los componentes leñosos o herbáceos y su consumo, así como la contribución de las leñosas al bienestar animal, pueden variar a largo del año; y
iv. El interés y objetivos que tiene el productor para el uso de los componentes del sistema, por ejemplo, si el productor está interesado en favoreceré el crecimiento de las leñosas para producir madera o para obtener frutales, el sistema de manejo del pastoreo deberá ser más conservador, para evitar mayores impactos negativos sobre los árboles.

Sin embargo, cualquiera sea la forma y propósito de uso, se debe tomar en cuenta: i. La estructura y función de los componentes del sistema silvopastoril, y sus interacciones; ii. La aplicación de principios eco-fisiológicos con miras a asegurar el rebrote y persistencia de los componentes herbáceos y leñosos; y iii. La optimización del consumo de forrajes de calidad, impulsando una mayor contribución para cubrir las demandas nutricionales de los animales, reduciendo así la dependencia de recursos alimenticios externos.

En los sistemas silvopastoriles se presentan interacciones importantes entre componentes, cuya magnitud e intensidad será función de las diferencias en estructura y función que se presentan en las diferentes opciones silvopastoriles, pero todas ellas van a incidir sobre las decisiones de manejo del pastoreo (Montoya Uribe *et al*., 2024). En este trabajo no se analizan todas las interacciones del sistema silvopastoril, pero se discutirá brevemente aquellas que inciden sobre la producción y calidad de la biomasa forrajera disponible, así como sobre el comportamiento de animales manejados bajo pastoreo, y su eventual impacto sobre la productividad animal del sistema.





Así, por ejemplo, la sombra ejercida por los árboles resulta en una reducción en la producción de biomasa forrajera bajo la copa, como consecuencia de la interferencia en la radiación lumínica, pero provoca aumento en la altura de planta y el contenido de proteína cruda (Ríos Gutiérrez, 2021), así como el área foliar específica., el largo y la tasa de elongación de hojas (Paciullo *et al*., 2011, Baldissera *et al*., 2016) en los pastos que crecen bajo sombra. Pero, cuan grande es dicho efecto variará en función de las diferencias entre especies de árboles respecto a la interferencia de la radiación solar (Ayestas, 2014) y entre pastos respecto a su tolerancia a la sombra (Andrade *et al*., 2000). Aunque existe alguna información sobre cómo la sombra puede afectar las características estructurales de la pastura (Mezzalira *et al*., 2016), los cuales resultan en mejores atributos de comportamiento ingestivo en los sistemas silvopastoriles, como es el caso del tamaño de bocado (Pereira Barsotti *et al*., 2024). Ahora bien, cuando se considera la producción de biomasa forrajera por unidad de área, ésta puede ser mayor en presencia de leñosas (Souza *et al*., 2015; David Lagos, 2021), por el reciclaje de nutrimentos a través de la caída de hojas (Moreno Pérez *et al*., 2025); pero, con altas densidades de árboles, como las observadas en muchos sistemas de plantaciones forestales o frutales, el efecto de la sombra puede superar el posible beneficio del reciclaje (Pezo e Ibrahim, 1999; Dodd *et al*., 2005).

En cuanto al efecto de la presencia y distribución de las leñosas sobre el comportamiento animal de animales manejados bajo pastoreo en sistemas silvopastoriles, los árboles proveen de sombra y abrigo bajo la copa, y en muchos casos también alimento -follaje y frutos- (Esquivel, 2007, Pérez Almario, 2011), contribuyendo a la mejora del bienestar animal y su resiliencia bajo condiciones climáticas extremas, en las que se supera el rango de Índice de Temperatura y Humedad (ITH) tolerable (Schütz *et al*., 2010, García-Cruz *et al*., 2013), el cual varía con el genotipo animal (Misztal *et al*., 2025). Las condiciones de bienestar animal provistas por la sombra de los árboles resultan en un mayor consumo de forraje, menor ingesta de agua, mayor tiempo dedicado al pastoreo y rumia, y menor tiempo caminando (Souza *et al*., 2015), con los consiguientes efectos benéficos de reducción en los costos energéticos asociados al pastoreo, lo cual redunda en una mayor producción y productividad animal (Pezo *et al*., 2019). Sin embargo, cuando hay o no acceso a la sombra de árboles, la distribución del tiempo dedicado a pastorear o rumiar a lo largo del día, puede variar en función de la hora del día, la época del año y la altura del forraje pastoreado (Oliveira *et al*., 2021).

Lo importante es que cualquiera sea la opción silvopastoril con que se trabaje, aplican los conceptos básicos de intensidad y frecuencia de pastoreo en la utilización del forraje manejado bajo pastoreo/ramoneo y sus aportes para responder a las demandas de nutrientes de los animales (Ferro *et al*., 2015; Pezo, 2018), así como sus relaciones con la productividad, sostenibilidad y la persistencia de las especies deseables en el sistema. Todo esto es el fundamento de las Leyes del Pastoreo Racional Intensivo propuestos por el Prof. André Voisin (Sorio, 2006; Pinheiro Machado *et al*., 2021), las cuales se resumen en: 1ª Ley – Las pasturas deben tener un período de descanso suficiente para recuperar sus reservas orgánicas necesarias para el rebrote y que puedan expresar su máximo potencial productivo; 2ª Ley – El tiempo de ocupación de un potrero debe ser lo suficientemente corto para que una planta que fue defoliada en el primer día de ocupación no sea defoliada otra vez en el mismo ciclo; 3ª Ley – Los animales con mayores requerimientos nutricionales deben tener la oportunidad de consumir la mayor cantidad de pasto y de la mejor calidad nutritiva; y 4ª Ley – En el caso de vacas lecheras, no deben haber variaciones importantes en la producción de leche diaria dentro de un mismo ciclo, por lo que no deben permanecer más de tres días en un potrero.

En este trabajo solo se hace énfasis en el manejo del ramoneo en sistemas silvopastoriles intensivos como son los bancos forrajeros de leñosas y los arreglos de leñosas en franjas en asocio con pasturas, pues en las otras opciones (p.e. cercas vivas, árboles dispersos y plantaciones forestales con distancia amplia) aplica bastante lo conocido sobre el manejo del pastoreo en sistemas pastoriles. En el caso de los bancos forrajeros y los leñosas en franjas, el ramoneo se debe iniciar una vez que las leñosas están bien establecida, y previo a su uso regular hay necesidad de hacer una poda de uniformización, que en el caso de Leucaena puede ser dejando un residuo de 60–120 cm de altura (Cruz y Nieuwenhuyse, 2008), pero en *T. diversifolia* puede ser tan bajo como 40 cm (David Lagos, 2021). Luego de eso, se recomienda su uso en sistemas de rotación, con períodos de descanso variables en función de las condiciones de sitio y la época del año, los cuales inciden sobre la velocidad de recuperación de la leñosa. Con frecuencia se usa intervalos de 30-40 días en el periodo de lluvias y 45-60 días en época seca (Jiménez Trujillo, 2007; Cruz y Nieuwenhuyse, 2008; Bacab-Pérez y Solorio-Sánchez, 2011); y una carga instantánea relativamente alta, de manera que el período de ocupación sea corto (de preferencia 1 día, pero puede llegar a 3-5 días), para reducir daños potenciales sobre la leñosa y el suelo (Calle *et al*., 2012).

En el caso de bancos de *Gliricidia sepium*, el intervalo de uso es de 60-75 días, con un período de ocupación de 1-2 días, y una carga instantánea de 42 UA ha^{-1} $día^{-1}$ (Mochiutti *et al*., 1998); pero, además, muchos tallos de la leñosa sufren daño físico, pues no son tan flexibles como los de *L. leucocephala* o *Tithonia diversifolia*. En estos sistemas, la contribución de la leñosa a la mejora de la dieta de los animales y a la producción animal es mayor en la época seca (Bacab-Pérez y Solorio-Sánchez, 2011), cuando las gramíneas ven más afectado su desarrollo y presentan limitaciones importantes en calidad nutritiva, con niveles de proteína cruda inferiores a lo requerido para una actividad ruminal eficiente (Soliva *et al*., 2015).

En los sistemas integrados de leñosas con pastos en franjas funcionan los principios de manejo del pastoreo similares a los descritos para los bancos de proteína, pero el distanciamiento entre las hileras de leñosas reduce la intensidad de las interacciones y facilita el manejo. Un aspecto por destacar en estos sistemas es la necesidad de podar los residuos remanentes después del ramoneo, para evitar que los tallos alcance alturas en que el acceso al material foliar se hace dificultoso para los animales (Mochiutti *et al*., 1998; Cruz y Nieuwenhuyse, 2008).

COMENTARIOS FINALES

En los últimos años ha surgido mucha discusión sobre las opciones de manejo del pastoreo, y se han postulado muchos sistemas, p.e. Pastoreo Rotacional Intensivo, Pastoreo Voisin, Pastoreo Regenerativo, Pastoreo Racional y más recientemente el "Pastoreo Rotatinuo" promovido por colegas del Sur de Brasil. Sin embargo, en todos ellos el interés está

en asegurar la persistencia del recurso forrajero valioso, el mantenimiento en el largo plazo de la productividad animal y de los servicios ecosistémicos que brindan los sistemas ganaderos basados en pasturas.

Por otro lado, somos testigos del desarrollo de muchas innovaciones tecnológicas que han contribuido a avanzar en el manejo del pastoreo, como son:

i. El desarrollo de cercas eléctricas usando energía solar, lo cual ha abierto más oportunidades de aplicación de los sistemas de rotación de pasturas y una mayor flexibilidad en el diseño de potreros;
ii. El uso de los geolocalizadores y sistemas información geográfica para el mejor diseño de los potreros;
iii. La disponibilidad de drones con cámaras multiespectrales para evaluar la condición de las pasturas, y así tomar mejores decisiones para su manejo; y
iv. El acceso a modelos de simulación que permiten predecir respuestas a posibles intervenciones en las pasturas y los animales, con miras a la optimización del sistema.

REFERENCIAS

Andrade, H.J., Ibrahim, M., Jiménez, F., Finegan, B., y Kass, D. 2000. Dinámica productiva de sistemas silvopastoriles con *Acacia mangium* y *Eucalyptus deglupta* en el trópico húmedo. Agroforestería en las Américas 7: 50-52. https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/5727.

Ayestas, E.D. 2014. Evaluación de diseños de sistemas silvopastoriles para mejorar la producción ganadera en el corredor seco del municipio de Matiguás, Nicaragua. Tesis MSc, CATIE, Turrialba. Costa Rica. 68 p. https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/7141.

Bacab-Pérez, H.M. y Solorio-Sánchez, F.J. 2011. Oferta y consumo de forraje y producción de leche en ganado doble propósito manejado en sistemas silvopastoriles en Tepalcatepec, Michoacán. Tropical and Subtropical Agroecosystems 13: 271-278. http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93920942003.

Baldissera, T.C., Pontes, L.S., Giostri, A.F., Barro, R.S., Lustosa, S.B.C., Moraes, A. y Carvalho, P.C.F. 2016. Sward structure and relationship between canopy height and light interception for tropical C_4 grasses growing under trees. Crop & Pasture Science 67: 1199-1207. https://doi.org/10.1071/CP16067.

Barragán, W., Mahecha, L., Moreno, J. y Cajas, Y. 2017. Comportamiento ingestivo diurno y estrés calórico de vacas bajo sistemas silvopastoriles y pradera sin árboles. Livestock Research for Rural Development 29(12): 1-12. https://www.lrrd.org/lrrd29/12/wils29234.html.

Calle, Z.; Murgueitio, E., Chará, J. 2012. Integración de las actividades forestales con la ganadería extensiva sostenible y la restauración del paisaje. Unasylva No. 239, 63: 31-40. https://www.fao.org/4/i2890e/i2890e06.pdf.

Carvalho, P.C.F. 2013. Harry Stobbs Memorial Lecture: Can grazing behavior support innovations in grassland management? Tropical Grasslands/Forrajes Tropicales 1: 137–155. https://doi.org/10.17138/tgft(1)137-155.

Cruz, J. y Nieuwenhuyse, A. 2008. El establecimiento y manejo de leguminosas arbustivas en bancos de proteína y cultivos en callejones. Serie Técnica, Manual Técnico No. 86. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 151 p. https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/7006.

David Lagos, K.L. 2021. Evaluación productiva del pasto Cayman (*Urochloa* híbrido cv. CIAT BRO2/1752) en sistemas silvopastoriles en el trópico húmedo de Costa Rica. Tesis MSc, CATIE, Turrialba. Costa Rica. 41 p. https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/11592.

Dodd, M.B., McGowan, A.W., Power, I.L., y Thorrold, B.S. 2005. Effects of variation in shade level, shade duration and light quality on perennial pastures. New Zealand Journal of Agricultural Research 48: 531–543. https://doi.org/10.1080/00288233.2005.9513686.

Esquivel, H. 2007. Tree resources in traditional SP systems and their impact on productivity and nutritive value of pastures in the dry tropics of Costa Rica. PhD Dissertation. CATIE/Univ. of Wales—Bangor. Turrialba, Costa Rica. 161 p. https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/5632.

Ferro, M.M., Zanine, A.M., Ferrerira, D.J., Souza, A.L. y Geron, L.J.V. 2015. Organic reserves in tropical grasses under grazing. American Journal of Plant Sciences 6: 2329-2338. http://dx.doi.org/10.4236/ajps.2015.614236.

García-Cruz, F. Ibrahim, M. y Pezo D. 2013. Los árboles en los potreros para la reducción del estrés calórico del ganado en los trópicos. In: D. Sánchez, C. Villanueva, G. Rusch, M. Ibrahim, F. DeClerck (Eds.). Estado del recurso arbóreo en fincas ganaderas y su contribución en la producción en Rivas, Nicaragua. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Pp. 36-41. https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/1692.

Jimenez Trujillo, J.A. 2007. Diseño de sistemas de producción ganaderos sostenibles con base a los sistemas silvopastoriles (SSP) para mejorar la producción animal y lograr la sostenibilidad ambiental. Tesis MSc, CATIE, Turrialba. Costa Rica. 103 p. https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/10310.

Mezzalira, J.C., Carvalho, P.C.F., Fonseca, L., Bremm, C., Cangiano, C., Gonda, H.L. y Laca, E.A. 2014. Behavioural mechanisms of intake rate by heifers grazing swards of contrasting structures. Applied Animal Behaviour Science 153: 1-9. https://doi.org/10.1016/j.applanim.2013.12.014.



Misztal, I., Brito, L.F. y Lourenco, D. 2025. Breeding for improved heat tolerance in dairy cattle: Methods, challenges, and progress. EAAP/ADSA Breeding and Genetics Committee Symposium. Journal of Dairy Science Communications 6: 464–468. https://doi.org/10.3168/jdsc.2024-0651.

Mochiutti, S., Kass, M.L., Galloway, G. y Pezo, D. 1998. Manejo de *Gliricidia sepium* para produção de forragem em sistemas silvipastoris. In: 2do Congresso Brasileiro em Sistemas Agroflorestais. Belem, Para. EMBRAPA-CPATU. p. 212-214. https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/343720.

Montoya Uribe, S., Chará Orozco, J.D., Murgueitio Restrepo, E., Correa Londoño, G.A. y Barahona Rosales, R. 2025. Effects of intensive silvopastoral systems on bovine ingestive behavior in three contrasting tropical regions. Journal of Animal Behaviour and Biometeorology, 13: 2025011-2025011. https://doi.org/10.31893/jabb.2025011.

Moreno-Perez, C., Mora-Motta, D., Ortiz-Morea F.A., Blesh, J., y Silva-Olaya A.M. 2025. Transitioning from extensive pastures to silvopastoral systems improves multiple soil ecosystem services in Colombian Amazon. Science of The Total Environment 974: 179185. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2025.179185.

Oliveira, C.C., Almeida, R.G., Karvatte Junior, N., Villela, S.D.J., Bungenstab, D.J. y Alves, F.V. 2021. Daytime ingestive behaviour of grazing heifers under tropical silvopastoral systems: Responses to shade and grazing management. Applied Animal Behaviour Science 240: 105360. https://doi.org/10.1016/j.applanim.2021.105360.

Paciullo, D.S.C., Fernandes, P.B., Gomide, C.A. de M., Castro, C.R.T. de, Sobrinho, F. de S. y Carvalho, C.A.B. de, 2011. The growth dynamics in *Brachiaria* species according to nitrogen dose and shade. Revista Brasileira de Zootecnia 40: 270-276. https://doi.org/10.1590/S1516-35982011000200006.

Pereira Barsotti M., Giolo de Almeida R., Motta Macedo M.C., Zawada P., Werner J. y Dickhoefer, U. 2024. Behavioural responses of beef cattle to different grazing systems and the influence of these responses on water productivity of livestock in a tropical savannah. Animal 18(4): 101117. https://doi.org/10.1016/j.animal.2024.101117.

Pérez-Almario N. 2011. Rasgos funcionales nutricionales de especies leñosas en sistemas silvopastoriles y su contribución a la sostenibilidad de la ganadería bovina en la época seca en el departamento de Rivas, Nicaragua. Tesis MSc, CATIE, Turrialba. Costa Rica. 126 p. https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/11027.

Pinheiro Machado L.C.F., Seó, H.L.S., Daros, R.R., Enriquez-Hidalgo, D., Wendling, A.V y Pinheiro Machado, L.C. 2021. Voisin Rational Grazing as a Sustainable Alternative for Livestock Production. Animals 11: 3494. https://doi.org/10.3390/ani11123494.

Pereira, L.E.T., Herling, V.R. y Tech, A.R.B., 2022. Current scenario and perspectives for nitrogen fertilization strategies on tropical perennial grass pastures: A review. Agronomy 12(9): 2079. https://doi.org/10.3390/agronomy12092079.

Pezo, D.A. 2018. Establecimiento y manejo de sistemas intensivos de pastoreo racional. Serie Técnica, Boletín Técnico No. 96. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 56 p. https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/9226.

Pezo, D. e Ibrahim, M. 1999. Sistemas silvopastoriles. Módulo de Enseñanza Agroforestal No 2. 2ed. Turrialba, CR, CATIE-GTZ. 275 p. https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/4024.

Pezo, D., Ríos, N., Ibrahim, M. y Gómez, M. 2018. Silvopastoral Systems for Intensifying Cattle Production and Enhancing Forest Cover: The Case of Costa Rica. LEAVES, Background Paper. PROFOR. World Bank, Washington DC, USA. 76 p. http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/9220/Silvopastoral_systems_for_intensifying_cattle_production.pdf.

Ríos Gutiérrez, L.A. 2021. Evaluación del rendimiento y calidad de pastos mejorados en asocio con árboles dispersos de *Guazuma ulmifolia* en sistemas doble propósito, Los Santos, Panamá. Tesis MSc, CATIE, Turrialba. Costa Rica. 24 p. https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/11544.

Soliva, C.R., Amelchanka, S.L. y Kreuzer, M. 2015. The requirements for rumen-degradable protein per unit of fermentable organic matter differ between fibrous feed sources. Frontiers in Microbiology 6: 715. https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.00715.

Sorio, H. 2006. Pastoreo Voisin: Teorías, prácticas, vivencias. Passo Fundo, Brasil, Ed. Méritos. 240 p.

Sousa, L.F., Maurício, R.M., Paciullo, D.S.C., Silveira, S.R., Ribeiro, R.S., Calsavara, L.H. y Moreira, G.R. 2015. Forage intake, feeding behavior and bio-climatological indices of pasture grass, under the influence of trees, in a silvopastoral system. Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales 3: 129-141. https://doi.org/10.17138/TGFT(3)129-141.

Schütz, K. E., Rogers, A. R., Poulouin, Y. A., Cox, N. R., & Tucker, C. B. (2010). The amount of shade influences the behavior and physiology of dairy cattle. Journal of Dairy Science 93: 125 133. https://doi.org/10.3168/jds.2009-2416.

Szott, L., Ibrahim, M. y Beer, J. 2000. The hamburger connection hangover: cattle, pastureland degradation and alternative land use in Central America. CATIE, Serie Técnica, Informe Técnico No. 313. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 133 p.

Yan, Z., Gao, Z., Sun, B., Ding, X., Gao, T. y Li, Y., 2023. Global degradation trends of grassland and their driving factors since 2000. International Journal of Digital Earth 16(1): 1661-1684. https://doi.org/10.1080/17538947.2023.2207840.

14-SI

SI-03. Producción animal sostenible. Alternativas desde la Ciencia y la Innovación de Cuba

Sustainable animal production: Alternatives from Cuban Science and Innovation

MF. Díaz Sánchez; TE. Ruiz Vázquez; S. Lok Mejías; D. Fortes González; B. Rodríguez Sánchez; R. Rodríguez Hernández y L. Ayala González

Instituto de Ciencia Animal. Carretera Central, km 47 ½, San José de las Lajas, Mayabencia aque, Cuba.

Correspondencia a: mdiaz@ica.edu.cu

RESUMEN

Los sistemas ganaderos son clave para la economía de América Latina y el Caribe (ALC). El desarrollo de una ganadería sostenible puede contribuir con soluciones integrales a enfrentar el cambio climático, la inseguridad alimentaria y la degradación de los ecosistemas. El presente trabajo persigue como objetivo poner a disposición de la región los conocimientos, productos y tecnologías, generados por el sistema de ciencia e innovación del Instituto de Ciencia Animal (ICA) y otras entidades de ciencia y universidades cubanas, con potencialidades demostradas de inserción en el sector, para avanzar hacia una ganadería sostenible, resiliente, diversa y equitativa, que contribuya a desarrollar sistemas alimentarios sostenibles y garantizar la seguridad alimentaria y nutricional de la sociedad, con favorable impacto económico, social y ambiental. Se destaca la necesidad de acciones continuas y coordinadas que garanticen una colaboración regional con enfoque integral y multidisciplinarios para abordar los desafíos actuales y futuros que enfrentan los sistemas ganaderos para lograr su sostenibilidad y resiliencia.

Palabras clave: *ganadería, sostenibilidad, tecnologías*

ABSTRACT

Livestock systems are essential for the economy of Latin America and the Caribbean (LAC). The development of sustainable livestock farming can contribute to comprehensive solutions to address climate change, food insecurity, and ecosystem degradation. This paper aims to make available to the region the knowledge, products, and technologies generated by the science and innovation system of the Institute of Animal Science (ICA, initials in Spanish) and other Cuban scientific institutions and universities, with demonstrated potential for integration into the sector, to advance toward sustainable, resilient, diverse, and equitable livestock farming, which contributes to the development of sustainable food systems and guarantees nutritional and food security for society, with favorable economic, social, and environmental impact. The paper highlights the need for continuous and coordinated actions that guarantee regional collaboration with a comprehensive and multidisciplinary approach to address the current and future challenges facing livestock systems in order to achieve their sustainability and resilience.

Keywords: *livestock, sustainability, technologies*

ANTECEDENTES Y CONTEXTO REGIONAL

Los sistemas ganaderos son clave para la economía de América Latina y el Caribe (ALC). La región posee el 75% de su superficie agrícola en pasturas permanentes y el 15% de los pastizales del mundo, constituyendo una base única de recursos naturales, biodiversidad y servicios ecosistémicos asociados a la ganadería. En la reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal (ALPA, 2025) se evidenció que la región contribuye de manera decisiva a la seguridad alimentaria mundial, con una producción global aproximada de 23% de la carne vacuna y 10% de la carne porcina/aviar, 11% de la leche y sus subproductos, del 3 al 5% de la carne ovina/caprina; y el 5% de las fibras animales de ovinos y camélidos. Con relación al mercado global aporta al 44% de las exportaciones globales de carne de res, el 42% de las de pollo, hasta el 19% de carne porcina, el 4% de lácteos, el 2% de carne ovina/caprina y 4% de fibras (principalmente lana).

La Agenda Global de Ganadería Sostenible (GASO) define que la sostenibilidad pecuaria se refiere a los enfoques de producción que cumplen simultáneamente las condiciones, a largo plazo, para garantizar la seguridad alimentaria y nutricional de la sociedad, los medios de subsistencia y el crecimiento económico, la salud y el bienestar de los animales en un clima estable con uso eficiente de los recursos naturales, con el fin de contribuir a sistemas alimentarios sostenibles.

La Conferencia Mundial sobre la Transformación Sostenible de la Ganadería en aras de una mejor producción, una mejor nutrición, un mejor medio ambiente y una vida mejor, ofreció la oportunidad de entablar diálogos sobre la innovación y los mecanismos necesarios para producir de manera eficiente alimentos de origen animal más nutritivos, seguros y accesibles con una huella medioambiental reducida, y así contribuir a crear sistemas ganaderos locales dinámicos y diversificados que sean más resilientes a las crisis y las perturbaciones (FAO, 2023 a).

Los seminarios web, organizados por GASO y CATIE identificaron tres categorías fundamentales de impulsores para poder avanzar hacia una ganadería sostenible y resiliente: "Innovaciones en Medio Ambiente y Tecnología", "Salud y Enfermedades" y "Condiciones Geopolíticas y Socioeconómicas". Estos impulsores tienen impactos diversos en los sistemas ganaderos, contextos agroecológicos y disparidades regionales. El cambio climático, la urbanización, el crecimiento económico y las tensiones geopolíticas han influido en la oferta y la demanda globales de productos ganaderos, generando



preocupaciones sobre el bienestar animal y la sostenibilidad ambiental debido a métodos de producción intensificados. Para abordar estos desafíos, los seminarios web propusieron estrategias adaptadas, como promover la intensificación sostenible de los sistemas de producción animal, adoptar el enfoque de "Una sola salud" y compartir datos de manera efectiva para la toma de decisiones informada. Las recomendaciones también incluyen aumentar el número de laboratorios veterinarios que utilizan métodos de diagnóstico estandarizados y fomentar asociaciones público-privadas para abordar las preocupaciones de salud animal. Además, se destacaron estrategias para sistemas pastoriles y mixtos, como el despliegue de germoplasma forrajeros más resilientes, la recuperación de pastizales degradados y la implementación de prácticas mejoradas de pastoreo (Pezo *et al.,* 2024).

El presente trabajo persigue como objetivo poner a disposición de la región los conocimientos, productos y tecnologías, generados por el sistema de ciencia e innovación del Instituto de Ciencia Animal de Cuba (ICA) y otras entidades científicas y universidades cubanas, con potencialidades demostradas de inserción en el sector ganadero, para avanzar hacia una ganadería sostenible, resiliente, diversa y equitativa, que contribuya a desarrollar sistemas alimentarios sostenibles y garantizar la seguridad alimentaria y nutricional de la sociedad, con favorable impacto económico, social y ambiental.

CONTEXTO CUBANO

Cuba dispone de conocimientos, tecnologías, metodologías y buenas prácticas para desarrollar sistemas ganaderos sostenibles, inclusivos, resilientes y diversos. Avanza en las Evaluaciones Nacionales del Inventario de Gases Efecto Invernadero (INGEI) y desarrolla proyectos que tributan a la adaptación y mitigación al cambio climático, así como a los Reportes Bienales Actualizados (IBA) y las Contribuciones Nacionalmente Determinadas (CND) a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático.

Implementa un Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social hasta el 2030, el Plan de Estado para el Enfrentamiento al Cambio Climático (Tarea Vida), la Ley de Seguridad y Soberanía Alimentaria, Ley de fomento y desarrollo de la Ganadería, Ley 150 "Del Sistema de los Recursos Naturales y el Medio Ambiente" y Decreto Ley 86 "Del Enfrentamiento al Cambio Climático". Recientemente se aprobó el Resolución 106/2025 relacionada con el reglamento para las actividades del mercado de carbono y Decreto 128/2025 que establece las regulaciones generales, principios y procesos para la aplicación de la agroecología, su promoción y facilitación.

La superficie agrícola de Cuba es de poco más de seis millones de hectáreas, de ellas, 2.6 y 3.5 millones de hectáreas para la ganadería y la agricultura, respectivamente (ONEI 2023). En las áreas agropecuarias se identifican, como principales problemas ambientales la degradación de los suelos, la contaminación de las aguas terrestres y la pérdida de diversidad biológica, lo que acentúa su vulnerabilidad al cambio climático (Lok *et. al.,* 2023). A esto se une el pastoreo excesivo, la invasión de malezas, los eventos hidrometeorológicos, la reducción de las áreas de cultivo y afectación en la calidad y disponibilidad del agua (Sardiñas *et. al.*, 2022).

En el caso particular del cambio climático, se reconoce que el futuro climático de Cuba se describe como más cálido, seco y extremo. En el sector Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra (AFOLU, sus siglas en inglés) los principales impactos esperados por el cambio climático, según la "Tercera Comunicación Nacional y Primer Reporte Bienal a la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático", están en la reducción significativa de su rendimiento y de áreas cultivables, cosechas de menor calidad y en zonas costeras la intrusión salina aumentará su penetración en los acuíferos subterráneos. Como medidas de adaptación desde la ciencia y la innovación se debe continuar desarrollando acciones encaminadas a la obtención de nuevas variedades con tolerancia a mayores temperaturas, a la sequía o encharcamiento prolongado, a la salinidad, o a plagas, enfermedades y virus, que logren mantener rendimientos aceptables.

En la producción animal los impactos están directamente relacionados con el aumento de la temperatura del aire que afecta su productividad y salud, así como disminución generalizada de la disponibilidad de alimentos, debido a la merma en la producción potencial de biomasa en los pastos; menor disponibilidad de agua para el consumo directo por los animales y para otros usos de las tecnologías empleadas; y disminución progresiva de la duración en días de las fases fenológicas de los cultivos.

La Primera Contribución Nacionalmente Determinada Actualizada de Cuba (CND) reafirma la adaptación como la prioridad principal del país, debido al impacto negativo del cambio climático sobre sus ecosistemas naturales y humanos y dado el bajo nivel de emisiones de Gases de Efecto de Invernadero (GEI) en el país. Entre sus prioridades está adaptar las actividades agropecuarias, en particular las de mayor incidencia en la seguridad alimentaria, a los cambios en el uso de la tierra como consecuencia de la elevación del nivel del mar y la sequía. El Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social al 2030 (PNDES 2030), introduce por primera vez en las políticas públicas, el concepto de un desarrollo menos intenso en emisiones de gases de efecto invernadero. Los sectores priorizados para la reducción de emisiones, en la etapa actual, son el de energía (70.5 % de las emisiones totales) y la agricultura (20.5 % de las emisiones totales). Además, se compromete a dirigir la reforestación hacia la máxima protección de los suelos y las aguas, en cantidad y calidad, con un incremento de la cobertura forestal del país hasta 33% en el año 2030.

La economía cubana en estos últimos años transita por un período excepcional, marcado por el recrudecimiento del bloqueo y el impacto de la pandemia, con afectación directa en los ingresos de divisas al país, realidad que incide en una marcada reducción de las producciones agropecuarias, déficit de ofertas, con lo cual se ha exacerbado la inflación y la carencia de recursos e insumos en todos los sectores de la sociedad. No obstante, la dirección del país asumió como un pilar en nuestra estrategia económica social la gestión gubernamental basada en la ciencia y la innovación, para encontrar solución a los retos y desafíos tan retadores que enfrentamos, y asegurar el desarrollo sostenible.

La producción de alimentos y la energía constituyen los sectores estratégicos priorizados para avanzar en la seguridad y soberanía alimentaria y en el desarrollo socioeconómico del país. En las proyecciones de gobierno constituye una necesidad imperiosa incrementar la masa ganadera y las producciones agropecuarias, para ello es imprescindible desde la ciencia y la innovación abordar los desafíos y oportunidades que enfrenta el sector ganadero con soluciones innovadoras que aporten a la producción de alimentos, el desarrollo de las cadenas de valor, la mitigación y adaptación al cambio climático, los sistemas alimentarios locales y a los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas.

ALTERNATIVAS DESDE LA CIENCIA Y LA INNOVACIÓN DE CUBA.

Cuba dispone de entidades científicas con décadas de trabajo dedicados a la producción animal y el desarrollo de las ganadería que han aportado conocimientos, productos y tecnologías con potencialidades demostradas de inserción en el sector ganadero de Cuba y otros países de la región tropical. A continuación se presentan resultados relevantes y tecnologías generadas por el ICA y entidades científicas y universidades cubanas que pueden contribuir al diseño de sistemas ganaderos sostenibles y resilientes en Cuba y el trópico:

- Germoplasmas obtenidos y colectados por el ICA con capacidad de adaptación a diferentes condiciones edafoclimáticas y Registro Comercial en Cuba. *C. purpureus* vc. Cuba CT-115, Cuba CT-169 y *C. purpureus* x *C. glaucus* Cuba OM-22. *Tithonia diversifolia* ICACUBA Oc-10; ICACUBA Oc-23; ICACUBA Oc-24 y ICACUBA Oc-25
- Variedades para la producción de forrajes de *C. purpureus* tolerantes a condiciones de salinidad y sequía
- Programa de Regionalización de Pastos y Forrajes
- Tecnologías sostenibles y resilientes para la producción de leche y carne con máximo aprovechamiento de los pastos y forrajes, el empleo de subproductos agroindustriales y uso eficiente de los recursos naturales
- Tecnologías de producción de leche (Modelo de lechería tropical) y carne con bancos de biomasa de Cuba CT-115
- El empleo de plantas proteicas *(Leucaena leucocephala, Tithonia diversifolia, Morus alba* y *Moringa oleífera*) en sistemas de producción de leche, carne y huevo para diferentes especies y categoría animal
- Variantes de sistemas silvopastoriles con *Leucaena leucocephala, Tithonia diversifolia* y otras especies arbóreas, validadas en sistemas de producción de leche y carne en ganadería vacuna y bufalina
- Asociación de gramíneas y mezcla múltiple de leguminosas rastreras con vacunos en desarrollo
- Tecnología para el empleo de cultivos temporales
- Tecnologías para la conservación de pastos y forrajes
- Tecnología para la producción de semillas de pastos, forrajes y otros cultivos de interés para la ganadería
- Variedades de caña de azúcar recomendadas para la producción animal
- Empleo de bioproductos como: Nitrofix, FitoMas, Bioenraiz, Ecomic y Azofert en las siembras de pastos y forrajes
- Tecnología para el uso de caña de azúcar, sus subproductos y nuevos alimentos derivados de esta (harina de caña, saccharinas rústicas, levaduras, mieles, miel-urea al 2%, bloques multinutricionales, miel-urea-bagacillo y cachaza)
- Estrategias dietarias para minimizar la producción de GEI y lograr máximo aprovechamiento de los recursos locales.
- Activadores de la fermentación ruminal: ACTIBIOL®, NUTRIBIOL® MEBA®
- Tecnología para la elaboración y uso del alimento ensilado cubano (AEC)
- Tecnología para el empleo de la zeolita y suplementos minerales en los sistemas productivos de rumiantes, aves y cerdos
- Tecnologías para el empleo de la vinaza de destilerías de alcohol como alternativa nutricional en diferentes especies y categoría animal
- Colección de microorganismos para la obtención de productos biotecnológicos, con potencialidades para el sector agropecuario e industrial, ubicada en el World Data Centre for Microorganisms
- Tecnología para la obtención y empleo de aditivos zootécnicos (microbianos, prebióticos, simbióticos, fitobióticos, acidificantes, enzimáticos) como mejoradores de la eficiencia de utilización de los nutrientes en la alimentación no convencional
- Se dispone de prototipos de plantas de producción de activadores de la fermentación animal que puede reproducirse a diferentes escalas productivas. Así como, de **formulaciones** y marcas registradas para su comercialización
- Procesos biotecnológicos para la obtención de alimentos y aditivos a partir de residuos y subproductos agroindustriales
- Paquetes tecnológicos para el manejo integrado de plagas y enfermedades
- Metodologías para la evaluación y selección de animales de las diferentes especies y razas de interés ganadero
- Paquete tecnológico de mejoramiento animal y reproducción asistida
- Tecnologías para el tratamiento de residuales para producir energía y fertilizantes en los sistemas ganaderos
- Sistema de evaluación de productos y diagnosticadores de uso veterinario
- Modelos matemáticos para medir los impactos de los procesos de innovación en todas sus dimensiones

OPORTUNIDADES PARA FORTALECER LA INTEGRACIÓN REGIONAL

América Latina y el Caribe tiene la oportunidad de liderar la transición hacia una ganadería sostenible y resiliente. Para materializar este potencial, se requiere superar las barreras de financiamiento de manera constante y a mayor escala, fortalecer las capacidades locales e institucionales, mejorar la integración entre las diferentes políticas públicas sectoriales y promover la colaboración internacional continua para compartir conocimientos y recursos.

Organismos internacionales como la FAO impulsan iniciativas de producción ganadera baja en emisiones y responsables con el medio ambiente, la cual llamamos ganadería sostenible y regenerativa. Los avances en nutrición y sanidad animal o la incorporación de la biotecnología, entre muchos otros, son algunos ejemplos del camino a transitar (FAO, 2024).





La implementación de acciones en el sector ganadero regional, muestran resultados alentadores y evidencian que, la actividad ganadera puede contribuir con soluciones integrales a enfrentar el cambio climático, la inseguridad alimentaria y la degradación de los ecosistemas. Se han logrado importantes definiciones en materia de producción ganadera sostenible y regenerativa, mecanismos de certificación, así como también sobre el rol y desafíos de los pequeños productores (FAO, 2023 b).

Soluciones como la mejora de la sanidad animal y las prácticas de cría, la reducción de la pérdida y el desperdicio de alimentos y la focalización directa en las emisiones de GEI pueden proporcionar múltiples beneficios para las personas y el planeta; sin embargo, requieren inversiones en el sector con miras a reducir las lagunas de eficiencia, al mismo tiempo que se satisface una mayor demanda mundial de proteínas de origen animal. Se plantea que las intervenciones deben ser específicas para cada lugar y facilitar el acceso de los productores a financiación y servicios para que puedan poner en práctica intervenciones adoptadas (FAO, 2023 b).

En Cuba se desarrollan un grupo de iniciativas respaldadas por fondos nacionales y de la cooperación internacional con recursos financieros de la FAO, PNUD, CYTED, la Unión Europea, la Cooperación Francesa, Agencia de Cooperación Italiana, entre otras, que están contribuyendo a la sostenivilidad y resiliencia de los sistemas productivos, las cadena de valor agropecuarias y las comunidades de Cuba. Algunos de ellos tendrán su espacio de socialización de resultados en el marco de esta magna cita.

Para avanzar hacia una ganadería sostenible, resiliente, diversa y equitativa es necesario defender las alianzas entre todos los actores involucrados y seguir la promoción de prácticas sostenibles y climáticamente inteligentes, compartir experiencias a nivel de marcos normativos, gobernanza, buenas prácticas y metodologías para fortalecer capacidades, así como generar espacios para el diálogo que permitan un enfoque integral en los análisis y búsqueda de soluciones conjuntas a los desafíos presentes y futuros del sector ganadero.

Desde la ciencia e innovación, se debe profundizar en investigaciones con enfoque holístico en temas como sinergia entre mitigación y adaptación profundizando en genética, salud, alimentación animal, manejo y uso del agua y el suelo. Avanzar en estudios ecosistémicos y de biodiversidad, así como en el tratamiento de residuales para producir energía y fertilizantes en los sistemas ganaderos e incorporar las nuevas tecnologías y soluciones basadas en datos (ganadería 4.0).

Atención especial a factores socioeconómicos que intervienen en los sistemas de innovación alimentarios locales y el desarrollo de modelos para evaluar el impacto de diferentes intervenciones a nivel de las unidades de producción y de otros eslabones de las cadenas de valor.

Es evidente la necesidad de fortalecer la gestión del conocimiento, la formación de recursos humanos, el trabajo con los jóvenes y el enfoque de género que contribuya a que el sector ganadero prospere de manera sostenible y genere beneficios a nivel ambiental, social y económico.

CONSIDERACIONES GENERALES

Lo abordado en este trabajo destaca la necesidad de acciones continuas y coordinadas que garanticen una colaboración regional, con enfoque integral y multidisciplinarios, para abordar los desafíos actuales y futuros que enfrentan los sistemas ganaderos para lograr su sostenibilidad y resiliencia. El sistema de ciencia e innovación del Instituto de Ciencia Animal y otras entidades de ciencia y universidades cubanas, pone a disposición de la región los conocimientos, productos y tecnologías generados, con potencialidades demostradas de inserción en el sector, para avanzar hacia una ganadería sostenible, resiliente, diversa y equitativa, que contribuya a desarrollar sistemas alimentarios sostenibles y garantizar la seguridad alimentaria y nutricional de la sociedad, con favorable impacto económico, social y ambiental.

BIBLIOGRAFÍA

CITMA 2020. Tercera Comunicación Nacional a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Ministerio de Ciencia tecnología y Medio Ambiente (CITMA), La Habana, Cuba Editores: Eduardo O. Planos Gutiérrez y Tomas L. Gutiérrez Pérez. ISBN: 978-959-300-170-0

FAO 2023a. Transformar los sistemas ganaderos para mejorar su eficiencia, inclusividad y resiliencia, en colección de publicación de la FAO https://www.fao.org

FAO 2023b. Un nuevo informe de la FAO traza vías para reducir las emisiones del sector ganadero, en colección de publicación de la FAO https://www.fao.org

FAO 2024. Ganadería sostenible en América Latina y el Caribe. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe, en colección de publicación de la FAO https://www.fao.org

ONEI 2023. Oficina nacional de estadística e información de la República de Cuba. Anuario estadístico de Cuba 2023.

Pezo, D., Ávalos, I., Pulido, A., Villanueva, C., Peguero, F., Sepúlveda, C., Scudiero, L., Arce, E., Steinfeld, H. 2024. Key drivers of change that affect livestock systems and their impact on sustainability and resilience (en línea). Turrialba, Costa Rica, CATIE. 74 p. (Serie técnica. Informe técnico / CATIE, no. 461). Disponible en https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/12621

Lok S., Ruíz T. E., Galindo J., Iraola J., Alonso J., Rodríguez R., Febles G.J., Martínez O., Herrera R. 2023. Contribución de sistemas integrados sostenibles, resilientes y bajo en emisiones para la ganadería. AGROCIENCIAS. Mesa Redonda. Taller Desarrollo Agropecuario Sostenible. ISBN: 978-959-16-4788-7



BOSQUE Y GANADERÍA

COORDINADORES:
MSc. Nelson Figueroa. Servicio Estatal Forestal de Camagüey, Cuba
Dr. C. Tomás E. Ruíz Vázquez. Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba

2025
SILVOPAT

ISBN: 978-959-7171-88-1
Cu-ID: https://cu-id.com/book/978-959-7171-88-1



TABLA DE CONTENIDO

BG-01. Sistemas silvopastoriles en bosques nativos de Argentina: el desafio de producir conservando .. 2

BG-02. Pastoreo en bosques naturales: balanceando la producción animal y la conservación del ecosistema forestal 3

BG-03. Bosques, Servicios Ambientales e Innovación Tecnológica: Resiliencia, Equidad y Sostenibilidad de los Sistemas Ganaderos en Camagüey 5

BG-04. Contribución del extensionismo al desarrollo del sistema de silvopastoreo en bosques naturales de la provincia Camagüey 10

BG-05. Capacitación, divulgación y educación ambiental en el desarrollo de los sistemas silvopastoriles en bosques naturales en la provincia Camagüey 14

BG-06.Establecimiento de Sistemas Silvopastoriles en bosques naturales del Municipio de Najasa 18

SILVOPAT – 2025 | ICA | ISBN: 978-959-7171-88-1 | Cu-ID: https://cu-id.com/book/978-959-7171-88-1

BG-01. Sistemas silvopastoriles en bosques nativos de Argentina: el desafio de producir conservando

Silvopastoral systems in native forests of Argentina: the challenge of producing while conserving

Pablo L. Peri

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) Santa Cruz, Universidad Nacional de la Patagonia Austral (UNPA)-CONICET, Río Gallegos, Santa Cruz, Argentina.

Correspondencia a: peri.pablo@inta.gob.ar

RESUMEN

La mayor parte de los bosques nativos en Argentina cuentan con ganadería. En este contexto, en 2015 se firma el Convenio Marco Interinstitucional entre los actuales Ministerios de Agroindustria y el de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación para la implementación del acuerdo técnico sobre "Principios y Lineamientos Nacionales para Manejo de Bosques con Ganadería Integrada (MBGI)". El mismo es un plan político-técnico, que permite establecer acuerdos intersectoriales de articulación de herramientas técnico-financieras, con el fin de optimizar los recursos del estado y la aplicación de los lineamientos por parte de las provincias y los productores. El marco conceptual donde se sustenta el acuerdo técnico MBGI, está basado en la provisión de servicios ecosistémicos por parte de los bosques, y en un esquema de manejo adaptativo para definir las intervenciones. En el presente trabajo se presentan los lineamientos técnicos, los contenidos mínimos de los Planes de Manejo MBGI, el estado de avance de las provincias que formalmente adhirieron al Convenio MBGI y los indicadores para el monitoreo de la aplicación de MBGI a escala predial.

Palabras clave*: ganadería, manejo adaptativo, monitoreo, servicios ecosistémicos, silvopastoril.*

ABSTRACT

Most of the native forests in Argentina have livestock. In this context, in 2015 the Inter-institutional Framework Agreement between the current Ministries of Agroindustry and the Environment and Sustainable Development signed a technical agreement for the implementation of the "National Principles and Guidelines for Forest Management with Integrated Livestock (MBGI)". This is a political-technical plan that allows articulation of different sectors for technical-financial tools, in order to optimize the resources of the state and the application of the guidelines by the provinces and farmers. The conceptual framework of MBGI technical agreement is based on the provision of forests ecosystem services, and on an adaptive management scheme to define the interventions. In this work we present the technical guidelines, the minimum contents of MBGI Management Plans, the progress of provinces that formally adhered to the MBGI Agreement and indicators for monitoring the application of MBGI at the farm scale.

Keywords*: livestock, adaptive management, monitoring, ecosystem services, silvopastoral.*





BG-02. Pastoreo en bosques naturales: balanceando la producción animal y la conservación del ecosistema forestal

Grazing in natural forests: balancing animal production and forest ecosystem conservation

Eduardo Somarriba[1], Tania Sánchez Santana[2], Ismael Hernández Venereo[1]*

[1]CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza), Turrialba, Costa Rica

[2]Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey (EEPFIH), Universidad de Matanzas, Cuba, Ministerio de Educación Superior, Cuba

*Correspondencia a: esomarri@catie.ac.cr

RESUMEN

El silvopastoralismo, es decir, el manejo de las interacciones entre leñosas perennes, animales y pasturas, es tan antiguo como la actividad ganadera misma. A lo largo de la historia, las sociedades humanas han combinado la producción animal con el uso y manejo de árboles, arbustos y otras leñosas perennes en forma de diferentes sistemas de producción, en diferentes ecosistemas del mundo y en los más variados contextos socio-culturales. Existe evidencia del manejo de sistemas silvopastoriles en ecosistemas tropicales, sub-tropicales y templados; en climas secos, sub-húmedos y muy húmedos, en zonas de baja altitud y en un amplio rango de pisos altitudinales.

Árboles, animales y pastos pueden combinarse en un gradiente de complejidad taxonómica y estructural, desde sistemas muy simples y totalmente domesticados (por ejemplo, un banco forrajero de *Tithonia diversifolia* en corte y acarreo para alimentar cabras en estabulación) hasta la crianza de animales domésticos en bosques naturales botánica y estructuralmente complejos, pasando por sistemas de complejidad y nivel de antropización intermedia, como los potreros arbolados (con árboles plantados, reclutados de la regeneración natural o ambos), las cercas vivas, el pastoreo en plantaciones forestales o de cultivos perennes. La literatura técnico-científica de los últimos 50 años se ha concentrado en los sistemas silvopastoriles simples o de complejidad intermedia, dedicando poco esfuerzo al análisis y optimización de los sistemas silvopastoriles basado en la utilización del bosque natural. Estos sistemas extensivos se caracterizan por uso de razas criollas, bajo uso de insumos, elevado valor cultural y poca visibilidad en las cuentas nacionales.

En esta presentación se hace un recorrido amplio sobre los sistemas de producción de herbívoros y omnívoros domésticos basados en la utilización de los bosques naturales, enfatizando en cómo las interacciones animal-bosque pueden (o no) alterar a la composición botánica, estructura y procesos ecológicos del bosque y afectar el rendimiento animal. Todos los estudios muestran la necesidad de diseñar estrategias óptimas de manejo que permitan optimizar la producción animal sin alterar significativamente la ecología del bosque. En esta presentación, se dedica especial atención a los sistemas de producción silvopastoril con cerdos, los cuales son usualmente más complejos que los sistemas basados en la crianza de herbívoros rumiantes, incluyendo los basados en el ramoneo y pastoreo de cabras que consumen un amplio rango de especies vegetales. Los cerdos tienen comportamientos sociales y alimenticios muy complejos y consumen no solo follaje, raíces, tallos y frutos de un amplio rango de especies vegetales, sino también numerosas especies de la macrofauna edáfica.

Finalmente, la presentación describe el sistema de producción de carne del cerdo criollo bellotero (*Quercus cubana*) cubano de la provincia de Pinar del Río. Este es un sistema de cultivo extensivo, de una larga tradición cultural (los criadores actuales son la cuarta o quinta generación familiar dedicada a esta labor), inmerso en un permanente conflicto entre criadores de cerdos y manejadores del bosque (pero que puede solucionarse mediante el conocimiento científico y el desarrollo de nuevos conceptos de manejo forestal diversificado) y vinculado directamente con la producción de granos y viandas (raíces y tubérculos) en la finca para suplementar alimentación del cerdo criado libremente dentro del bosque natural de pino-encino. La carne del cerdo bellotero tiene características organolépticas y bromatológicas particulares, es un sistema de producción "ecológico", hace parte de la cultura culinaria del país, tiene más demanda que oferta, y constituye un gran potencial de desarrollo ecoturístico y comercial en Cuba.

Palabras clave: *sistemas silvopastoriles, cerdo criollo bellotero, bosque natural, Quercus cubana, ganadería extensiva, sustentabilidad*

ABSTRACT

Silvipastoralism, that is, the management of interactions between woody perennials, animals and pastures, is as old as livestock activity itself. Throughout history, human societies have combined animal production with the use and management of trees, shrubs and other perennial woody plants in the form of different production systems, in different ecosystems of the world and in the most varied socio-cultural contexts. There is evidence of the management of silvopastoral systems in tropical, subtropical and temperate ecosystems; in dry, sub-humid and very humid climates, in low-altitude areas and in a wide range of altitudinal levels.

Trees, animals and grasses can be combined in a gradient of taxonomic and structural complexity, from very simple and fully domesticated systems (e.g. a forage bank of *Tithonia diversifolia* in cut and carry to feed goats in stables) to

the rearing of domestic animals in botanically and structurally complex natural forests, passing through systems of intermediate complexity and level of anthropization, such as wooded pastures (with trees planted, recruited from natural regeneration, or both), living fences, grazing in forest plantations or perennial crops. The technical-scientific literature of the last 50 years has concentrated on simple or intermediate complexity silvipastoral systems, devoting little effort to the analysis and optimization of silvipastoral systems based on the use of the natural forest. These extensive systems use native breeds, low levels of inputs, conserve important cultural values but have little visibility in the national accounts.

This presentation takes a broad look at the production systems of domestic herbivores and omnivores based on the use of natural forests, emphasizing how animal-forest interactions can (or may not) alter the botanical composition, structure and ecological processes of the forest and affect animal performance. All studies show the need to design optimal management strategies that allow optimizing animal production without significantly altering the ecology of the forest. In the presentation, special attention is given to silvopastoral production systems with pigs, which are usually more complex than systems based on the rearing of ruminant herbivores, including those based on browsing and grazing goats that consume a wide range of plant species. Pigs have very complex social and feeding behaviors and consume not only foliage, roots, stems and fruits from a wide range of plant species, but also numerous species of presentation edaphic macrofauna.

The ends describing the meat production system of the Cuban acorn-fed Creole pig (*Quercus cubana*) from the province of Pinar del Río. This is an extensive farming system, with a long cultural tradition (current breeders are the fourth or fifth generation of the family dedicated to this work), immersed in a permanent conflict between pig farmers and forest managers (but which can be solved through scientific knowledge and the development of new concepts of diversified forest management). Pig rearing in the forest is directly linked to the production of grains and root vegetables (roots and tubers) on the farm to supplement the feeding of the pigs. The meat of the acorn-fed pig has outstanding organoleptic and bromatological characteristics, it is an "ecological" production system, it is part of the country's cuisine, it has more demand than supply and constitutes a great potential for ecotourism and commercial development in Cuba.

Keywords: *silvopastoral systems, Acorn-fed Creole pig, natural forest, Quercus cubana, extensive livestock farming, sustainability*





BG-03. Bosques, Servicios Ambientales e Innovación Tecnológica: Resiliencia, Equidad y Sostenibilidad de los Sistemas Ganaderos en Camagüey

Forests, Environmental Services, and Technological Innovation: Resilience, Equity, and Sustainability of Livestock Systems in Camagüey

N. Figueroa Morell[1]; V. Sánchez Jerez[2]; O. de la C. Vallina González[3] y A.s Martínez Borbón[1].

[1]Servicio Estatal Foresta

[2]Estación Experimental Agroforestal Camagüey

[3]Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales Filial Camagüey.

RESUMEN

Camagüey, principal región ganadera de Cuba, ha enfrentado deforestación histórica y degradación de suelos, pero desde 2010, la adopción de SSP ha permitido restaurar ecosistemas y mejorar la resiliencia climática, donde se combina conocimientos tradicionales con nuevas tecnologías y financiamiento estatal (FONADEF) para promover SSP en bosques naturales, potenciado por sistema de capacitación, extensionismo, divulgación ambiental que acompaña a productores e involucra a comunidades, lográndose establecer 25,000 hectáreas bajo sistemas silvopastoriles en áreas de bosques naturales, incrementado los beneficios socioeconómicos, mayor productividad del agro-sistema y equidad de género (20% de fincas administradas por mujeres), donde se demuestran que modelos basados en naturaleza pueden alinear producción ganadera y forestales con sostenibilidad ambiental y resiliencia climática, contribuyendo a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Su escalabilidad requiere marcos legales robustos, cooperación multiactor, el desarrollo científico y monitoreo continuo.

Palabras claves: *sistemas silvopastoriles, cambio climático, sostenibilidad ganadera, servicios ecosistémicos, extensionismo*

ABSTRACT

Camagüey, Cuba's main livestock region has historically faced deforestation and soil degradation. However, since 2010, the adoption of SSP has allowed ecosystem restoration and improved climate resilience. Traditional knowledge is combined with new technologies and state funding (FONADEF) to promote SSP in natural forests. This is enhanced by a training system, extension work, and environmental outreach that supports producers and involves communities. The project has established 25,000 hectares under silvopastoral systems in natural forest areas. This has increased socioeconomic benefits, increased agro-system productivity, and improved gender equity (20% of farms are managed by women). This model demonstrates that nature-based models can align livestock and forestry production with environmental sustainability and climate resilience, contributing to the Substantiable Develoven Objects (SDGs). Its scalability requires robust legal frameworks, multi-stakeholder cooperation, scientific development, and ongoing monitoring.

Keywords: *silvopastoral systems, climate change, livestock sustainability, ecosystem services, extension work*

INTRODUCCIÓN

Los sistemas ganaderos tradicionales enfrentan grandes desafíos debido al cambio climático. La FAO (2013) ha reconocido la implementación de los Sistemas Silvopastoriles (SSP) como una práctica de Ganadería Climáticamente Inteligente (GCI) y se considera que su adopción es urgente en regiones vulnerables al clima.

Los SSP son una estrategia clave para alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), no solo mitigan el impacto climático, sino que también aumenta su resiliencia garantizando sostenibilidad ambiental y económica de los sistemas ganaderos.

Cuba alineó sus políticas con los ODS mediante el Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social 2030 (PNDES 2030) y la Agenda País reconoce los sistemas agroforestales dentro de la contribución a la estrategia de soberanía alimentaria, adaptación al cambio climático y manejo sostenible integrándolo en un marco legal y político que tiene previsto para el 2030 el aumento en un 33 % del área cubierto de bosques en el país.

CONTEXTO HISTÓRICO

La provincia de Camagüey es la principal región ganadera de Cuba, y cuenta con una gran tradición que ha influenciado su cultura, la economía y el paisaje, el cual originalmente se caracteriza por extensas llanuras que cubren su territorio, acompañadas de sabanas naturales y bosques semideciduos con alta biodiversidad y que ofrecían condiciones ideales para el desarrollo de la ganadería.

6-BG

En el siglo XVI se introdujo el ganado y se atravesó un proceso de deforestación para abrir pastizales, el cual se expandió de manera extensiva 1902-1958, donde la producción ganadera ocupo el 60 % del territorio, posteriormente en la etapa 1950-1990, se produjo un proceso de intensificación ganadera, donde las formas intensivas de producción y el empleo de maquinaria pesada, acentuaron el proceso de transformación del paisaje, modificado por la introducción de pastos, los riegos intensivos de herbicidas y la poca presencia de árboles, lo cual moldeó el paisaje, creándose grandes sábanas antropizadas, provocando la disminución de la biodiversidad (Núñez Jiménez. 1998).

Posteriormente al año 1990 las dificultades económicas, los cambios ocurridos en el clima, el deterioro de los suelos y la perdida de los procesos tecnológicos provoco el deterioro de las condiciones productivas de la ganadería, permitiendo que las plantas invasoras invadieran extensas áreas ganaderas, disminuyendo el potencial productivo y que, de conjunto con la disminución de la masa ganadera, aceleró el proceso de entrega de tierras a productores privados promoviendo la agricultura más diversificada relacionada con la agroecología, agroforestería y la implementación de SSP.

Bosques

Los bosques proveen servicios ecosistémicos claves para la ganadería, como la regulación hídrica, la sombra y el forraje, mejorando la productividad y sostenibilidad, estudios destacan el rol en la mitigación del cambio climático y conservación de suelos (Montagnini et al., 2013).

En la provincia el área cubierta de bosques alcanza el 28,7 % del territorio de la provincia (400 mil hectáreas) de las cuales el 20 % son de bosques existentes en entidades ganaderas unas 74 mil hectáreas (Servicio Estatal Forestal, 2025).

El paisaje de las áreas ganaderas de la provincia ha ido variando de sábanas antropizadas a extensas áreas de bosques regeneradas de forma natural, este proceso ha permitido revertir la situación logrando que en la actualidad las áreas explotadas por la ganadería ronde las 400 mil hectáreas, similar al área cubierta de bosques en la provincia, además existen alrededor de 350 mil hectáreas que están ociosas, y a pesar de que hay un inventario actualizado se estima que el 70 % pueden ser potencialmente utilizadas para el establecimiento de sistemas Silvopastoriles en Bosques Naturales (SSPBN), (MINAG., 2017).

Servicios Ambientales

Los SSP crean una relación sinérgica entre la producción ganadera y la conservación de los bosques, contribuyen a disminuir la deforestación y aumentan la provisión de servicios ambientales, como la captura de carbono, la conservación de la biodiversidad, la regulación hídrica y la fertilidad del suelo, mejorando el bienestar animal, incrementando la diversidad de forrajes y reduciendo la dependencia de insumos externos (Murgueitio et al., 2015).

Las fincas en las que se implementaron inicialmente los SSP colindaban con áreas protegidas, en la actualidad están diseminada en todo el territorio, proporcionando corredores biológicos que conectan paisajes que combinan la producción ganadera con la restauración de ecosistemas boscosos, incrementando la biodiversidad, mejorando la protección de aguas y suelos, la conservación de las tradiciones y el turismo rural, que permite la seguridad alimentaria de las familias y comunidades.

Los SSP combinan árboles, pastos y ganado en un mismo sistema, esto genera múltiples beneficios alineados con los objetivos de REDD+: disminuye la presión para talar bosques naturales, mejora la productividad sin expandir la frontera agrícola, retienen carbono en su biomasa y en el suelo, además se reducen emisiones de metano (CH_4) del ganado, mediante mejor alimentación y sombra que disminuye el estrés térmico.

Cuba ha incluido los SSP en los Niveles de Referencia de Emisiones Forestales y esta propuesto como medidas de Manejo Sostenible de Bosques (MSB) para acceder al pago de Servicios Ambientales (PSA) que pueden generar benéficos directos para los productores (Servicio Estatal Forestal., 2024).

Innovación Tecnológica

El Manejo de Bosques con Ganadería Integrada (MBGI), es una innovación tecnológica que surge como respuesta a los desafíos de la deforestación, la degradación de suelos y la necesidad de sistemas agropecuarios más sustentables (Montagnini et al., 2013).

Este manejo es un modelo de gestión sustentable a escala predial del bosque nativo, que tiene como objetivo aumentar los servicios ecosistémicos de provisión, con un mínimo impacto sobre el resto de los servicios ecosistémicos y manteniendo los servicios culturales asociados al bosque (Peri et al., 2021).

En la provincia se han desarrollado tradicionalmente sistemas ganaderos intensivos y aunque se han establecido SSP, estos estaban basados fundamentalmente en el uso de árboles forrajeros y otros casos como sombra para el ganado y aunque la Ley Forestal en Cuba permite el uso de las áreas de bosques para el establecimiento de SSP, estos mayoritariamente se implementado en fincas agroforestales que tenían plantaciones.

En el año 2009 un gran número de productores se le entregaron tierras para el desarrollo de la ganadería, las que inicialmente estaban cubierta de malezas que invadían los potreros como el *Dichrostachys cinerea* (Marabú), después de una lucha infructuosa para eliminarlo con métodos de desbroces mecanizados y manual la naturaleza se impuso, ya que las características propias de esta especie protegieron y mejoraron el suelo, además de su sistema de autoraleo



ante la sombra permitió la regeneración natural de árboles como *Samanea Saman* (Algarobo)*, Guasuma ulmifolia* (Guásima), *Casia fistula* (Caña Fistulas), *Trichilia hirta* (Jubabán) y otras en su grama mayoría fomentado por el ganado a partir de su alimentación que se convirtieron en áreas boscosas, donde generalmente los productores optaban por solicitar al Servicio Estatal Forestal (SEF) autorizaciones de desmonte, la cuales están prohibidas y solo se emiten bajos excepcionalidades previstas en la Ley Forestal Cubana.

En el año 2010 el SEF y de conjunto con productores ganaderos dueños de fincas, comenzó a escala experimental el desarrollo de un modelo, que promovía acciones de manejos forestales, que permitían eliminar el marabú y promover el fomento manejo y protección de especies arbórea que favorecen la alimentación, la protección del ganado y forman bosques naturales con una cobertura superior al 30 %, que son incorporados al patrimonio forestal, desarrollándose un Sistema de Silvopastoreo en Bosques Naturales (SSPBN).

En el año 2012 el Ministerio Economía y Planificación y el Ministerio de Finanzas y Precio aprueba Resolución Conjunta 1/2012 que financia los SSP a través del FONADEF, lo que permitió crear el Programa de Bosque y Ganadería en Camagüey (PBG), que promueve el establecimiento de los SSPBN en productores, cooperativas y empresas, basado en un modelo adaptativo que combina tecnologías forestales con manejos ganaderos, a través del conocimiento de los productores, técnicos, expertos e investigadores y extensionistas, que asisten directo al productor, elaborando, asesorando la ejecución técnica y financiera de los proyectos de manejo de la regeneración natural, poste vivos, limpias forestales, raleos, protección forestal, manejos ganaderos y conservación de suelos, usando principios ecosistémicos donde se eliminan especies invasoras, se regula la sombra, se fomentan, protegen y conservan especies que favorecen la alimentación y protección del ganado, la comercialización de productos del bosques y los servicios ambientales, además tienen aseso a financiamientos estatales que promueven el desarrollo, protección y conservación de los bosques, el mejoramiento de suelo y otros previstos por otras organizaciones que contribuyen a la sostenibilidad del agro-sistema.

Resiliencia, Equidad y Sostenibilidad

El programa destaca por su enfoque multisectorial dirigido por el Ministerio de la Agricultura (MINAG) y coordinado por el Servicio Estatal Forestal (SEF), donde participan entidades gubernamentales, centros de investigación, universidades, empresas, cooperativas y productores y comunidades, promoviendo la inclusión y gestión colectiva y el desarrollo socio-productivo amparados en programas gubernamentales como: *"Plan Soberanía Alimentaria y Educación Nutricional"*, *"Programa Forestal Nacional 2030"* y *"Programa de Desarrollo Ganadero de Cuba*", implementados a nivel local y que integra las contribuciones ambientales y la gobernanza resiliente en el *"Plan de Estado para el Enfrentamiento al Cambio Climático (Tarea Vida)"*, en concordancia con los objetivos ODS del país.

El país tiene un marco legal actualizado que de manera general propicia el establecimiento de los SSP, plasmado en la Ley 148 "*Soberanía Alimentaria y Educación Nutricional"*, la Ley 150 *"Recursos Naturales y Medio Ambiente,* la Ley 161 *Ley de Ganadería"* y en la Ley 85 *"Ley Forestal"*.

I. Dimensión Ambiental

En el periodo de 1951 - 2017 se han observado cambios importantes en el clima de Cuba. Las mayores evidencias comprobadas son el incremento de la temperatura media anual 1 °C, aumentado 1.4 °C en el periodo Diciembre – Febrero, además se registran sequías más intensas y prolongadas (República de Cuba., 2020).

Estas condiciones afectan directamente a la ganadería tradicional, por lo que el establecimiento de SSPMB que integra la producción, conservación y tradiciones con soluciones basadas en la naturaleza, teniendo como base el proceso de restauración natural de los ecosistemas, es un modelo que ha proporcionado un agro-paisaje resiliente, permitió la regeneración natural de especies adaptadas a las condiciones locales, destacándose el *Samanea Saman* y *Guasuma ulmifolia* que fructifican y dan forraje en la época de seca, siendo reproducidas fundamentalmente por el ganado, además de otras que contribuyeron a la restauración de áreas de bosques similares a las formaciones naturales características de la zona, disminuyendo la fragmentación del paisaje y creando corredores biológicos donde se ha incrementado la biodiversidad, la conservación de especies endémicas de la flora y la fauna, especies de maderas preciosas, la conservación del suelo, la disminución del estrés térmico y ha contribuido a la mitigación y recuperación ante eventos extremos.

II. Desarrollo Científico –Técnico

El programa basa su sostenibilidad en el desarrollo de investigación y tecnologías que generan los centros de ciencia y tiene la participación de la Universidad de Camagüey, la Estación Experimental Agroforestal de Camagüey, la Estación Experimental de Pastos y Forrajes, la Estación Experimental de Suelos y Fertilizantes, el Centro de Investigaciones de Medio Ambiente de Camagüey, y la contribución del Instituto de Ciencia Animal (ICA) a través de su asesoría e incorporación al desarrollo del programa.

III. Fortalecimiento de Capacidades y Divulgación

8-BG

El fortalecimiento de capacidades y divulgación son pilares para la implantación del SSPMB, desde su inicio ha desarrollado un programa de *"Capacitación, extensionismo, divulgación y educación ambiental"*, que ejecutan de manera conjunta el SEF, la Estación Experimental Agroforestal de Camagüey y la Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales (ACTAF), desarrollando la RED de Extensionistas, que ha permitido crear capacidades, confeccionar planes de manejos y proyectos técnicos, acompañando a los productores en la gestión, ejecución, control de actividades y el de financiamiento para el desarrollo de los SSPBN en sus fincas.

La estrategia de Divulgación y Educación Ambiental es gestionada por la ACTAF y el SEF, ha permitido la divulgación de las actividades científicas, técnicas, legales y educativas, promulgado eventos, talleres, jornadas conmemorativas, círculos de interés, concursos ambientales, noticias periodísticas y otras iniciativas vinculadas con los productores y la comunidad.

IV. Desarrollo Técnico - Productivo

En el programa de SSPBN participan 266 entidades empresariales y cooperativas, distribuidas en 1507 fincas, de ellas 1209 fincas privadas, donde el 20 % son administradas por mujeres.

Hasta el año 2024 se han establecido 25 mil hectáreas de SSPBN (Gráfico 1.), y aunque están distribuidas en toda la provincia, se destacan con mayor cantidad los municipios de Najasa (14.5 mil ha), Jimaguayú (3.6 mil ha) y Santa Cruz del Sur (3.0 mil ha).

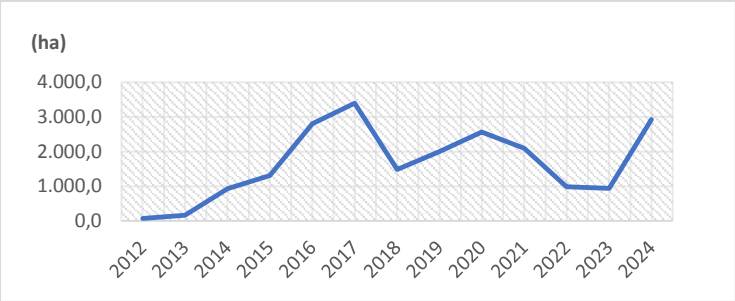


Gráfico 1. *Incorporación de Áreas en SSPBN por Año.*

En el periodo 2010-2024 se han financiado por el FONADEF 456 millones de pesos en la ejecución de 9460 proyectos técnicos de fomento, manejos, protección, capacitación y divulgación de los SSPBN en la provincia.

En el estudio de 1247 fincas ganaderas en los municipios Najasa y Jimaguayú, se determinó que el 38 % de las fincas implementaron SSPBN y como promedio superan a las fincas tradicionales en un 40 % el tamaño del rebaño, en un 32 % el potencial para la producción de leche y en 35 % para la producción carne vacuna, además se contactó eran menores las muertes por desnutrición y el ganado presentan mejor composición corporal en la época de seca.

Las áreas de SSPBN también contribuye al desarrollo forestal de la provincia, en los últimos 10 años han aportado el 62 % del incremento del índice de boscosidad (Gráfico 2.), además aportan el 50 % de la madera aserrada que se produce en la provincia.

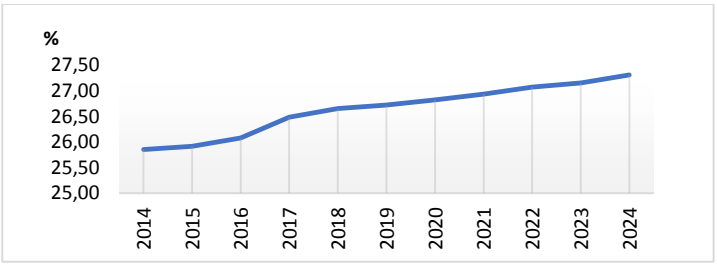


Gráfico 2. *Índice de Boscosidad Anual*

CONCLUSIONES

El desarrollo del programa de silvopastoreo en áreas de bosques regeneradas naturalmente es un modelo que mejora la resiliencia, sostenibilidad, los servicios ecosistémicos y contribuyen al cumplimiento de los ODS 2030 y puede ser

extendido al resto del país, para lo cual requiere de generar políticas específicas y consolidar un marco legal, normativo y financieros que potencie la gestión del programa, los desafíos ambientales y socioeconómicos, donde el éxito depende de la continuidad de investigaciones, la cooperación multiactor, adaptación a los contestos locales, promover las tecnologías que permitan los manejos eficientes, fortalecer las cadenas de valores, monitoreo y control del programa a largo plazo para maximizar su impacto.

AGRADECIMIENTOS

Al Ing. Elías Linares Landa, (Ex Director Nacional del SEF) promotor de este programa.

A los Dr. C. Tomás E. Ruíz Vázquez, Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba y al Dr. C. Enrique Murgueitio Restrepo, Director Ejecutivo del Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV), Colombia, por el apoyo, asesoría y colaboración.

BIBLIOGRAFÍA

FAO, (2013). Climate-smart agriculture sourcebook. Roma. [En línea]. Disponible: http://www.fao.org/3/i3325e/i3325e.pdf.

MINAG, (2017). Balance Uso y Tenencia de la Tierra provincia Camagüey. Archivos Delegación del MINAG Camagüey

Montagnini, F., Ibrahim, M., & Murgueitio, E., (2013). Silvopastoral systems and climate change mitigation in Latin America. Bois et Forêts des Tropiques, 316(2), 3-16.

Murgueitio, E.; Barahona, R.; Chará, J. D.; Flores, M. X.; Mauricio, R. M. & Molina, J. J., (2015). Los Sistemas silvopastoriles intensivos en América Latina alternativa sostenible para enfrentar el cambio climático en la ganadería. Memorias. V Congreso de producción animal tropical. La Habana, Cuba. p. 245-257.

Núñez Jiménez, A., (1998), El libro de los bosques cubanos. Madrid: Agua Larga. Detalla la transformación del paisaje camagüeyano desde la colonia.

PANDES, (2030). Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social hasta el 2030. Presidencia de la república. https://www.presidencia.gob.cu/es/gobierno/plan-nacional-de-desarrollo-economico-y-social-hasta-el-2030.

Peri, P. L.; Cellini, J. M.; Alberti, A.; Mattenet, F.; Huertas, L.; Monelos, L.; Mónaco, M. y Martínez Pastur, G., (2021) Sistema de monitoreo predial de Manejo de Bosques con Ganadería Integrada (MBGI) en bosques de ñire de la provincia de Santa Cruz, Patagonia, Argentina. Actas XI Congreso Internacional de Sistemas Silvopastoriles. México, p.1-23.

República de Cuba, (1998). Ley 85/1998 "Ley Forestal". Gaceta Oficial Nº 46 La Habana, Cuba.

República de Cuba, (2012). Resolución Conjunta 1/2012, "Normas sobre el Funcionamiento del Fondo Nacional de Desarrollo Forestal". Gaceta Oficial Nº 45 La Habana, Cuba.

República de Cuba, (2020): Tercera Comunicación Nacional a la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático. AMA, La Habana, Cuba.

República de Cuba, (2022). Ley 148/2022 "Soberanía Alimentaria y Educación Nutricional". Gaceta Oficial Nº 77. La Habana, Cuba.

República de Cuba, (2023). Ley 150/2023 "Del Sistema de los Recursos Naturales y el Medio Ambiente". Gaceta Oficial Nº 87. La Habana, Cuba.

República de Cuba, (2023). Ley 161/2022 "Ley de Ganadería". Gaceta Oficial Nº 58. La Habana, Cuba.

Servicio Estatal Forestal, (2024). Informe de seguimiento a la Contribución Nacionalmente Determinada: "Incremento de la cobertura forestal del país hasta 33 % en el año 2030". Min. Agricultura, La Habana, Cuba. p 6.

Servicio Estatal Forestal, (2025). Dinámica Forestal: 2024. Ministerio de la Agricultura, La Habana, Cuba.

BG-04. Contribución del extensionismo al desarrollo del sistema de silvopastoreo en bosques naturales de la provincia Camagüey

Contribution of extension work to the development of silvopastoral systems in natural forests in the province of Camagüey

V. Sánchez Jerez [1]; N. Figueroa Morell [2] y O. Marrero Vallinas [3]*

[1]UCTB Estación Experimental Agroforestal Camagüey, Cuba

[2]Servicio Estatal Forestal Camagüey, Cuba

[3]Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales. Filial Camagüey. Cuba.

*Correspondencia a: camaguey@forestales.co.cu

RESUMEN

El extensionismo forestal ha sido un pilar fundamental en la implementación de tecnologías que integran la producción ganadera y el manejo forestal para el establecimiento de los Sistemas de Silvopastoreo en Bosques Naturales (SSPBN), transformado de forma productiva y ambiental la principal región ganadera de Cuba, el estudio no experimental de los datos estadísticos en el periodo 2012-2024, permitió evaluar la contribución del extensionismo al desarrollo de este programa, mostrando resultado apreciables donde la gestión de los extensionistas, acompañados de una sólida estrategia de extensión y financiados por el Fondo de Desarrollo Forestal (FONADEF), han permitido el establecimiento 25641 hectáreas de SSPBN en 1507 fincas, contribuyendo el incremento del índice de boscosidad de la provincia, mejorando las condiciones productivas de ganado, promoviendo la conservación de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos, siendo un modelo replicable y clave para la sostenibilidad ambiental y socioeconómica del país.

Palabras claves: *extensionismo forestal, sistemas silvopastoriles, regeneración natural, fincas de referencia, ganadería sostenible, servicios ecosistémicos*

ABSTRACT

Forestry extension has been a fundamental pillar in the implementation of technologies that integrate livestock production and forest management for the establishment of Silvopastoral Systems in Natural Forests (SSPBN), productively and environmentally transforming the main livestock region of Cuba, the non-experimental study of statistical data in the period 2012-2024, allowed to evaluate the contribution of extensionism to the development of this program, showing appreciable results where the management of extensionists, accompanied by a solid extension strategy and financed by the Forestry Development Fund (FONADEF), have allowed the establishment of 25,641 hectares of SSPBN in 1,507 farms, contributing to the increase of the forestry index of the province, improving the productive conditions of livestock, promoting the conservation of biodiversity and ecosystem services, being a replicable and key model for the environmental and socioeconomic sustainability of the country.

Keywords: *forestry extension, silvopastoral systems, natural regeneration, reference farms, sustainable livestock farming, ecosystem services*

INTRODUCCIÓN

Camagüey es la principal región ganadera de Cuba. Ha desarrollado tradicionalmente sistemas ganaderos intensivos y ha enfrentado un proceso de deforestación histórica, degradación de los suelos y sequías prolongadas que, en conjunto con la crisis económica de los años 90, provocaron el deterioro de las condiciones productivas, la degradación de los pastos y el incremento de malezas y árboles que regeneraron naturalmente en sus áreas (Figueroa, *et al.*, 2025).

En el año 2010, el Servicio Estatal Forestal (SEF), aprovechando que estas áreas mostraban una clara recuperación de las condiciones para el fomento de bosques naturales, promovió el desarrollo de un novedoso modelo que combina tecnologías forestales con manejos ganaderos, creando los Sistemas de Silvopastoreo en Bosques Naturales (SSPBN). Esto demandó, para su implementación y desarrollo, un proceso de divulgación, capacitación y acompañamiento técnico para especialistas, productores, cooperativas y empresas por extensionistas.

La Extensión Agraria Forestal tiene la misión de asistir al productor con la capacitación sistemática de las mejores experiencias, ya sean provenientes de centros de investigación o de la innovación tecnológica de los propios productores, además de corregir aquellas deficiencias tecnológicas que por diferentes motivos se produzcan en el proceso productivo. (Pavón 2014) En 1998 comenzaron las acciones iniciales para la creación del Sistema Nacional de Extensión Agraria (SNEA), por parte del Ministerio de la Agricultura, con una orientación netamente tecnológica, aunque con algunos elementos socioeconómicos enfocados a brindar a los productores soluciones técnico-productivas, asistencia e información de acuerdo con sus necesidades (un elemento inexistente en los anteriores modelos) y elevar sus niveles de educación técnica y general, considerando las dimensiones tecnológica, socioeconómica y medioambiental. (Días, *et al.*, 2015).

En el 2000 fue creado el Sistema de Asistencia Técnica y Extensionismo Forestal en el Instituto de Investigaciones



Forestales, que promovía la transferencia de tecnologías y asistencia técnica, entre las que se encontraba el establecimiento de sistemas silvopastoriles en áreas de plantación de fincas agroforestales financiadas por las empresas forestales. (Padrón et al., 2004) La creación en el 2003 del Sistema de Extensión del Instituto de Ciencia Animal (SEICA) permitió la introducción de productos y tecnologías generados por el ICA relacionados con los sistemas silvopastoriles en plantaciones de banco de proteínas. (Días, *et al*., 2015).

En el 2024 fue aprobado el Decreto 117/2024 de la Organización y Funcionamiento del Sistema de Extensión Agraria, como proceso participativo y de acompañamiento que involucra a varios actores económicos gestiona a través de las personas naturales y jurídicas relacionadas con ella, el desarrollo de capacidades en la producción agropecuaria y forestal, su articulación con el entorno y el acceso al conocimiento, tecnologías, productos y servicios de apoyo, con el propósito de hacer sostenible y sustentable su producción y contribuir al mejoramiento de vida de la sociedad cubana. (República de Cuba, 2024).

El programa de extensionismo forestal en la provincia de Camagüey comenzó en el año 2004. Sus primeras acciones fueron encaminadas a la difusión, capacitación y ejecución de los proyectos técnicos financiados por el FONADEF, que inicialmente priorizó los programas de fomento de plantaciones, manejo, protección de bosques y la conservación de la flora y la fauna, que ejercían las empresas especializadas y algunas empresas agropecuarias que iniciaban el desarrollo de plantaciones forestales.

En el año 2012 se crea una RED de Extensionistas que acompaña al Programa de Bosque y Ganadería en Camagüey (PBG) a partir de la capacitación, divulgación y educación ambiental, asistiendo de manera directa al productor, creando capacidades y acompañándolos en la gestión, ejecución y control de actividades de los proyectos técnicos financiados por FONADEF, prestando un servicio de asesoramiento y apoyo que facilitara el intercambio de conocimientos y tecnologías entre instituciones, técnicos y comunidades, con el fin de mejorar la gestión sostenible del agrosistema y la adaptación al cambio climático. Nos proponemos como objetivo exponer la contribución del extensionismo al desarrollo de los SSPBN de la provincia Camagüey.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó a partir de la evaluación de los resultados de la implementación del Programa de Capacitación, Extensión, Medio Ambiente y Divulgación Forestal de los SSPBN de la provincia Camagüey, los informes anuales del programa, la base de datos estadísticos del control del presupuesto del Fondo Nacional de Desarrollo Forestal (FONADEF), la base de datos estadísticos del Programa Forestal y la base de datos de la información del catastro y la dinámica del patrimonio forestal.

Para su análisis se utilizó un diseño no experimental, realizando comparaciones en el tiempo denominadas "diseños seriados" que cubren los años de 2012 a 2024.

Se evaluaron siete variables: número de extensionistas capacitados, municipio y entidades con SSPBN, cantidad de fincas beneficiadas, productores beneficiados, número de proyectos técnicos elaborados, áreas de bosques de RN incorporadas a los SSPBN.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La RED de Extensionistas Forestales en la provincia Camagüey tiene la función de desarrollar un sistema que facilite el acceso de decisores, funcionarios, técnicos, productores y comunidades a la gestión del conocimiento, la información y la aplicación de tecnologías asociadas al desarrollo forestal sostenible.

Tiene una estructura multisectorial dirigida por el SEF, donde la Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales (ACTAF) gestiona la estrategia de comunicación, divulgación y educación ambiental, y la Estación Experimental Agroforestal Camagüey (EEAFC) promueve las transferencias tecnológicas y capacitación técnica de conjunto con la Universidad de Camagüey y los centros de ciencias como la Estación Experimental de Pastos y Forrajes Camagüey (EEPFC), la Estación Experimental de Suelos y Fertilizantes Camagüey (EESFC) y el Centro de Investigaciones de Medio Ambiente Camagüey (CITMAC).

La RED está conformada por funcionarios, especialistas, técnicos, investigadores, profesores, asesores legales, productores, comunicadores y otras personas que promueven el desarrollo forestal. Tiene como principios la habilitación como extensionistas para el desarrollo de su gestión, para lo cual se implementó desde el 2010 el Programa de Capacitación para Técnicos y Extensionistas (Sánchez & Figueroa, 2019), que ha permitido preparar a 58 extensionistas en temas relacionados con las legislaciones, tecnologías forestales de fomento, manejo, protección de los bosques, en actividades de aprovechamiento y comercialización de productos forestales, la conservación de la flora y la fauna, los servicios ambientales, manejos ganaderos, empleo de tecnologías geoespaciales (GPS, SIG), elaboración de cartas tecnológicas y fichas de costos, metodologías para el acceso a financiamientos estatales que promueven el desarrollo, protección y conservación de los bosques, el mejoramiento y conservación de suelo, la conservación de la flora y la fauna, los servicios ambientales y otros que contribuyen al manejo sostenible de las fincas y comunidades.

La RED abarca toda la provincia. Para su funcionamiento, ejecuta anualmente a nivel provincial y municipal proyectos de Capacitación, Extensionismo, Divulgación y Educación Ambiental financiados por el FONADEF, lo que permite planificar las actividades a ejecutar según el programa aprobado para cada territorio, donde los extensionistas tienen la función de planificar, preparar, ejecutar, controlar, evaluar, certificar e informar la ejecución de actividades y gastos

mensuales que son comprobadas, evaluadas y certificadas por el SEF, evaluando el cumplimiento del programa, valorando sus impactos y definiendo nuevas estrategias para su desarrollo.

Los extensionistas son los ejecutores principales en la expansión de los SSPBN. Acompañan a los productores en todos los procesos, divulgando los beneficios, asesoran su implementación, introducen tecnologías y recomiendan los manejos, elaboran los proyectos técnicos forestales, asesoran en las cuestiones legales y financieras, evalúan las acciones ejecutadas e informan sus resultados.

En el período 2012-2024, la RED de Extensionistas ha incorporado 1507 fincas al programa de Bosque y Ganadería, participando en la elaboración de 16 planes de manejo, realizó las evaluaciones y elaboración de 9460 proyectos técnicos forestales, brindando el asesoramiento para la ejecución de 1224 proyectos para la plantación de postes vivos, 1284 de manejo de la regeneración natural, 3801 de manejos silvícolas, 3041 de protección, 23 de conservación de la flora y la fauna y 87 de capacitación (Gráfico 1).

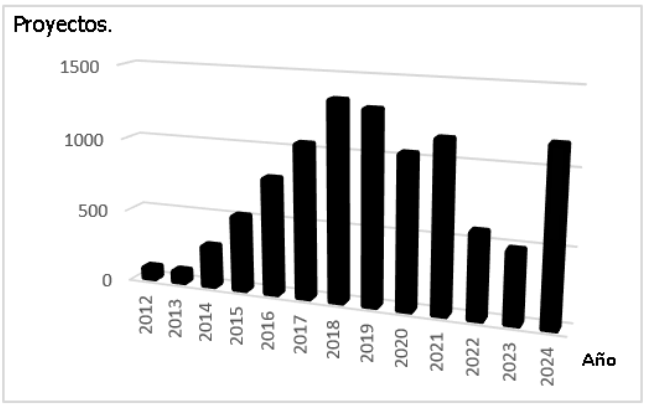


Gráfico 1. *Proyectos ejecutados en SSPBN.*

Se han realizado 9871 acciones de capacitación, divulgación y extensión forestal, que involucran a 5327 productores, 1499 decisores, administrativos, funcionarios y técnicos de 325 entidades, además de 3045 niños, jóvenes y otras personas de las comunidades, para lo que se han empleado 19.4 millones de pesos financiados por el FONADEF.

El trabajo coordinado de la RED y la gestión de los extensionistas ha permitido el establecimiento de 25 mil 600 hectáreas de SSPBN en la provincia, para lo cual se han usado 268 millones de pesos financiados por el FONADEF, permitiendo la incorporación de 18 mil 600 hectáreas por Manejo de Regeneración Natural, así como el manejo y protección de 7 mil hectáreas de bosques establecidos, además de la plantación de 7.4 millones de postes vivos, incidiendo en el 62 % del incremento del índice de boscosidad en los últimos 10 años en la provincia.

En el ámbito ganadero es destacable que las acciones de capacitación, asesoramiento y manejo que han permitido el establecimiento de SSPBN en fincas ganaderas, muestran como promedio el aumento de un 40 % del tamaño del rebaño, un 32 % el potencial para la producción de leche y un 35 % para la producción de carne vacuna.

La dimensión ambiental es la principal línea de acción de la RED de extensionistas, ya que las fincas en las que se implementaron inicialmente los SSPBN colindaban con áreas protegidas y sus actividades han sido encaminadas a crear una relación sinérgica entre la producción ganadera, la conservación de los bosques y la provisión de servicios ambientales, proporcionando corredores biológicos que conectan el paisaje, incrementando la biodiversidad, mejorando la protección de aguas y suelos. Además, se han promovido áreas de conservación de la flora y la fauna que interactúan con sistemas silvopastoriles.

El empleo de la "Metodología de Fincas de Referencia para el establecimiento de Sistemas Silvopastoriles en Bosques Naturales", aprobada por el SEF y ejecutada por los extensionistas en los municipios, ha permitido la selección de 9 fincas de referencia, que con la asesoría de expertos, investigadores, funcionarios y la participación de productores líderes, el financiamiento del FONADEF, del Programa de Mejoramiento y Conservación de Suelo, el apoyo de los gobiernos locales, proyectos nacionales e internacionales, han mejorado su infraestructura, promovido estudios, introduciendo tecnologías novedosas que han desarrollado condiciones técnico-productivas relevantes, donde se divulgan sus resultados y ejecutan capacitaciones, asesoran directamente a productores, promueven el intercambio, la inclusión, la equidad, el rescate de tradiciones y el cuidado del ambiente. (Imagen 1).



Imagen 1. *Centro Capacitación, extensionismo y educación ambiental finca ¨La Liliana¨.*

CONCLUSIONES

El extensionismo forestal ha sido clave en la transformación productiva de la ganadería en Camagüey. A través de una estrategia multisectorial y participativa, se logró implementar y consolidar los Sistemas Silvopastoriles en Bosques Naturales (SSPBN), revirtiendo décadas de degradación de suelos y deforestación, promoviendo no solo la sostenibilidad ambiental, sino también la inclusión social y la resiliencia económica de las comunidades rurales.

El modelo de extensión con financiamiento del FONADEF demostró ser eficaz para integrar conocimiento local, científico e institucional, teniendo resultados palpables y sostenidos en función del establecimiento de sistemas silvopastoriles en bosques naturales, siendo un modelo replicable al resto del país.

BIBLIOGRAFÍA

Díaz, M. F., Miranda, T., Díaz, J. A., & Machado, H. C. 2015 Actualidad y perspectivas de los sistemas de extensión e innovación en el sector agrario cubano. La ganaderia en America Latina y el Caribe. https://books.alpa.uy/assets/files/281-0f2422affc467fd77fb2e85cb95db23d.pdf.

Figueroa, N., Sánchez, V., Marrero, O. 2025 Bosques, Servicios Ambientales e Innovación Tecnológica: Resiliencia, Equidad y Sostenibilidad de los Sistemas Ganaderos en Camagüey. Memorias del 1er Taller: Bosque Ganadería y Medio Ambiente, Camagüey, Cuba, pp. 3-6.

República de Cuba, (2024), Decreto Ley 117/2024 ¨De la Organización y Funcionamiento del Sistemade Extensión Agraria¨. Gaseta Oficial Nº 117 LaHabana, Cuba.

Padrón, R., Morales, F., Sánchez, S., Álvarez, O. 2004 El extensionismo forestal dentro del sistema agrario cubano. Revista Forestal Baracoa Edición Especial, 145-149.

Pavón, M. 2014 Extensionismo en Cuba: estudios de caso. Cultivos Tropicales, vol. 35, no. 1, p. 5-10.

BG-05. Capacitación, divulgación y educación ambiental en el desarrollo de los sistemas silvopastoriles en bosques naturales en la provincia Camagüey

Training, dissemination, and environmental education in the development of silvopastoral systems in the province of Camagüey

O. Marrero Vallinas[1], V. Sánchez Jerez [2] y N. Figueroa Morell [3]*

[1]Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales. Camagüey, Cuba,

[2]UCTB Estación Experimental Agroforestal Camagüey, Cuba

[3]Servicio Estatal Forestal Camagüey, Cuba

Correspondencia a: ps465513@gmail.com

RESUMEN

El desarrollo de Sistemas Silvopastoriles en Bosques Naturales (SSPBN) en Camagüey se consolida como una alternativa viable para la producción ganadera sostenible en Cuba. Estos sistemas, que integran árboles, pastos y animales, optimizan el uso del suelo, contribuyen a la conservación ambiental y mejoran el bienestar animal. Desde 2010, un programa integral de capacitación, divulgación y educación ambiental, ejecutado conjuntamente por la ACTAF, el SEF y la Estación Experimental Agroforestal de Camagüey, ha sido fundamental para su adopción. Financiado por el Fondo Nacional de Desarrollo Forestal (FONADEF), el programa ha capacitado a más de 16 mil personas incluyendo productores, técnicos, funcionarios, niños y jóvenes a través de cursos, talleres, asesorías y círculos de interés. Los resultados evidencian una mejora en la calidad de la producción ganadera, una mayor participación comunitaria y el empoderamiento de mujeres y jóvenes. La articulación institucional y la gestión del conocimiento han sido claves para establecer 25 mil hectáreas de SSPBN, avanzando hacia una ganadería más resiliente y sostenible en la principal región ganadera de Cuba.

Palabras clave*: silvopastoreo, educación ambiental, divulgación agraria, sostenibilidad*

ABSTRACT

The development of Silvopastoral Systems in Natural Forests (SSPBN) in Camagüey stands as a viable alternative for sustainable livestock production in Cuba. These systems, which integrate trees, pasture, and animals, optimize land use, contribute to environmental conservation, and enhance animal welfare. Since 2010, a comprehensive program of training, dissemination, and environmental education, jointly implemented by ACTAF, the Forestry Service (SEF), and the Camagüey Agroforestry Experimental Station, has been fundamental for its adoption. Funded by the National Forest Development Fund (FONADEF), the program has trained over 16,000 people including producers, technicians, officials, children, and youth—through courses, workshops, technical advice, and interest circles. The results demonstrate an improvement in the quality of livestock production, increased community participation, and the empowerment of women and youth. Institutional coordination and knowledge management have been key to establishing 25,000 hectares of SSPBN, advancing towards a more resilient and sustainable livestock sector in Cuba's primary cattle-raising region.

Keywords: *silvopastoralism, environmental education, agricultural extension, sustainability*

INTRODUCCIÓN

Los sistemas que integran árboles, pastos y ganado son claves para la seguridad alimentaria, la adaptación al cambio climático y la conservación de la biodiversidad. La capacitación, divulgación y educación ambiental se reconocen como pilares fundamentales para su implementación exitosa. La FAO (2017) establece el marco conceptual global para la promoción de los SSP, destacando el papel de la extensión rural, la capacitación y la divulgación de información como pilares para la adopción de estas prácticas, en línea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

En Cuba, la divulgación agraria ha sido fundamental para conectar la investigación con la producción, actuando como puente entre centros de investigación, universidades, organismos, técnicos y los propios productores, para potenciar la eficiencia y sostenibilidad de la agricultura nacional (Marzin et al., 2003).

La educación ambiental es un proceso formativo que promueve la adquisición de conocimientos, valores y habilidades para la protección y mejora del medio ambiente. En Cuba, sus antecedentes se remontan a la obra de maestros como Félix Varela y José Martí, quienes promovieron el respeto y la protección a la naturaleza (Martínez Morgado & Díaz Castillo, 2017).

Naredo y Milera (2018) explican que es necesaria la integración del componente de educación ambiental en la formación académica y la extensión rural en Cuba para promover un cambio de mentalidad hacia la sostenibilidad.

Cuba ha contado con variados programas de capacitación para promover los sistemas silvopastoriles. Esta estrategia, que combina el esfuerzo estatal, los centros de investigación, universidades y los proyectos de colaboración internacional, liderados por el Instituto de Ciencia Animal (ICA) y el Ministerio de la Agricultura (MINAG), se centra en



la transferencia de técnicas agroecológicas para mejorar la sostenibilidad ganadera empleando metodologías participativas, respaldada por una sólida base científica (Días, *et al.*, 2015).

La Ley Forestal de Cuba (Ley 85, 1998) promueve la implementación de sistemas silvopastoriles en diferentes asociaciones con árboles y bosques y crea el Fondo Nacional de Desarrollo Forestal, con el objetivo de promover y financiar proyectos técnicos y actividades dedicadas a conservar y desarrollar estos recursos forestales, especialmente en lo que concierne a inventarios, ordenación, protección, investigación, capacitación y divulgación en función de fomentar el desarrollo sostenible.

En Camagüey, principal región ganadera de Cuba, desde 2010, la adopción de Sistemas Silvopastoriles en Bosques Naturales (SSPBN) ha permitido restaurar ecosistemas y mejorar la resiliencia climática, donde se combinan conocimientos tradicionales con nuevas tecnologías y el financiamiento de FONADEF, demandando un amplio programa de formación de capacidades y sensibilización que involucra a funcionarios estatales, administrativos, técnicos de empresas y cooperativas, productores y personas de la comunidad (Figueroa et al., 2025).

Desde el año 2010 se ha desarrollado un programa de "Capacitación, extensionismo, divulgación y educación ambiental", que ejecutan de manera conjunta el SEF, la Estación Experimental Agroforestal de Camagüey (EEAFC) y la Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales (ACTAF), ha permitido crear capacidades, confeccionar planes de manejo y proyectos técnicos, acompañando a los productores en la gestión, ejecución, control de actividades y la gestión del financiamiento para el desarrollo de los SSPBN en sus fincas (Figueroa et al., 2025).

El programa abarca toda la provincia y se implementa a partir de proyectos financiados por el Fondo Nacional de Desarrollo Forestal (FONADEF) a nivel municipal y provincial, que permiten la planificación, control y ejecución de acciones de capacitación, divulgación y educación ambiental, a través de actividades técnicas, educativas y de sensibilización promoviendo eventos científicos, talleres, jornadas conmemorativas, círculos de interés, concursos ambientales, noticias periodísticas y otras iniciativas, aumentando la capacidad y sensibilidad de decisores, funcionarios, técnicos, productores y comunidades. Por lo tanto, nos trazamos el objetivo de mostrar los resultados alcanzados en el periodo 2010-2024 y cómo esto ha contribuido al establecimiento de Sistemas Silvopastoriles en Bosques Naturales (SSPBN) en la provincia.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó a partir de la evaluación de los resultados de la implementación del Programa de Capacitación, Extensión, Medio Ambiente y Divulgación Forestal de los SSPBN de la provincia Camagüey, los informes anuales del programa, la base de datos del control del programa, los informes anuales de la evaluación del programa de la SEF-ACTAF-EEAFC y las bases de datos estadísticos del control del presupuesto del Fondo Nacional de Desarrollo Forestal (FONADEF).

Para su análisis se utilizó un diseño no experimental, realizando comparaciones en el tiempo denominadas "diseños seriados" que cubren los años de 2012 a 2024, donde se evaluaron 6 variables: Cantidad de actividades, número de capacitados, temas capacitados, entidades participantes, Total de financiamiento FONADEF, cantidad de productores beneficiados.

Se usaron los resultados del trabajo de "Evaluación de impactos del programa de capacitación en el uso del FONADEF en la provincia Camagüey" realizados en el 2023, por Ms. C. Virgen Sánchez Jerez y Ms. C. Nelson Figueroa Morell.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Estrategia de Capacitación, Divulgación y Educación Ambiental ha sido uno de los pilares fundamentales para el desarrollo del Programa de Bosque y Ganadería de la provincia de Camagüey (Figueroa et al., 2025). En la etapa 2010-2024 se han registrado 1675 actividades en cursos especializados, seminarios, asesoría técnica, acciones de divulgación, educación ambiental y de monitoreo y control, que han involucrado a más de 16 mil personas, incluyendo a funcionarios, investigadores, técnicos, productores, maestros, instructores de arte que, de conjunto con niños, jóvenes y la comunidad, divulgan los resultados de programas, investigaciones, manejos productivos y ambientales, que han acompañado la implementación de los SSPBN en Camagüey y su introducción en otras regiones del país.

En el año 2010, se comenzó la estrategia provincial de Capacitación Técnica, gestionada por la Estación Experimental Agroforestal (EEAFC), que prevé la capacitación de decisores, funcionarios estatales, especialistas, técnicos, investigadores y extensionistas, preparándolos de forma continua y permanente para el cumplimiento de las obligaciones y funciones, sirviendo de base para su habilitación, lo que influyó de manera significativa en la gestión y uso del FONADEF por entidades y productores (Virgen et al., 2023).

En el periodo 2010-2024, se han realizado 75 actividades de capacitación sobre legislación forestal, fomento, manejo, protección y conservación de bosques, agroforestería, sistemas silvopastoriles, tecnologías geo-informáticas, servicios ecosistémicos, planes de manejo, evaluación de Criterios e Indicadores de Manejo Forestal Sostenible, metodologías para elaboración de proyectos técnicos forestales y su financiamiento, así como técnicas de extensionismo y transferencia tecnológica, que involucraron a 1412 decisores, funcionarios, expertos, especialistas, técnicos y extensionistas involucrados en el desarrollo, control y monitoreo del SSPBN en la provincia (Tabla 1)

Tabla 1. *Actividades de Capacitación*.

Actividades	Cantidad	Personas
Curso Especializados	24	585
Seminarios	40	647
Asesoría Técnica	11	180
Total	**75**	**1412**

Además, en estos últimos 14 años se han realizado 931 talleres, seminarios, clases demostrativas, encuentros de intercambio de saberes, donde funcionarios, expertos y extensionistas capacitaron a 8307 personas (administrativos, técnicos y productores) para la elaboración de proyectos técnicos de manejo forestal para acceder al FONADEF, realizar el monitoreo y control de la integración de manejos forestales y ganaderos, el aprovechamiento forestal y la aplicación de medidas de protección, conservación de ecosistemas y adaptación al cambio climático, prestar servicios ecosistémicos y permitir la diversificación del agrosistema, brindando sostenibilidad económica. A través de la RED de Extensionistas, estas acciones han contribuido a la implementación de tecnologías para el establecimiento de 25 mil hectáreas de SSPBN (Gráfico 1).

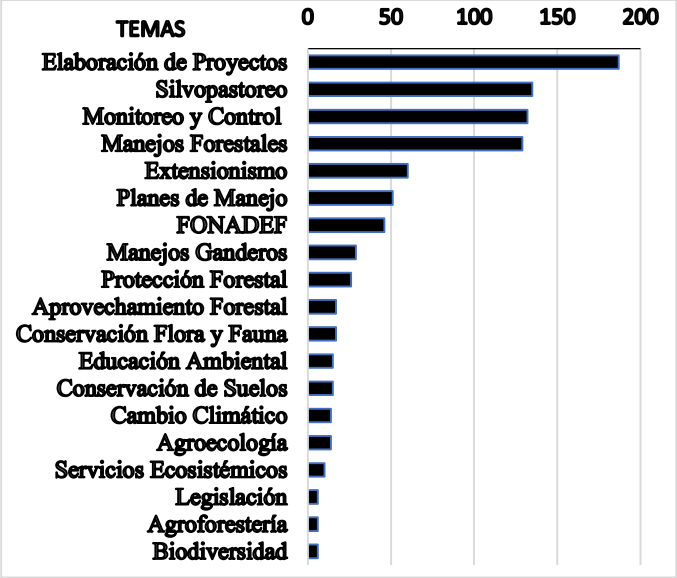


Gráfico 2. *Actividades de Capacitación Ejecutadas.*

La estrategia de Divulgación y Educación Ambiental es gestionada por la ACTAF y el SEF, con la participación de órganos de prensa y entidades vinculadas al Programa de Bosque y Ganadería. En los últimos 7 años, se han registrado 252 actividades donde han participado 2424 personas, entre funcionarios, extensionistas, periodistas, productores, niños, jóvenes, maestros y promotores culturales, lo que sin duda ha proporcionado la forma de sensibilizar y multiplicar saberes a una más amplia escala, de modo que alcanzara a una mayor cantidad de población y comunidades con mensajes que promueven una cultura silvopastoril y ambiental.

Se elaboraron y publicaron materiales como folletos, plegables, trabajos periodísticos y productos audiovisuales, que son divulgados en talleres, eventos, círculos de interés, en encuentros con productores y comunidades, además de por medios de difusión (Radio, Prensa Escrita, Internet y la Televisión), realizados y divulgados desde los propios municipios y dando voz a los actores locales, promoviendo el aumento de la motivación para adoptar sistemas asociados a la producción ganadera y el cuidado ambiental.

La educación ambiental se ha materializado a través de la creación de 23 Círculos de Interés, donde han participado 2543 niños y jóvenes vinculados a escuelas de las comunidades, y asociados con la ACTAF, el SEF, CGB, ACPA, centros

de investigaciones, empresas, cooperativas, áreas protegidas y fincas, donde se ha vinculado con la producción agroecológica, los manejos forestales y ganaderos, la conservación de la flora y la fauna, la protección de recursos naturales, las legislaciones, el manejo sostenible, las medidas de adaptación al cambio climático, los servicios ambientales y tradiciones, alimentación sana y seguridad alimentaria, entre otros, que han fomentado en los niños y jóvenes el amor por la naturaleza y los beneficios de la producción de alimentos sanos y saludables en armonía con el ambiente.

Mediante iniciativas como el concurso nacional "Conciencia Verde", que promueve la participación colectiva de 1843 (niños, jóvenes, familias, instructores de artes, maestros, periodistas, facilitadores ACTAF, y personas de las comunidades), que durante los 14 años del concurso han presentado manifestaciones artes literaria y visuales en temas de agroecología, desarrollo forestal, silvopastoreo y cuidado ambiental, soberanía alimentaria (Imagen 1).



Imagen 3. *Maqueta Premiada en el Concurso.*

Con el objetivo de motivar a personas e instituciones que contribuyen al desarrollo del programa, se han celebrado jornadas conmemorativas como el "Día Mundial del Medio Ambiente", el "Día del Trabajador Agropecuario", el "Día del Trabajador Forestal", y la entrega de reconocimientos como el "Premio de Medio Ambiente" del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA), el premio "La Obra de la Vida" de la Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales (ACTAF), el "Premio Dr. Guillermo Leyva a la Excelencia Productiva" y el "Premio Andrés Voisin" de la Asociación Cubana de Producción Animal (ACPA). Además, en el 2024 se instauró por la ACTAF y el SEF de la provincia Camagüey el "Sello Conciencia Verde", que permite reconocer a personas y entidades que promuevan la conciencia ambiental, el cuidado a la naturaleza, la promoción del manejo sostenible y las medidas de adaptación al cambio climático, promoviendo un mundo más verde.

BIBLIOGRAFÍA

FAO. (2017). Sistemas silvopastoriles: integración de árboles, pastos y ganado para una ganadería sostenible. Roma. http://www.fao.org/3/i6934s/i6934s.pdf.

Díaz, M. F., Miranda, T., Díaz, J. A., & Machado, H. C. 2015 Actualidad y perspectivas de los sistemas de extensión e innovación en el sector agrario cubano. La ganadería en América Latina y el Caribe. https://books.alpa.uy/assets/files/281-0f2422affc467fd77fb2e85cb95db23d.pdf

Figueroa, N., Sánchez, V., Marrero, O. 2025 Bosques, Servicios Ambientales e Innovación Tecnológica: Resiliencia, Equidad y Sostenibilidad de los Sistemas Ganaderos en Camagüey. Memorias del 1er Taller: Bosque Ganadería y Medio Ambiente, Camagüey, Cuba, pp. 3-6.

Marzin, J., Greco, C., López, T., & Mercoiret, M. R. (2003). Investigación agronómica y extensión agraria en Cuba: unidad dialéctica imprescindible para lograr seguridad alimentaria. Investigación Agraria, 35, 1-16.

Martínez Morgado, A., & Díaz Castillo, R. (2017). Algunos antecedentes históricos del proceso de formación ambiental inicial del maestro primario en Cuba. Ciencias de la Información, 44(2), 5-17.

Naredo, A., & Milera, M. (2018). La educación ambiental en el contexto de la ganadería tropical sostenible. Memorias del V Congreso Internacional de Pastos y Forrajes, La Habana.

República de Cuba, (1998). Ley 85/1998 "Ley Forestal". Gaceta Oficial N.º 46, La Habana, Cuba.

Sánchez, V., & Figueroa, N. (2023). Evaluación de impactos del programa de capacitación en el uso del FONADEF en la provincia Camagüey. Memorias del Evento Plantarse Ante el Cambio Climático. ACTAF Camaguey 2023.

BG-06.Establecimiento de Sistemas Silvopastoriles en bosques naturales del Municipio de Najasa

Establishment of Silvopastoral Systems in natural forests of the Municipality of Najasa

L. Hernández Lastre[1] *y B. González Navas*[2]

[1]Servicio Estatal Forestal Municipio Najasa, Camagüey

[2]Extensionista Forestal Municipio Najasa, Camagüey

RESUMEN

El municipio de Najasa, en Camagüey, se ha convertido en un referente nacional en la implementación de Sistemas Silvopastoriles en Bosques Naturales (SSPBN). A partir de 2010, con proyectos piloto y el apoyo del Fondo de Desarrollo Forestal (FONADEF), se inició un programa que combina la producción ganadera con la regeneración forestal. Hasta 2024, se han establecido 14.572,8 hectáreas bajo este sistema en 534 fincas, mayoritariamente de productores privados. Esto ha permitido manejar 10.000 hectáreas de regeneración natural, ejecutar miles de prácticas silvícolas y realizar acciones de capacitación que han sensibilizado a más de 2.100 personas. Los beneficios ambientales son notorios: la cobertura boscosa del municipio aumentó del 7% a finales de los años 80 al 35% en 2024. Las fincas con SSPBN muestran un 33% más de potencial productivo y el modelo ha creado corredores biológicos que mejoran la biodiversidad y los servicios ecosistémicos.Aunque los resultados son prometedores, se identifican aún 13.000 hectáreas con potencial para expandir el sistema, lo que podría elevar al 74% el área ganadera manejada de forma sostenible.

Palabras claves: *producción ganadera, regeneración forestal, biodiversidad, capacitación*

ABSTRACT

The municipality of Najasa, in Camagüey, has become a national benchmark in the implementation of Silvopastoral Systems in Natural Forests (SSPBN). Beginning in 2010, with pilot projects and support from the Forest Development Fund (FONADEF), a program combining livestock production with forest regeneration was launched. By 2024, 14,572.8 hectares have been established under this system on 534 farms, mostly owned by private producers. This has enabled the management of 10,000 hectares of natural regeneration, the implementation of thousands of silvicultural practices, and training activities that have raised awareness among more than 2,100 people. The environmental benefits are significant: the municipality's forest cover increased from 7% in the late 1980s to 35% in 2024. Farms with SSPBN show 33% greater productive potential, and the model has created biological corridors that improve biodiversity and ecosystem services. Although the results are promising, 13,000 hectares have yet to be identified with the potential to expand the system, which could increase the sustainably managed livestock area to 74%.

Keywords: *livestock production, forest regeneration, biodiversity, training*

INTRODUCCIÓN

El Municipio de Najasa se ubica al sureste de la Provincia de Camagüey, con una extensión de 888.0 km². Su paisaje se caracteriza por llanuras y dos elevaciones principales: la sierra del Chorrillo y la sierra de Najasa. Estas características convirtieron a la zona, desde la época colonial, en un gran atractivo para el desarrollo de la ganadería, la cual se consolidó como el principal renglón económico. Las áreas ganaderas llegaron a ocupar el 75 % del territorio, donde, al igual que en el resto del país, se empleaba un método intensivo de manejo que dejaba los potreros desprovistos de árboles, disminuyendo significativamente la cobertura forestal.

Posteriormente al año 1990, las dificultades económicas, los cambios climáticos, la degradación de los suelos y las adversas condiciones económicas provocaron el deterioro de las condiciones productivas para el manejo de la ganadería intensiva. Esto permitió que plantas invasoras ocuparan extensas áreas ganaderas y que se regeneraran especies arbustivas, promovidas fundamentalmente por el ganado. Este fenómeno, unido a la disminución de la masa ganadera, aceleró el proceso de entrega de tierras a productores privados.

El paisaje de las áreas ganaderas de la provincia varió de sabanas antropizadas a extensas áreas de bosques regenerados de forma natural, siendo notable la extensión de estas áreas en el municipio de Najasa. Esto se debió, sin duda, a la no culminación del proceso inversionista para el establecimiento del programa de ganadería intensiva y a que, a diferencia de otros territorios, existía un gran número de productores que tenían en sus fincas palmares donde pastaban cerdos, ovejos y vacunos. Además, contaban con potreros arbolados con algarrobo, guásima y frutales que servían de sombra y alimento tanto animal como humano, así como algunas áreas de bosques naturales donde el ganado permanecía principalmente en la época de seca.

Estas experiencias, junto con algunas acciones de capacitación y asesoramiento directo por especialistas del Servicio Estatal Forestal (SEF) a productores cuyas áreas ganaderas estaban cubiertas de árboles, permitieron que en 2010 se iniciaran, a escala experimental, los primeros proyectos de manejo forestal financiados por el Fondo de Desarrollo Forestal (FONADEF). Esto demostró de inmediato su factibilidad, despertando el interés de productores, técnicos y funcionarios estatales, quienes, junto con extensionistas, promovieron los resultados en otros territorios. Lo que sirvió

de base para que en 2012 se iniciara el Programa de Bosque y Ganadería (PBG), siendo el municipio de Najasa el iniciador en el establecimiento de Sistemas Silvopastoriles en Bosques Naturales (SSPBN) en la provincia de Camagüey.

PRINCIPALES RESULTADOS

Formación de Capacidades

El municipio inició en 2010 el trabajo de los extensionistas, quienes participaron en las acciones de las 3 fincas experimentales seleccionadas para la implementación de los SSPBN. Posteriormente, como parte de la generalización de los resultados en 2012, y a partir de la colaboración SEF-ACTAF, se creó un "Proyecto de Capacitación, Extensionismo, Divulgación y Educación Ambiental", financiado por el FONADEF. Este proyecto permitió crear capacidades y desarrollar una RED de Extensionistas en el municipio, conformada por 13 extensionistas del SEF, personal técnico de empresas y cooperativas, productores élite y personas naturales. Todos ellos fueron capacitados y habilitados para acompañar a los productores en el asesoramiento, gestión, elaboración, ejecución y control de los proyectos técnicos de manejo forestal, mejora y conservación de suelos, y otros relacionados con el manejo ganadero y la conservación de la flora y la fauna. Apoyados en una estrategia de capacitación, divulgación y educación ambiental, se ha logrado la formación y sensibilización de 2116 personas mediante charlas educativas, eventos, talleres, jornadas conmemorativas, círculos de interés, concursos ambientales, noticias periodísticas y otras iniciativas que vinculan a decisores, administrativos, funcionarios, técnicos, productores y la comunidad en el desarrollo del PBG del municipio.

Establecimiento de SSPBN

Los SSPBN en el municipio de Najasa abarcan todas las formas productivas y están distribuidos en 46 entidades agropecuarias vinculadas a la ganadería, que incluyen 2 Empresas, 17 Cooperativas Agropecuarias y 441 productores privados vinculados a 27 Cooperativas de Créditos y Servicios. En total, se han establecido 14,572.8 ha de SSPBN, distribuidas en 534 fincas, de las cuales el 81 % son privadas y poseen el 51 % de las áreas incorporadas al programa (Tabla 1).

Tabla 1. *Distribución de los SSPBN en el municipio Najasa*

Forma Productiva	No. Fincas	Área (ha)
Productores Privados	441	7,362.2
Empresas	52	5,345.4
Cooperativas	41	1,865.2
Total	**534**	**14,572.8**

En el periodo 2012-2024 se ejecutaron 2485 proyectos técnicos forestales, que permitieron el manejo de 10,870.3 ha hectáreas de regeneración natural incorporadas a SSP, además de la ejecución de 31,399.2 ha de manejos silvícolas, la protección de 29,518.6 ha de bosques y la realización de 7 mil acciones de formación y sensibilización (Gráfico 1).

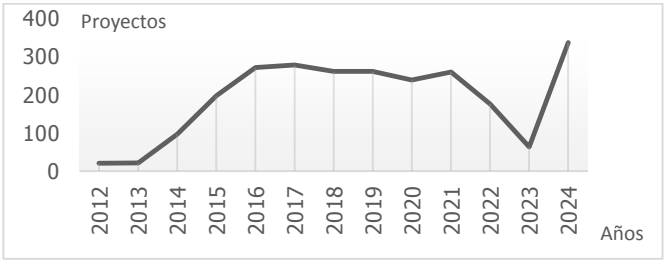


Gráfico 1. *Proyectos técnicos ejecutados SSPBN.*

El financiamiento estatal ha contribuido al desarrollo del PBG. En 12 años, el FONADEF ha financiado 109 millones de pesos, lo que ha contribuido a la formación de capacidades, el fomento de postes vivos, la reforestación de embalses,

y el fomento, manejo, protección y conservación de bosques existentes en las áreas de los SSPBN establecidos en el municipio.

La ganadería es el principal renglón productivo del municipio de Najasa, llegando a superar las 70 mil hectáreas en 1990. En la actualidad, se utilizan unas 36 mil hectáreas distribuidas entre 1211 productores, de los cuales el 43 % han establecido SSPBN en sus fincas. Estas fincas tienen, en promedio, un 33 % más de potencial productivo que el resto de las fincas del municipio que aún no aplican este sistema.

Se estima que en el municipio podrían estar disponibles unas 13 mil ha con condiciones aptas para el establecimiento de SSPBN, ya que, según los estudios de uso de la tierra de 2024, quedan 392 fincas con características similares a las del programa. Estas se irán incluyendo a medida que se evalúen y certifiquen, lo que permitiría que el 74 % del área ganadera del municipio se maneje bajo SSPBN. Además, existen aproximadamente 18 mil hectáreas cubiertas de malezas como el marabú, que con el tiempo mejoran el suelo y permiten la regeneración natural de árboles, las cuales, con los manejos adecuados, podrían implementarse como SSPBN.

Beneficios Ambientales

Los beneficios ambientales en este municipio son palpables. A finales de los años 80, el municipio alcanzó su mayor deforestación, existiendo áreas boscosas solo en las áreas protegidas Sierra del Chorrillo y Sierra de Najasa, además de otras elevaciones y algunas fincas ganaderas, con solo un 7 % del territorio cubierto de bosques. El establecimiento de los SSPBN ha permitido que, a finales de 2024, el municipio cuente con un 35 % de su territorio cubierto de bosques.

En el municipio existen ejemplos de modelos sostenibles, como el caso de la Finca "La Belén", que durante más de 50 años ha desarrollado áreas de silvopastoreo donde pastan diferentes razas de ganado genético protegido en praderas arboladas, conectadas con formaciones boscosas donde se desarrollan proyectos de conservación y protección de la flora y la fauna. Este caso sirvió sin duda como antecedente para establecer las primeras áreas de SSPBN en fincas colindantes con las áreas protegidas, incrementándose posteriormente de tal manera que han servido como corredores biológicos, protegiendo la flora, la fauna y otros servicios ecosistémicos, lo que ha permitido la transformación del paisaje del municipio.

CONCLUSIONES

El municipio ha alcanzado resultados relevantes que lo convierten en referencia para el establecimiento de SSPBN, implementando un sistema de extensionismo que acompaña a los productores. La ejecución de proyectos de manejo forestal, financiados por el FONADEF, ha proporcionado mejores condiciones productivas a las fincas ganaderas, combinando la producción ganadera con la restauración de ecosistemas boscosos, conectando el paisaje, incrementando la biodiversidad y los servicios ambientales, y promoviendo el manejo sostenible para contribuir a la seguridad alimentaria de las familias y comunidades del municipio.





FORO CYTED

COORDINADORES:
Dr. C. Tomás E. Ruiz Vázquez. Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba
Dr. C. Julián Chará. Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV), Colombia
Dr. C. Bárbara Rodríguez Sánchez. Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba

2025
SILVOPAT

ISBN: 978-959-7171-88-1
Cu-ID: https://cu-id.com/book/978-959-7171-88-1

TABLA DE CONTENIDO

TD-01*. Tithonia diversifolia* UNA ASTERÁCEA AMERICANA DESTACADA PARA LA INNOVACIÓN EN EL CAMPO 2

TD-02. Avances en el conocimiento de las interacciones Tithonia-suelo con diferentes manejos agronómicos en Cuba 6

TD-03. Alternativas técnico económicas y transferencia de tecnología en la propagación y producción de biomasa de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray 15

TD-04. Contribución de los estudios fitosanitarios a la biodiversidad y sostenibilidad de los sistemas silvopastoriles con *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray 23

TD-05.*Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray y su contribución a la entomofauna en un sistema silvopastoril de Veracruz 31

TD-06. Selección de materiales destacados de *Tithonia diversifolia* (Hemsl) A.Gray colectados en Cuba 36

TD-07. Desinfección superficial y establecimiento *in vitro* de explantes apicales de *Tithonia diversifolia* ICACuba Oc- 10 39

TD-08. Evaluación de la biomasa aérea y la fitomasa subterránea de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray vc material establecida a partir de semilla gámica y agámica 16 44

TD-09. Tratamientos germinativos de semilla gámica de *Tithonia diversifolia (Hemsl.) Gray* para su uso en la alimentación animal 52

TD-10. Modelación estadístico matemática de los materiales vegetales 5 y 25 de *Tithonia diversifolia* para la producción de alimentos 58

TD-11. Indicadores del valor nutritivo *in vitro* de la harina del follaje de 10 procedencias de *Tithonia diversiolia* (Hemsl.) Gray. 67

TD-12. Efecto de nanopartículas de zeolita en la fertilización sobre la eficiencia del uso del nitrógeno, calidad nutricional y captura de carbono en *Tithonia diversifolia* 72

TD-13. *Tithonia diversifolia* en la alimentación bovina: beneficios nutricionales y efectos en en productividad y salud animal 74

TD-14. *Tithonia diversifolia*: más de dos décadas de investigación que respaldan la productividad ganadera sostenible en el trópico 76

TD-15. Uso de *Tithonia diversifolia* vc IcaCuba-10 en el engorde de vacunos y búfalos de agua 83

TD-16. Los aprendizajes de la utilización de la *Tithonia diversifolia* en Misiones, Argentina. 89

TD-17. Evaluación a la canal y la carne de *Buffalypsos* mestizos finalizados en sistemas silvopastoriles 94

TD-18. Evaluación de consumo en un sistema silvopastoril con *Tithonia diversifolia* en vacas Jersey en Costa Rica 98

TD-19. Evaluación de la *Tithonia diversifolia* Hemsl. A Gray como suplemento en la alimentación de caprinos y ovinos en Costa Rica 106

TD-20. Efecto de la suplementación de una ración totalmente mezclada con la inclusión del forraje de *Tithonia diversifolia* (Helms) A. Gray en el consumo voluntario y la eficiencia de utilización de la energía en cabras lecheras 117

TD-21. Empleo de *Tithonia diversifolia* en la alimentación de aves y cerdos 124

TD-22. Uso de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray. para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y aumentar los stock de carbono en los sistemas bovinos: experiencias en Colombia 125

TD-23. *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray: su papel en el control de la comunidad microbiana y producción de metano ruminal 132

TD-24. Intake, digestibility, and gas emissions in Santa Inês sheep fed *Tithonia diversifolia*-based diets with agro-Industrial by-products 139

TD-25. Experiencia de Tithonia como forraje en los Tuxtlas, Veracruz, México 145

TD-26. Usos diversificados de restauración y producción con la *Tithonia diversifolia* en la Finca El Ñopo, Panamá 147

TD-27. Empleo de *Tithonia diversifolia* en pastoreo para la producción de leche de cabra en la Finca Jabaco 149

TD-28. Finca demostrativa Los Chagualos. Sistema silvopastoril intensivo con botón de oro, pasto estrella y árboles dispersos 151

TD-29. Potencial y desafíos de *Tithonia diversifolia* en sistemas de bovinos de corte en Brasil 154

SILVOPAT – 2025 | ICA | ISBN: 978-959-7171-88-1 | Cu-ID: https://cu-id.com/book/978-959-7171-88-1

TD-01*. Tithonia diversifolia* UNA ASTERÁCEA AMERICANA DESTACADA PARA LA INNOVACIÓN EN EL CAMPO

Tithonia diversifolia, AN AMERICAN ASTERACEAE NOTED FOR INNOVATION IN THE FIELD

Murgueitio Restrepo Enrique

Director Ejecutivo CIPAV, Colombia

Correspondencia a: enriquem@fun.cipav.org

RESUMEN

Tithonia diversifolia (Hemsl.) A. Gray es una planta arbustiva de la familia Asteraceae originaria de México y Centro américa que en la actualidad tiene una distribución global (Kew Gardens 2025). Numerosas investigaciones se realizan con esta especie sobre muy diversos temas de interés científico y, al mismo tiempo, se reconoce un destacado conocimiento popular en muchos países y regiones donde la gente le concede múltiples atributos. El conocimiento sobre las contribuciones que hace *T. diversifolia* a la medicina humana, la agroecología, la producción animal sostenible y la restauración ecológica sigue en incremento (Murgueitio 2023). El interés se da tanto entre investigadores como productores del campo que la cultivan desde hace cuatro décadas para producir abono verde, ofertar polen y néctar en la apicultura y especialmente para alimentar todo tipo de animales domésticos. En América Latina y el Caribe, los usos forrajeros han acumulado tanta información que ya dieron sustento a dos Simposios Científicos Internacionales sobre el tema. El último se realizó en Varadero (Cuba) en octubre de 2022, donde los participantes de varios países compartieron evidencias de hasta dónde se logrado avanzar desde la ciencia y dónde están los vacíos de conocimientos para fortalecer las innovaciones y aplicación práctica que siguen también en progreso. A partir de esa fecha hasta el presente (2023-2025) la cantidad de publicaciones científicas y de divulgación tecnológica no cesan de aparecer, al tiempo que en las redes sociales hay infinidad de experiencias y observaciones prácticas que permiten afirmar que *T. diversifolia* es un buen ejemplo de cómo se puede hacer la innovación en el campo con el diálogo y el codiseño entre diversas disciplinas académicas entre investigadores y emprendedores rurales.

Sin posibilidad de ser exahaustivo, a continuación destaco algunas publicaciones de la comunidad científica relacionada con *T. diversifolia* durante el tiempo referido por sus contribuciones a la agenda de conocimiento. El marco esencial de análisis son los Sistemas Silvopastoriles y el rol que juegan los arbustos forrajeros en los mismos. Un artículo brasilero de revisión bibliográfica analizó numerosos trabajos realizados en la región tropical del mundo y concluyó que *T. diversifolia* es una especie muy adecuada para los sistemas silvopastoriles tropicales, con potencial significativo gracias a la composición nutricional de alta calidad, adaptabilidad agronómica a diversas condiciones tropicales, potencial para mejorar el rendimiento de los animales y reducir la intensidad de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI). Los autores llaman la atención a los investigadores para que amplíen el conocimiento sobre la presencia y acciones de numerosos metabolitos bioactivos presentes en su biomasa (Krüger *et al*. 2024). En el componente agronómico específico, ya son conocidos los logros en la propagación de semilla gámica y ahora se consiguió precisar la forma de prepararla, la edad de cosecha (Serna *et al*. 2024); la forma de conservar la semilla durante un tiempo con métodos sencillos (Rodríguez *et al*. 2025) y además se cuenta con análisis económicos comparado con la propagación asexual com esquejes de tallo (Padilla *et al*. 2025). Sobre los problemas relacionados con la asincronía de cosecha de forraje del arbusto con pastos tropicales, en Brasil se hicieron nuevas contribuciones sobre la frecuencia de la cosecha, la precipitación pluvial y la altura del dosel como los factores que requieren ser tenidos en cuenta en diferentes agroecosistemas (Oani *et al*. 2025). Investigadores de México (Yucatán) publicaron un trabajo similar sobre las frecuencias de corte, la producción y calidad del biomasa según la época del año, pero en este caso cultivada como banco forrajero de corte (Villanueva-López 2023). En asuntos de fertilización del cultivo de *T. diversifolia*, en Costa Rica se evaluó la fertilización orgánica y química en diferentes tiempos de rebrote tanto para la producción de biomasa como para parámetros ruminales (Arias-Gamboa *et al*. 2023). En el componente de diversidad genética de la especie, su relación con la adaptación de los cultivos a diferentes agroecosistemas, la producción de biomasa forrajera y su calidad; la actividad de investigación dio continuidad a esta línea de conocimiento que tiene su mayores logros en el Instituto de Ciencia Animal (ICA) de Cuba donde se conocen a fondo varias decenas de procedencias, de las cuales se profundizó con un experimento de tres año las más destacadas (IcaCuba Oc-10, Oc-23, Oc-24 y Oc-25) sobre el efecto de la combinación de la frecuencia de corte y la producción de biomasa donde se concluye que las cuatro procedencias presentan características adecuadas para la producción de biomasa bajo corte, em las condiciones del agroecosistema de la província de Mayabeque (Ruiz *et al*. 2024). Estos estudios han estimulado a otros investigadores para caracterizar y evaluar algunas procedencias del arbusto em varias regiones de México y Colombia, fortaleciendo metodologías de evaluación agronómica y de nutrición de rumiantes combinadas con pruebas genéticas (Alonso Lazo *et al.* 2024, Rivera *et al*. 2023a). Los aspectos nutricionales en bovinos sigue siendo un tema de interés para los investigadores de varios países donde se terminaron y publicaron experimentos relacionados con el consumo directo de *T. diversifolia* en sistemas de pastoreo para animales de carne (Gutiérrez e Iraola 2024) o la misma planta procesada en ensilaje (Arias-Ortíz *et al*. 2023). Por primera vez se publicó un experimento llevado a cabo en el ICA de Cuba sobre el desempeño en crecimiento de búfalos de río (*Bubalus bubalis*) en un sistema silvopastoril de pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) consociado con *T. diversifolia* vc IcaCuba Oc-10 para ramoneo. Los resultados son muy alentadores porque el incremento de



peso supera al de los bovinos que evaluaron en otro experimento llevado a cabo en el mismo sistema (Iraola *et al*. 2024). Este trabajo abre un campo para la innovación, debido al crecimiento sostenido de los hatos bufalinos y la aceptación de su carne y leche como productos de alto valor nutricional.

En la producción de leche bovina hay nuevos avances en los grupos de investigación que tienen como foco los sistemas silvopastoriles y diferentes aportes de *T. diversifolia* para el reemplazo parcial de alimentos balanceados (ramoneo, corte o ensilaje), la reducción de los costos de producción (Angulo *et al*. 2022) y los posibles efectos positivos en la prevención y tratamiento de la mastitis (Londoño *et al*. 2020). La calidad de leche es de especial interés en estas líneas de investigación; así una publicación muy reciente en el trópico de altura en Colombia, evaluó el efecto de *T. diversifolia* sobre el perfil de ácidos grasos (AG) de la leche, con y sin suplementación lipídica, a través dos ensayos de silvopastoreo en praderas de kikuyo (*Cenchrus clandestinus*) consociadas con *T. diversifolia* y árboles dispersos (*Alnus acuminata*). La dieta de las vacas se complementó con suplementación de concentrados y diferentes fuentes de lípidos; encontrando como resultado que el perfil de ácidos grasos de la leche fue influído positivamente por el consumo del follajes del arbusto y los lípidos generando un incremento en el ácido transvaccénico (ATV) y en general en la calidad de la leche (Lopera-Marín *et al*. 2025).

Un tema que contínua atrayendo el interés internacional son la reducción de las emisiones de Gases de Efecto de Invernadero (GEI) en la alimentación bovina, donde *T. diversifolia* puede ser una alternativa prometedora para aumentar la productividad de carne y leche sin incrementar estas emisiones. Una investigación recién publicada por científicos brasileros evaluó, la intensidad de las emisiones de metano (CH_4), el óxido nitroso (N_2O), el nitrógeno inorgánico, las reservas de carbono y la materia orgánica fraccionada del suelo durante el pastoreo de un sistema silvopastoril (SSP) con *T. diversifolia* a lo largo de un año. En el SSP la temperatura del suelo fue 0,6 °C más baja, la intensidad de las emisiones (mg CO_2eq kg^{-1} de biomasa forrajera acumulada) fue también menor (Bizzuti *et al*. 2025). Estos datos se agregan con los encontrados en Colombia donde se registraron mayores diferencias en la reducción de N_2O–N y CH_4 en SSP intensivos con *T. diversifolia* (Rivera *et al*. 2023b).

Otros temas de interés del consenso del II Simposio Internacional de *Thitonia diversifolia* 2022, como son las contribuciones de este arbusto forrajero a la alimentación de animales monogástricos (Vázquez *et al*. 2024) o las pruebas del comportamiento ruderal y no invasivo de *T. diversifolia* en ecosistemas y agroecosistemas (Calle *et al*. 2024) son escasos y requieren todavía mayores contribuciones de la comunidad científica en el futuro próximo. En conclusión, esta breve revisión de las novedades científicas sobre *T. diversifolia* en sistemas pecuarios en América Latina y el Caribe entre 2023 y 2025 evidencia una destacada y diversa actividad que da soporte a las innovaciones que los productores están realizando en forma simultánea en muy variadas regiones con esta valiosa especie.

Palabras claves: *Sistemas silvopastoriles, arbusto, forraje, agrodiversidad*

ABSTRACT

Tithonia diversifolia (Hemsl.) A. Gray is a shrubby plant in the Asteraceae family native to Mexico and Central America that currently has a global distribution (Kew Gardens 2025). Numerous investigations are carried out with this species on a wide range of topics of scientific interest, while at the same time, it has a significant popular knowledge in many countries and regions where people attribute multiple attributes to it. Knowledge about the contributions that *T. diversifolia* makes to human medicine, agroecology, sustainable animal production, and ecological restoration continues to grow (Murgueitio 2023). This interest is shared by both researchers and farmers who have cultivated it for four decades to produce green manure, provide pollen and nectar in beekeeping, and especially to feed all types of domestic animals. In Latin America and the Caribbean, forage uses have accumulated so much information that they have already supported two International Scientific Symposiums on the topic. The most recent was held in Varadero, Cuba, in October 2022, where participants from several countries shared evidence of the scientific progress made and where the knowledge gaps are, strengthening innovations and practical applications that are still in progress. From that date to the present (2023-2025), a number of scientific publications and technological dissemination publications have continued to appear, while social media contains countless experiences and practical observations that support the affirmation that *T. diversifolia* is a good example of how innovation can be achieved in the field through dialogue and co-design among various academic disciplines, including researchers and rural entrepreneurs.

Without being exhaustive, below I highlight some publications from the scientific community related to *T. diversifolia* during the aforementioned period for their contributions to the knowledge agenda. The essential framework of analysis is silvopastoral systems and the role that forage shrubs play in them. A Brazilian literature review article analyzed numerous studies conducted in the world's tropical region and concluded that *T. diversifolia* is a highly suitable species for tropical silvopastoral systems, with significant potential thanks to its high-quality nutritional composition, agronomic adaptability to diverse tropical conditions, and potential to improve animal performance and reduce greenhouse gas (GHG) emission intensity. The authors call on researchers to expand knowledge about the presence and actions of numerous bioactive metabolites present in its biomass (Krüger *et al*. 2024). In the specific agronomic component, achievements in gametic seed propagation are already known, and now it has been possible to specify how to prepare it, the age of harvest (Serna *et al*. 2024); how to preserve the seed for a period of time using simple methods (Rodríguez *et al*. 2025), and economic analyses have been carried out comparing it with asexual propagation using stem cuttings (Padilla *et al*. 2025). Regarding the problems related to the asynchrony of bush forage harvesting with tropical grasses, new contributions were made in Brazil on the frequency of harvesting, rainfall, and canopy height as factors that need to be taken into account in different agroecosystems (Oani *et al*. 2025). Researchers in Mexico (Yucatán) published a similar study on cutting frequencies, biomass production, and quality according to the time of year, but in this case cultivated as a forage bank for cutting (Villanueva-López 2023). In terms of fertilization of *T. diversifolia* crops, organic and chemical fertilization was evaluated in

Costa Rica at different regrowth times for both biomass production and ruminal parameters (Arias-Gamboa *et al*. 2023). In the component of genetic diversity of the species its relationship with the adaptation of crops to different agroecosystems, the production of forage biomass and its quality, the research activity continued this line of knowledge, which has its greatest achievements at the Institute of Animal Science (ICA) in Cuba, where several dozen origins are known in depth, of which the most notable were studied in depth in a three-year experiment (IcaCuba Oc-10, Oc-23, Oc-24, and Oc-25) on the effect of the combination of cutting frequency and biomass production, concluding that the four provenances have characteristics suitable for biomass production under cutting conditions in the agroecosystem of the province of Mayabeque (Ruiz *et al*. 2024). These studies have encouraged other researchers to characterize and evaluate some sources of the shrub in various regions of Mexico and Colombia, strengthening agronomic and ruminant nutrition evaluation methodologies combined with genetic testing (Alonso Lazo *et al*. 2024; Rivera *et al*. 2023a). Nutritional aspects in cattle remain a topic of interest for researchers in several countries where experiments related to the direct consumption of *T. diversifolia* in grazing systems for beef cattle (Gutiérrez and Iraola 2024) or the same plant processed into silage (Arias-Ortíz *et al*. 2023) have been completed and published. For the first time, an experiment carried out at the ICA in Cuba on the growth performance of river buffalo (*Bubalus bubalis*) in a silvopastoral system of star grass (*Cynodon nlemfuensis*) intercropped with *T. diversifolia* vc IcaCuba Oc-10 for grazing has been published. The results are very encouraging because the weight gain exceeds that of cattle evaluated in another experiment carried out in the same system (Iraola *et al*. 2024). This work opens up a field for innovation, due to the sustained growth of buffalo herds and the acceptance of their meat and milk as products of high nutritional value.

In bovine milk production, there have been new advances in research groups focusing on silvopastoral systems and different contributions of *T. diversifolia* for the partial replacement of balanced feed (browsing, cutting, or silage), the reduction of production costs (Angulo *et al*. 2022), and the possible positive effects on the prevention and treatment of mastitis (Londoño *et al*. 2020). Milk quality is of particular interest in these lines of research; thus, a very recent publication in the high tropics of Colombia evaluated the effect of *T. diversifolia* on the fatty acid profile (FA) profile of milk, with and without lipid supplementation, through two silvopastoral trials in kikuyo grass (*Cenchrus clandestinus*) associated with *T. diversifolia* and scattered trees (*Alnus acuminata*). The cows' diet was supplemented with concentrates and different sources of lipids. The results showed that the fatty acid profile of the milk was positively influenced by the consumption of the shrub's foliage and lipids, generating an increase in transvaccenic acid (TVA) and, in general, in milk quality (Lopera-Marín *et al*. 2025).

One topic that continues to attract international interest is the reduction of greenhouse gas (GHG) emissions in cattle feed, where T*. diversifolia* may be a promising alternative for increasing meat and milk productivity without increasing these emissions. A recently published study by Brazilian scientists evaluated the intensity of methane (CH_4), nitrous oxide (N_2O), and inorganic nitrogen emissions, as well as carbon stocks and fractionated organic matter in the soil during grazing in a silvopastoral system (SPS) with T*. diversifolia* over the course of a year. In the SPS, the soil temperature was 0.6 °C lower, and the intensity of emissions (mg CO_2eq kg^{-1} of accumulated forage biomass) was also lower (Bizzuti *et al*. 2025). These data are consistent with those found in Colombia, where greater differences in the reduction of N_2O–N and CH_4 were recorded in intensive SSPs with *T. diversifolia* (Rivera *et al.* 2023b).

Other topics of interest from the consensus of the II International Symposium on *Thitonia diversifolia* 2022 include the contributions of this forage shrub to the feeding of monogastric animals (Vázquez et al 2024) or evidence of the ruderal and non-invasive behavior of *T. diversifolia* in ecosystems and agroecosystems (Calle et al 2024), are scarce and require further contributions from the scientific community in the near future. In conclusion, this brief review of scientific developments regarding T*. diversifolia* in livestock systems in Latin America and the Caribbean between 2023 and 2025 highlights a remarkable and diverse range of activities that support the innovations that producers are simultaneously implementing in a wide variety of regions with this valuable species.

Keywords: *Silvopastoral systems, shrub, forage, agrodiversity*

BIBLIOGRAFÍA

Alonso Lazo J; Grajales Zepeda R; Peres Soto L; Castro Hernandez L; Reyes García ME. 2024. Caracterización morfo-productiva de materiales de Tithonia diversifolia recolectados en el estado de Chiapas, México. *Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales*, 12(1): 36-48. https://doi.org/10.17138/tgft(12)36-48.

Angulo-Arizala J, Nemocón-Cobos AM, Posada-Ochoa SL, Mahecha-Ledesma L. 2022. Producción, calidad de leche y análisis económico de vacas holstein suplementadas con ensilaje de botón de oro (Tithonia diversifolia) o ensilaje de maíz. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 20(1): 27–40. https://revistas.unicauca.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/1535/1587.

Arias-Gamboa, L. M., López-Herrera, M., Castillo-Umaña, M., & Alpízar-Naranjo, A. 2023. Fertilization type and regrowth age on ruminal parameters of Tithonia diversifolia. *Agronomía Mesoamericana*, 34(3): 53192. https://doi.org/10.15517/am.2023.53192.

Arias-Ortiz N, Bolívar-Vergara D M and Barahona-Rosales R. 2023. Effect of Sambucus peruviana and Tithonia diversifolia silage on methane emissions by Holstein cows fed Cenchrus clandestinus. *Livestock Research for Rural Development*, Volume 35, Article #33. http://www.lrrd.org/lrrd35/4/3533dmbv.html.

Bizzuti, B.E., Ovani, V., Crisostomo, C. et al. 2025. Balancing productivity and emissions: the role of Tithonia diversifolia in tropical silvopastoral system. *Agroforest Systems*, 99, 14. https://doi.org/10.1007/s10457-024-01108-1.

Calle Z., Murgueitio A., Murgueitio E. 2024. Sin comportamiento invasor en Colombia. El botón de oro no tiene un comportamiento invasor, más bien ayuda a la restauración ecológica y la nutrición animal. Revista DeCarne edición agosto 2024. Pp 12-14. Bogotá, Colombia.

Gutiérrez González, Iraola J. 2024. Evaluación del consumo absoluto y relativo de nutrientes, parámetros productivos y el perfil metabólico sanguíneo de machos bovinos alimentados en sistema silvopastoril con Tithonia diversifolia (Helms) A. Gray. *Livestock Research for Rural Development*, Volume 36, Article #81. http://www.lrrd.org/lrrd36/6/3681guti.html.

Iraola J , García Y y Hernández J L. 2024. Evaluación del crecimiento de búfalos de rio (Bubalus bubalis) de la raza buffalipsos mestizos en un sistema silvopastoril de Tithonia diversifolia vc IcaCuba Oc-10 (Nota Técnica). *Livestock Research for Rural Development*, Volume 36, Article #50. http://www.lrrd.org/lrrd36/5/3650jira.html.

Kew Royal Botanical Gardens. 2025. Plants of the World Online https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:255747-1.

Krüger, A.M.; Lima, P.d.M.T.; Ovani, V.; Pérez-Marquéz, S.; Louvandini, H.; Abdalla, A.L. 2024. Ruminant Grazing Lands in the Tropics: Silvopastoral Systems and Tithonia diversifolia as Tools with Potential to Promote Sustainability. *Agronomy*, 14, 1386. https://doi.org/10.3390/agronomy14071386.

Londoño JD, Barragán W, Muñoz M, Mahecha L, Angulo J. 2020. Evaluación antimicrobiana de extractos obtenidos a partir de Tithonia diversifolia (Hemsl.) A. Gray con uso potencial en la industria lechera*. Revista Investigaciones Andina,* 22(40):215–224. https://doi.org/10.33132/01248146.1596.

Lopera-Marín, J.J., Angulo-Arizala, J. & Mahecha-Ledesma, L. Silvopastoral systems with wild sunflower (Tithonia diversifolia (Hemsl.) A. Gray) and lipid supplementation: a strategy to improve the fatty acid profile of milk in dairy livestock systems. *Agroforest Systems*, 99, 106. 2025. https://doi.org/10.1007/s10457-025-01195-8

Murgueitio, E. (2023). Tithonia diversifolia, a different Asteraceae: its function in sustainable systems of cattle production. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 57, Epub 01 de diciembre de 2023

Ovani, V., Pérez-Márquez, S., Monteiro, A., Kruger, A. M., de Mello Tavares Lima, P., Bizzuti, B. E., Takahashi, L. S., Maurício, R. M., Louvandini, H., & Abdalla, A. L. 2025. Understanding the impacts of intensity and harvest frequency on Tithonia diversifolia for use in tropical silvopastoral systems. *Grassland Science*, 1–15. https://doi.org/10.1111/grs.70007.

Padilla C, Rodríguez I, Cino D M, Ruiz T E, Lara A, Rodríguez A, Berrío I, Báez Quiñones N y Medina Y. 2025. Evaluación técnica y análisis de los principales costos directos de la propagación de Tithonia diversifolia (Hemsl.) A. Gray material 16 a partir de semilla gámica y agámica en la fase de establecimiento. *Livestock Research for Rural Development*, Volume 37, Article #12. http://www.lrrd.org/lrrd37/1/3712idal.html.

Rivera J E, Gómez-Leyva J F, Ramírez D, Chará J, Morales J G, Barahona R y Ruiz T E. 2023a. Diversidad genética, morfológica y química de colectas de Tithonia diversifolia (Hemsl.) A. Gray para la alimentación animal. *Livestock Research for Rural Development*, Volume 35, Article #94. http://www.lrrd.org/lrrd35/10/3594jeri.html

Rivera JE, Villegas G, Chará J et al. 2023b. Silvopastoral systems with Tithonia diversifolia (Hemsl.) A. Gray reduce N_2O–N and CH_4 emissions from cattle manure deposited on grasslands in the Amazon piedmont. *Agroforestry Systems*, 45:789. https://doi.org/10.1007/s10457-023-00859-7.

Rodríguez I, Padilla C, Crespo G, Medina Y y Herrera M. 2025. Conservación de semilla sexual de Tithonia diversifolia (Hemsl.) Gray vc. IcaCuba Oc-10 con zeolita micronizada (ZEOBLANK). *Livestock Research for Rural Development*, Volume 37, Article #30. http://www.lrrd.org/lrrd37/2/3730idal.html.

Ruíz, T. E., Febles, G. J., Torres, V., Lok, S., Valenciaga, N., Rodríguez, B., Báez, N., & Medina, Y. 024). Effect of cutting frequency on the biomass production of outstanding materials of Tithonia diversifolia identified in Cuba. *Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales*, 12(2), 106–115. https://doi.org/10.17138/tgft(12)106-115.

Serna Arroyave F A, Angulo Arizala J, Gallego Castro L A, Barragán-Hernández W y Mahecha Ledesma L. 2024. Efecto de la preparación de semilla gámica y la edad de cosecha en el número de plantas viables de Tithonia diversifolia (Hemsl.) A. Gray bajo condiciones de trópico de altura. *Livestock Research for Rural Development*, Volume 36, Article #68. http://www.lrrd.org/lrrd36/6/3668joaq.html.

Vázquez Y, Rodríguez B, Savón L, Ruiz T E, Herrera M y Lamz A. 2024. Retención aparente de nutrientes de pollos de engorde alimentados con harina de forraje de Tithonia diversifolia. *Livestock Research for Rural Development,* Volume 36, Article #41. http://www.lrrd.org/lrrd36/4/3641ysna.html.

Villanueva-López, G., Casanova-Lugo, F., Chay-Canul, A. J., & CanúlSolís, J. R. 2023. Biomass production and chemical composition of Tithonia diversifolia by the date of harvesting at different cutting heights. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 26(3): 1–11. https://doi.org/10.56369/tsaes.4888.

TD-02. Avances en el conocimiento de las interacciones Tithonia-suelo con diferentes manejos agronómicos en Cuba

Advances in the understanding of Tithonia-soil interactions with different agronomic management practices in Cuba

Sandra Lok Mejias y T.E. Ruíz Vázquez*

Instituto de Ciencia Animal

*Correspondencia: slok@ica.edu.cu, sandralok@gmail.com

RESUMEN

Con el objetivo de presentar algunos avances en el conocimiento del impacto de diferentes manejos agronómicos de *Tithonia diversifolia* para la producción animal en el comportamiento de la fertilidad del suelo, se recopilaron los resultados de dos estudios de caso: 1) Producción de biomasa de variedades de *Tithonia diversifolia* ICACuba Oc-10, Oc-23, Oc-24 y Oc-25 con variados manejos (frecuencia de corte de 40, 60 y 80 días; presión de pastoreo de 2 animales ha^{-1} y asociación de Tithonia + Brachiaria en arreglo espacial en franjas de 5 u 8 m) en suelo Ferralítico Rojo; 2) Ceba de ganado vacuno con *Tithonia diversifolia* ICACuba Oc-10 en dos sistemas (silvopastoril con tithonia+cynodon y control con *Cynodon nlenfuensis*) en suelo Pardo**.** En ambos casos, se determinó la línea base de indicadores de la fertilidad del suelo (P, K, Ca, Mg, pH, densidad aparente, macrofauna). Se determinó la dinámica edáfica para tres y cuatro años de producción continua de los sistemas, para el estudio uno y dos, respectivamente y se evaluaron estos indicadores, además de la fitomasa subterránea y en el estudio de caso 2 se determinó el carbono orgánico (COS). Los resultados mostraron para ambos estudios de caso que con el incremento del tiempo en producción hubo mejora de los contenidos de Ca, Mg, P_2O_5 asimilables y de la densidad aparente, mientras el K, el pH y la fitomasa subterránea disminuyeron. El COS tuvo mejor comportamiento para el sistema silvopastotil y tendió a aumentar con el tiempo en producción. Se concluye que la presencia de tithonia provoca variaciones en los indicadores de la fertilidad edáfica, siendo el potasio el nutriente con mayor disminución de su disponibilidad en el suelo. La variabilidad en los contenidos de nutrientes y las propiedades físicas y biológicas, indicaron la necesidad de efectuar el adecuado manejo del suelo en la producción del cultivo, mediante estrategias integrales para su nutrición y conservación edáfica.

Palabras clave: *nutrición del suelo, fertilidad edáfica, silvopastoreo*

ABSTRACT

In order to present some advances in the knowledge of the impact of different agronomic management of Tithonia diversifolia for animal production on soil fertility behavior, the results of two case studies were compiled: 1) Biomass production of Tithonia diversifolia varieties ICACuba Oc-10, Oc-23, Oc-24 and Oc-25 with varied management (cutting frequency of 40, 60 and 80 days; grazing pressure of 2 animals ha-1 and association of Tithonia + Brachiaria in spatial arrangement in strips of 5 or 8 m) on Red Ferralitic soil; 2) Fattening of cattle with Tithonia diversifolia ICACuba Oc-10 in two systems (silvopastoral with tithonia + cynodon and control with Cynodon nlenfuensis) on Brown soil. In both cases, baseline soil fertility indicators (P, K, Ca, Mg, pH, bulk density, macrofauna) were determined. Soil dynamics were determined for three and four years of continuous production for the systems in studies one and two, respectively, and these indicators were evaluated, in addition to belowground phytomass. In case study 2, organic carbon (SOC) was determined. For both case studies, results showed that with increasing production time, assimilable Ca, Mg, and P2O5 contents and bulk density improved, while K, pH, and belowground phytomass decreased. SOC performed better in the silvopasture system and tended to increase over time in production. It is concluded that the presence of Tithonia causes variations in soil fertility indicators, with potassium being the nutrient with the greatest decrease in soil availability. The variability in nutrient content and physical and biological properties indicated the need for adequate soil management during crop production, through comprehensive soil nutrition and conservation strategies.

Keywords: *soil nutrition, soil fertility, silvopasture*

INTRODUCCIÓN

Las especies arbóreas y arbustivas constituyen una opción para la adaptación y mitigación del cambio climático, por lo que los productores han establecido arreglos silvopastoriles como parte de su estrategia de resiliencia a las nuevas condiciones climáticas (Velarde 2012 y Murgueitio 2023).

Tithonia diversifolia es un arbusto que según Navas y Montaña (2019), Ruge *et al*. (2023) y Morocho *et al*. (2024), presenta potencial para la recuperación de suelos degradados, adaptación a diferentes condiciones climáticas y contribuye a la producción de alimento de buena calidad, que podría permitir el establecimiento de programas de suplementación estratégica para las épocas críticas en sistemas ganaderos.

En Cuba, desde 2006 se ha profundizado en el uso de esta especie en la ganadería, sin embargo, aún es poco el conocimiento acerca de su interacción con el medio ambiente y en particular con el suelo. Esto hace que sean necesarios



estudios que determinen el efecto que puede tener esta planta en el suelo como un componente básico de la productividad y sostenibilidad de los sistemas agropecuarios. Es significativo que la degradación de los suelos es reconocida como uno de los principales problemas ambientales del país, con el 70% de sus áreas afectadas por al menos un tipo de degradación (CITMA 2020) y con el 92 % de las áreas ganaderas con algún factor limitante (MINAG 2015). Esta situación provoca la disminución de su salud e implica la pérdida de su capacidad para mantener la productividad, la diversidad y los servicios ambientales.

Por ello, el objetivo del presente trabajo fue mostrar los avances en el conocimiento del impacto de diferentes manejos agronómicos de *Tithonia diversifolia* para la producción animal en el comportamiento de la fertilidad del suelo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron dos estudios en áreas de producción del Instituto de Ciencia Animal, ubicado en el municipio de San José de las Lajas, Provincia Mayabeque, entre los 22º 53 LN y los 82º 02 LW y a 80 m.s.n.m.

Estudio de caso 1. Producción de biomasa: Se realizaron tres experimentos con diferentes variedades de *Tithonia diversifolia* ICACuba Oc-10, Oc-23, Oc-24 y Oc-25 (acreditada por la Dirección de Semillas y Recursos Fitogenéticos del MINAG de Cuba) para determinar su rendimiento y comportamiento de los indicadores del suelo. Se estudió la frecuencia de corte, que consideró 40, 60 y 80 días. Los otros dos se desarrollaron en áreas del Bloque, con hembras en desarrollo y pastoreo rotacional: 1) Presión de pastoreo de 2 animales ha^{-1} y 3) Asociación de Tithonia + Brachiaria en dos arreglos espaciales: franjas de 5 y 8 m. Los suelos de los tres experimentos se clasificaron como Ferralítico Rojo típico (Hernández *et al*. 2015).

Estudio de caso 2. Ceba de ganado vacuno: Se realizó en la Finca Ayala, perteneciente a la Granja Agropecuaria, ubicada en un suelo Pardo, según la clasificación de Hernández *et al.,* 2015. Se manejó pastoreo rotacional entre potreros con *Tithonia diversifolia* ICACuba Occ-10 y otros con *Cynodon nlenfuensis,* con una carga de 2.4 animales ha^{-1}, donde se determinó el comportamiento del suelo con igual manejo animal y diferente estructura vegetal (silvopastoreo con tithonia+cynodon y control con monocultilvo de pasto cynodon).

Procedimiento de trabajo: En ambos estudios de caso se determinó la línea base previa a la siembra de las áreas con tithonia y no se les realizó ninguna enmienda orgánica o inorgánica ni en la siembra o a lo largo de los años de trabajo.

Los indicadores determinados fueron P, pH, Ca, Mg y K (agroquímicos), la densidad aparente (físico) y la fitomasa subterránea, la macro y la mesofauna (biológicos). El pH se determinó por el método potenciométrico, el fósforo por Oniani (1964), el Ca y el Mg según Maslova, citado por Paneque (1965) y el potasio por AOAC (1995). La densidad aparente (DA) se determinó según el método de Martín y Cabrera (1987), mientras que la fitomasa subterránea fue por el método descrito por Hernández *et al*. (1998) y para la macrofauna se usó la metodología propuesta por Springett (1981).

En el estudio de caso 2, además se determinó el carbono orgánico según Miranda *et al*. (2007).

La dinámica de la fertilidad edáfica se realizó mediante la evaluación de los indicadores antes mencionados durante tres años de producción continua para el estudio de caso 1 y por cuatro años para el estudio de caso 2.

Para los indicadores químicos se tomaron tres muestras compuestas por cuartón mediante barrena helicoidal, para los físicos se muestrearon cuatro puntos al azar para cada cuartón y para los biológicos se tomaron cuatro muestras al azar por cuartón y para las profundidades de 0 a 10 y de 10 a 20 cm. Tanto, indicadores físicos como químicos, se evaluaron anualmente al estabilizarse la estación lluviosa. En cuanto a los biológicos, se evaluaron para cada época estacional en cada año.

Para conocer el comportamiento del pasto solo o asociado con tithonia se realizó la composición botánica del área para la línea base y posteriormente, para cada tipo de sistema. Para ello, se utilizó el método de t' Mannetje (1975). El rendimiento se determinó dos veces por estación climática, con el corte total de la parcela.

Análisis estadístico: En el estudio de caso 1, para el experimento de frecuencia de corte se realizó análisis de varianza según diseño completamente aleatorizado en arreglo factorial (2*3); los factores fueron año y frecuencia de corte, se aplicó dócima de Duncan para $P<0,05$ en los casos necesarios (agroquímicos, densidad aparente y fitomasa subterránea). Mientras, que en los experimentos de presión de pastoreo y en la asociación de Tithonia + Brachiaria en dos arreglos espaciales (5 y 8 m), se realizó análisis de varianza, según diseño completamente aleatorizado y se aplicó dócima de LSD Fisher para $P<0,05$.

En el estudio de caso 2, se realizó análisis de varianza según diseño completamente aleatorizado, se aplicó dócima de LSD Fisher para $p<0,05$ para determinar la interacción entre año y sistema para Ca, P y K. Para el análisis de los indicadores entre años se realizó análisis de varianza según diseño completamente aleatorizado, se aplicó dócima de Duncan para $p<0,05$. Para el análisis de la densidad aparente se realizó análisis de varianza según diseño completamente aleatorizado en arreglo factorial (3*2), los factores fueron año y sistema, se aplicó dócima de Duncan para $p<0,05$ en los casos necesarios. Para el análisis del carbono orgánico del suelo (COS) se realizó análisis de varianza según diseño completamente aleatorizado, se aplicó dócima de Fisher para $p<0,05$.

RESULTADOS

El estudio de caso 1 incluyó la evaluación de cuatro variedades de tithonia (Oc-10, 23, 24 y 25), mientras el estudio de caso 2, solo se empleó el Oc-10. En este trabajo se utilizaron solo los datos de la variedad Oc-10 para ejemplificar los resultados encontrados, tanto para el estudio de caso 1, como el 2. Esto respondió a que en los estudios del comportamiento edáfico del caso 1, aunque se encontraron diferencias entre variedades, que respondieron al manejo especifico realizado (frecuencias de corte, carga, distancia de siembra) y el tiempo de producción, de manera general para los tres experimentos realizados, se identificó una tendencia similar en el comportamiento de los indicadores evaluados, respecto a la línea base del suelo (Lok *et al.*, 2022).

Estudio de caso 1: Para la frecuencia de corte se utilizaron 40, 60 y 80 días. De manera general, los mejores resultados para la conservación y mejora del suelo se obtuvieron entre 60 y 80 días, a la vez que con ese tiempo tithonia tuvo sus mejores rendimientos (tabla1).

Tabla 1. Rendimiento de la variedad Oc-10 de tithonia con diferentes frecuencias de corte

Frecuencia de corte / Variables	40	60	80	EE y Signif.
Rendimiento, t /ha MV	43,99 [b]	74,71 [ab]	89,09 [a]	±11,40 P=0,001
Rendimiento, t/ha MS	6,66 [b]	12,41 [a]	17,24 [a]	±0,93 P=0,001

[a,b]: columnas con letras distintas indican diferencias significativas para P<0,05

En este sentido, la tabla 2 muestra el efecto de la frecuencia de corte, presión de pastoreo y distancia de siembra en los contenidos de los nutrientes disponibles del suelo, su densidad aparente y la fitomasa subterránea, al compararlos en la línea base (LB) con la dinámica de su contenido en dos años en producción.

Para el experimento de frecuencia de corte, se evidencia que en áreas con Oc-10 el pH disminuyó, oscilando de 5.83 a 5.31 y mantuvo condición de moderadamente ácido; el Ca durante el primer año de producción (4.86 Cmol kg^{-1}) tuvo menor contenido que el que había inicialmente (de 7.07 Cmol kg^{-1}), coincidiendo los menores valores cuando tuvo menor frecuencia de corte, lo que parece indicar que el cultivo hace alta extracción durante el primer año de manejo, mientras que durante el segundo año se observó que hubo mejora de su cantidad disponible en el suelo, con valores medios de Ca (8.30 Cmol kg^{-1}); el Mg tuvo siempre valores superiores a la línea base, se movió de 0.66 Cmol/kg a valores entre 1.62 y 1.77 Cmol/kg en el segundo año de producción; el K fue de un contenido alto con 1.38 Cmol/kg hasta contenidos alrededor de 0.10 en el segundo año.

La densidad aparente en el suelo, no mostró diferencias entre los tratamientos de frecuencia de corte utilizados y mantuvo valores bajos (entre 0.63 y 0.69 g cm^{-3}) que denotan lo positivo de la aplicación de este cultivo para mantener la estabilidad de este indicador. El contenido de fitomasa subterránea mostró diferencia en sus valores en el material Oc- 10, el cual aumentó de 0.12 a 0.36 g 100 cm^{-3} de suelo entre el año 1 y el 2.

En el estudio de presión de pastoreo de tithonia con 2 animales ha^{-1}, se pudo apreciar que entre años de producción hubo diferencias en el comportamiento de las propiedades agroquímicas estudiadas. El Ca y Mg aumentaron entre años de producción. Mientras, disminuyeron el pH, el K y el fósforo. Las variedades Oc-23, 24 y 25 tuvieron comportamiento diferente con el P_2O_5 del suelo, el que aumentó entre años de producción, con valores medios entre 83 y 89 kg ha^{-1} (Lok *et al.*, 2022).

Por otro lado, la densidad aparente mostró que se mantuvo sin variaciones significativas entre años, con valores adecuados que estuvieron entre 0.60 y 0.73 g cm^{-3}, los cuales son bajos e indicaron que el uso de este cultivo y el tipo de manejo aplicado fueron correctos y beneficiosos para esta propiedad edáfica.

La fitomasa subterránea tampoco tuvo diferencias entre años de producción y se mantuvo en valores entre 0.18 y 0.25 g 100 cm^{-3} de suelo en la profundidad de 0 a 7 cm para todas las variedades.

Para la asociación Tithonia+Brachiaria se muestran los datos para 5 m entre franjas de tithonia, debido a que los resultados mostraron que no hubo diferencias en el comportamiento de los indicadores del suelo para las dos distancias de siembra estudiadas. Los indicadores edáficos (ver tabla 2), respecto a la línea base el pH fue de 5.27 (moderadamente ácido) a muy ácido; el Ca disminuyó el primer año respecto al inicio de 3.31 a 0.76 Cmol kg^{-1} y aumentó después a 11.4 Cmol kg^{-1}; el Mg aumentó de 0.51 a 1.95 Cmol kg^{-1} y el K disminuyó a 0.09 Cmol kg^{-1}. Para frecuencia de corte y distancia de siembra, se encontró que el P_2O_5, tendió a aumentar entre años continuos de producción, con valores medios de este indicador.

Tabla 2. Efecto de la frecuencia de corte, presión de pastoreo y distancia de siembra en los indicadores del suelo

Indicadores	MANEJO								
	Frecuencia de corte, 80 días			Presión de Pastoreo, 2 animales ha^{-1}			Distancia de siembra, 5 m		
	LB	TP Año 2	EE Signif.	LB	TP Año 2	EE Signif.	LB	TP Año 2	EE Signif.
Ca, Cmol kg^{-1}	7,07	8,30	±0,80 P=0,0014	3,58	8,52	±0,96 P<0,0001	3,31	11,4	±1,82 P<0,0001
Mg, Cmol kg^{-1}	0,66	1,77	±1,69 P<0,0001	1,98	2,16	±1,85 P=0,0106	0,51	1,96	±0,61 P=0,1041
P_2O_5, kg ha^{-1}	67,70	76,74	±0,71 P<0,0001	103,53	93,17	±0,94 P=0,0015	52,02	133,93	±0,70 P<0,0001
pH, KCl	5,83	5,31	±1,02 P=0,0002	5,48	5,03	±0,94 P=0,0022	5,27	5,03	±0,04 P=0,3244
K, Cmol kg^{-1}	1,38	0,11	±28,5 P<0,0001	0,65	0,19	±1,49 P<0,0001	0,24	0,09	±0,63 P<0,0001
Densidad aparente, g cm^{-3}	0,63	0,69	±0,03 P=0,0639	0,60	0,70	±0,85 P=0,0306	0,62	0,66	±0,02 P=0,3357
Fitomasa subterránea, g 100 cm^{-3} de suelo	0,12	0,36	±0,61 P<0,0001	0,18	0,25	±0,52 P=0,0453	0,23	0,18	±0,05 P=0,5319

TP: Tiempo de producción; FC: Frecuencia de corte; LB: Línea base

Estudio de caso 2: En la tabla 3 se muestra la dinámica entre años consecutivos de producción para los indicadores del suelo. Se observa que el contenido de Ca asimilable disminuyó entre años, tanto para el sistema con tithonia como para el control (cynodon). Sin embargo, en el área correspondiente al silvopastoreo, durante el año 3, se constató recuperación de este contenido con valores que parecieron tender a aumentar. El K se movió de contenido alto a medio y posteriormente a bajo entre los años 1, 2 y 3 de producción, respectivamente. Esto sucedió para ambos sistemas (silvopastotil y control) y tuvo variaciones significativas para cada año entre sistemas. Se constató mayor reducción en el área de tithonia que partió de 2,96 Cmol kg^{-1} y disminuyó a 0,23 Cmol kg^{-1}.

En el caso del contenido de P_2O_5 se observa (tabla 3) que en ambos sistemas se partió de valores similares en el contenido de este nutriente y con el aumento del tiempo de producción continua se encontraron mayores valores para el sistema con cynodon (control) que para el sistema con la asociación de tithonia+cynodon. La dinámica de P_2O_5 entre años consecutivos de producción para cada sistema de pastizal evidenció que este nutriente asimilable en el silvopastoreo aumentó respecto al primer año, pero se mantuvo durante el segundo y tercer año sin variaciones entre ellos.

El comportamiento de la densidad aparente mostró mejora en ambos sistemas respecto a la línea base, cuando estuvo en 1.69 g cm^{-3} para el área de tithonia+cynodon y 1.25 g cm^{-3} para el área con cynodon, sin variaciones significativas entre los tres primeros años de producción, con valores que estuvieron entre 0.99 y 1.10 g cm^{-3} (ver tabla 3). Este valor se clasifica como muy bajo a bajo, por lo que indicó que el suelo no estaba compactado y mostró que ambos sistemas, tuvieron estabilidad en este indicador. Además, reflejó que el manejo aplicado permitió conservarlo.

Por su parte, el contenido de materia orgánica aumentó para ambos sistemas, con mayores valores de acumulación para el sistema silvopastoril. Mientras que, el carbono orgánico, mostró que entre ambos sistemas manifestaron comportamiento particular, al observarse que hubo similar valor de este indicador en el primer año de producción en ambos sistemas, sin embargo, para su tercer año continuo mostró diferencia significativa entre ellos, con sus mayores valores para el aquel donde estuvo presente este arbusto (39,68 t C ha^{-1}).

En este estudio de caso también se determinó la macrofauna edáfica, la que se mantuvo similar entre la línea base y los tres años de producción. Se mantuvieron presentes las hormigas, lombrices y caracoles, mientras que a partir del segundo año, además de estas especies, algunos coleópteros. Las poblaciones de lombrices estuvieron alrededor de 8 individuos m^2 de 0 a 20 cm de profundidad. Según la metodología para determinar la calidad visual del suelo de Shepherd *et al.* (2006), validada por Santander y Durám (2023) en suelos ferralíticos rojos en Cuba y aplicada por Lok *et al.* (2018) en sistemas de pastizales**,** cuando aparece esta cantidad se considera la condición edáfica biológicamente moderada.

La fitomasa subterránea se muestra en la tabla 4. Se evidencia que en el sistema con tithonia ocurre decrecimiento entre el primer año y los dos siguientes en producción, mientras que para el cuarto año se encontró el mayor valor, lo que puede indicar que se está recuperando este indicador en la medida que aumenta el tiempo de producción del sistema con tithonia.

Tabla 3. Dinámica entre años consecutivos de producción para los indicadores del suelo

Sistemas	AP Variables	Año 1	Año 2	Año 3	EE y Signif.
Tithonia+Cynodon	Calcio, Cmol Kg^{-1}	10,83[a]	8,93 [b]	9,82 [ab]	±235,97 p=0,0328
	Potasio, Cmol kg^{-1}	2,96 [a]	0,46 [b]	0,23 [c]	±30,55 p<0,0001
	P_2O_5, kg ha^{-1}	45,67 [a]	50,35 [b]	50,56 [b]	±3,23 p<0,0001
	DA, g cm^{-3}	1,00	---	1,10	±0,07 p=0,3200
	MO, %	5,73	---	6,21	±0,13 p=0,0195
	COS, t C ha^{-1}	33,20	---	39,68	±2,40 p=0,0471
Cynodon	Calcio, Cmol Kg^{-1}	12,81 [a]	9,40 [b]	9,55 [b]	±237,15 p=0,0001
	Potasio, Cmol kg^{-1}	1,98 [a]	0.46 [b]	0,28 [c]	±5,65 p<0,0001
	P_2O_5, kg ha^{-1}	41,06 [c]	58,64 [b]	68,10 [a]	±6,75 p<0,0001
	DA, g cm^{-3}	0,99	---	0,97	±0,04 p=0,7426
	MO, %	5,71	---	5,93	±0,12 p=0,2097
	COS, t C ha^{-1}	32,97	---	33,45	±1,66 p=0,8389

DA: Densidad Aparente
COS: Carbono Orgánico del suelo

Tabla 4. Comportamiento de la fitomasa subterránea (g 100 cm^3de suelo) para cada sistema entre años de producción

Sistemas	Años Fitomasa	2020	2021	2022	2023	EE y Signif.
Tithonia+Cynodon	0-10 cm	0,44 [b]	0,15 [a]	0,14 [a]	0,79 [c]	±0,07 p<0,0001
	10-20 cm	0,30 [b]	0,10 [a]	0,12 [a]	0,38 [b]	±0,05 p=0,0022
Cynodon	0-10 cm	0,79	0,70	0,87	0,93	±0,21 p=0,8812
	10-20 cm	0,33	0,43	0,31	0,58	±0,08 p=0,0977

a,b,c: letras distintas indican diferencias significativas para p<0,05

DISCUSIÓN

Las características de *T. diversifolia* de ser una planta con posibilidades de adaptación a diferentes condiciones edafoclimáticas y con adecuada respuesta a diferentes manejos agronómicos para la producción de biomasa en sistemas ganaderos, ha generado el criterio de que no requiere de cuidados o insumos que garanticen estos niveles, que además pudieran provocar un impacto no deseado en la fertilidad del suelo, si no es adecuadamente manejada.

Ambos estudios permitieron monitorear las relaciones entre este cultivo y el suelo en sistemas productivos. Se observó que tuvieron similar tendencia de comportamiento con respecto a la línea base de los indicadores evaluados. Los resultados evidenciaron que este arbusto en el sistema provocó que el contenido de Ca tendiera a disminuir durante primer año de producción para recuperarse a partir del segundo o tercer año. Otros nutrientes como el Mg y el P_2O_5 tendieron a aumentar, disminuyó el pH, y permaneció estable la densidad aparente. El potasio fue el nutriente asimilable con mayor disminución lo que pudo influir en el funcionamiento armónico del suelo.

Así mismo, el sistema con tithonia no pareció tener alta presencia de raíces ni abundantes individuos de la macrofauna, lo que indujo a considerar que tiende a tener menor actividad biológica que otros sistemas silvopastoriles basados en otras plantas para estas condiciones edafoclimáticas. Sin embargo, su rendimiento y características de crecimiento sugieren la posibilidad de que sus raíces se desarrollen a mayores profundidades que las estudiadas o que su eficiencia pueda ser mejor que el de otras plantas para extraer el agua y los nutrientes que sustentan estas características fisiomorfológicas.



En el estudio de caso 2, al comparar con los contenidos obtenidos en la línea base respectos a P_2O_5 y K, se infiere que esta es una planta que requiere estos nutrientes en mayor cantidad que el pasto estrella. Además, un aspecto relevante fue que la determinación del carbono orgánico del suelo (COS) fue superior en el sistema con tithonia+cynodon y tendió a incrementarse con mayor tiempo de producción.

El comportamiento similar entre estudios de caso en el Ca asimilable del suelo, puede relacionarse a las extracciones elevadas de nutrientes que hace esta planta (Crespo (2018). En el caso del fósforo, que mejoró entre años de producción, coincidió con estudios realizados por Ramírez (2018) y Triana (2018) quienes indicaron que el cultivo de tithonia en sistemas silvopastoriles contribuye a la mejora del fósforo del suelo.

La mejora de Ca, Mg, P_2O_5 el suelo, con el incremento del tiempo en producción pudo estar relacionado con que en el suelo la presencia del animal, la hojarasca que se acumula, la asociación de tithonia con el paso base y la sinergia que se establece entre estos elementos, el manejo y la biota del suelo, con el tiempo contribuyeron positivamente con el reciclaje de nutrientes. Estudios realizados por Crespo y Fraga (2002) mostraron que la hojarasca de los arbustos puede contribuir significativamente al reciclaje de los nutrientes en estos sistemas. También, Bruno-Eutimio (2022) encontraron que los árboles y arbustos en pastizales son una fuente muy importante de nutrientes, los que se reciclan, fundamentalmente, a través de la hojarasca. Londoño y Mauricio (2019) aseguran que tithonia posee altos valores bromatológicos, especialmente en proteína y contenido de minerales lo que puede influir en la incorporación al suelo por la actividad biológica de estos nutrientes en formas asimilables.

El K disminuyó drásticamente respecto a la línea base, para ambos casos de estudio, lo que sugiere la necesidad de realizarle enmiendas al suelo con este elemento para evitar el deterioro edáfico, independientemente del tipo de manejo a que se someta el cultivo y las condiciones edafoclimáticas en que se desarrolle. Esto ratificó lo encontrado en estudios realizados por (Cerda 2018) y González *et. al.* (2024), quienes determinaron que esta planta es alta extractora de K del suelo. González *et al.* (2024) sugieren que la mejor opción es la aplicación de una estrategia de fertilización basada en el manejo integrado de biofertilizantes, estiércol vacuno y dosis menores de fertilizante nitrogenado, para incrementar el rendimiento de forraje de tithonia, mejorar la fertilidad del suelo y reducir el uso de fertilizante nitrogenado.

La disminución del pH respecto a la línea base en ambos casos de estudio, debió relacionarse, fundamentalmente con la disminución drástica del K asimilable, la que fue mayor que los aumentos positivos de Ca y Mg en el suelo. Según Cairo y Fundora (1994) la disminución del pH el suelo es sobre todo consecuencia de la relación de los cationes alcalizantes o bases cambiables (Ca^{2+}, $Mg^{2+,}$ K^+ y Na^+) y los cationes acidificantes (H^+ y Al^{3+}) presentes en el complejo absorbente del suelo. Los cationes alcalizantes (alcalinotérreos y alcalinos) determinan las variaciones de pH. *Tithonia diverisfolia* es una planta altamente extractora tanto de N como de K (Cerda 2018), sin embargo, estudios realizados por Crespo (2018) en este cultivo, con la variedad Oc-10, evidenciaron que cuando el rendimiento anual se encuentra entre 15 y 20 t ha^{-1} de MS $año^{-1}$, la extracción de K debe estar entre 270 y 360 kg ha^{-1}.

También, Astúa-Ureña *et al.* (2020), al estudiar la extracción de nutrientes de *T. diversifolia* del ecotipo INTA-Quepos a tres edades de rebrote determinaron que este es un cultivo con importantes requerimientos nutricionales, que realiza altas extracciones de nutrientes, lo que determina que a pesar de ser un cultivo rústico que aparentemente requiere poco manejo agronómico por parte de los productores, requiera de fertilización para su producción de biomasa sostenible.

La densidad aparente mejoró con la presencia de tithonia. Este indicador que posee estrecha relación con la porosidad del suelo, la consistencia, la compactación y la aireación, la infiltración, entre otras (Salamanca y Sadeghian, 2005). En sistemas de pastizales siempre debe darse seguimiento a este indicador por el efecto del pisoteo continuo de los animales que de manera natural debe provocar aumento de la compactación y reflejarse en la densidad aparente.

La fitomasa subterránea en sistemas con tithonia, según estudios realizados por Giraldo (2022) y Martínez *et al.* (2025) en sistemas silvopastoriles con tithonia, también mostraron decrecimiento de los contenidos de fitomasa subterránea durante los dos primeros años consecutivos de explotación y lo consideraron como aspecto importante para profundizar y determinar sus causas. Es importante destacar que los valores encontrados son inferiores a otros sistemas con árboles, tal y como reportó Lok (2005) en sistema con leucaena+guinea con seis años de producción continua, donde encontró que en la profundidad de 0 a 7 cm durante tres años consecutivos este indicador estuvo entre 0.9 y 1.2 g 100 cm^{-3} de suelo. Benavides (2003) asevera que los sistemas con árboles y arbustos, por sus características radicales, pueden tomar agua y nutrientes a mayores profundidades y mejorar la actividad biológica. Se conoce que los exudados de las raíces estimulan la actividad de la fauna edáfica, las cuales accionan favorablemente en sus propiedades físicas y químicas, que contribuye a la formación de agregados y al reciclaje de los nutrientes (Licona *et al.* 2004 y Córdova *et al.* 2004). Sin embargo, este sistema no pareció tener alta presencia de raíces ni abundantes individuos de la macrofauna, lo que indujo a considerar que tiende a tener menor actividad biológica que otros sistemas silvopastoriles basados en otras plantas.

El carbono orgánico del suelo (COS) solo se determinó para el estudio de caso 2 y su resultado indicó que hubo mejor comportamiento en el sistema silvopastoril, con un aumento entre años de producción superior al encontrado en el sistema control. Al analizar las posibles causas de este comportamiento, a partir de los indicadores que permiten el cálculo de este índice, se pudo comprobar que la variación de los contenidos de materia orgánica del suelo pudo ser el elemento determinante, ya que aumentó significativamente en el sistema con tithonia, mientras que en el control este indicador se mantuvo estable. Estudios realizados por Ruge *et al.* (2023) en pastizales de Sucre, Colombia para determinar el potencial de *Tithonia diversifolia* para la recuperación de los suelos, determinaron que la presencia de esta especie aumentó 53.23% del carbono orgánico del suelo, a la vez que contribuyó a disminuir la compactación, reducir riesgos de degradación y al desarrollo de estrategias de recarbonización del suelo. De igual manera, Morocho *et al.* (2024), estimaron el carbono

orgánico del suelo en áreas ganaderas de Ecuador y hallaron que el almacenamiento de carbono en áreas con tithonia fue superior al control y obtuvieron mejores resultados cuando combinaron su presencia con la aplicaron abonos orgánicos.

Lo que hace relevante al presente estudio es que lo reportado en la literatura se refiere, mayormente, a estudios de esta especie como forraje de corte, lo que implica que el animal y su pastoreo no está en el análisis. Sin embargo, el resultado que se relata en esta investigación contribuye al conocimiento al efecto de la especie en el sistema suelo-planta-animal, ya que el sistema se utiliza tanto para hembras en desarrollo como para la ceba de toros, soportando cargas de 2.4 animales por hectárea y con un manejo rotacional de sus cuartones. Por tanto, induce a considerar que estas áreas de pastoreo con asociación de tithonia y pasto estrella pueden ser más favorables para la captura de carbono en el suelo que áreas donde no ocurra la asociación.

Los resultados de ambos estudios inducen a pensar que la presencia de tithonia es un factor que provoca variaciones significativas en los contenidos de nutrientes del suelo, su comportamiento físico y biológico. Resultados similares obtuvieron Navas y Montaña (2019), quienes al realizar estudios relacionados con la producción de forraje de esta especie y su efecto en el suelo en la Hacienda San José Matapantano ubicada en Casanare, Colombia, encontraron incrementos en los nutrientes y mesofauna del suelo, concluyendo que Tithonia diversifolia presenta potencial para la recuperación de suelos degradados y la adaptación a diferentes condiciones climáticas, lo que hace muy atractiva al contribuir también con la producción de alimento de buena calidad en programas de suplementación estratégica para las épocas críticas en sistemas ganaderos.

Los resultados poseen gran utilidad práctica para el manejo del cultivo en la producción, especialmente para su adecuada nutrición, ya que, aunque tithonia es una planta con gran plasticidad, en suelos con bajos contenidos de nutrientes o condición agroproductiva baja, como son más del 75% de los suelos dedicados a la ganadería en Cuba (MINAG, 2015), requiere de atenciones culturales que garanticen la estabilidad y conservación de la calidad y salud del suelo, para evitar su degradación. Los resultados indicaron que requiere de mayor atención el K, por su drástico descenso. Además, de este nutriente, las disminuciones de su biomasa subterránea necesitan de un especial interés para determinar las causas de este comportamiento.

CONCLUSIONES

Se concluye que la presencia de tithonia en sistemas ganaderos, independientemente de su manejo, provoca variaciones en los indicadores de la fertilidad edáfica, con mejoras en los contenidos de Ca, Mg y P_2O_5 y con alta disminución del potasio lo que puede afectar en algunos casos el pH.

La variabilidad en los contenidos de nutrientes y las propiedades físicas y biológicas, indicaron la necesidad de efectuar el adecuado manejo del suelo en correspondencia con sus características, para garantizar su sostenibilidad durante la producción del cultivo, mediante estrategias integrales para su nutrición y conservación edáfica.

BIBIOGRAFIA

Alonso, C. 1997. Influencia de tres sistemas de cultivos en algunas propiedades físicas de los suelos Ferralíticos Rojos. Tesis presentada en opción al grado de Maestro en Ciencias. Facultad de Agronomía. ISCAH. La Habana. Cuba. p.112.

AOAC, 1995. Official methods of analysis. 15 ed. Washington: Association of Official Agricultural Chemists. 1298 p.

Astúa-Ureña, M., Rojas-Bowrrillon, A. y Campos-Granados, C.M. 2020. Extracción de nutrientes del botón de oro (Tithonia diversifolia) ecotipo INTA-Quepos a tres edades de rebrote con tres niveles de fertilización nitrogeneda. *Revista Nutrición Animal Tropical*, (14:2). https://doi.org/10.15517/nat.v14i2.44682

Benavides, J. 2003. Árboles y arbustos forrajeros: Una alternativa para la sostenibilidad en la ganadería. Taller Internacional Ganadería Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente. La Habana, Cuba. p. 157

Bignell, D. et al. 2010. Macrofauna. Capítulo 3. En: Manual de Biología de Suelos Tropicales. 61p.

Borrelli P., F. Boggio, P. Sturzenbaum, M. Paramidani, R. Heinken, C. Pague, M. Stevens, A. Nogués. 2013. Estándar para la regeneración y la sustentabilidad de los pastizales (GRASS). Editores: M. Garvey, N. Dudinszky. Segunda Edición. Título Original en Inglés: GRASS. Grassland Regeneration and Sustainability Standard. Traducción al Español: Carmina C. Botasso. P:109. Disponible en: http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/nr/sustainability_pathways/docs/GRASS%20espanol.pdf. Fecha de consulta: 26/6/2017

Borrelli, P. y Oliva, G. 2004. Evaluación de Pastizales. En: Producción Animal sobre Pastizales Naturales. Disponible en: http://www.aeet.org/agroecosistemas/038/libros.htm. Fecha de consulta: 23/12/18.

Cabrera-Dávila, Grisel y Yojana I. Menéndez. 2013. Cambios en la macrofauna de la hojarasca y del suelo en sistemas de pastizales y silvopastoriles en Mayabeque, Cuba. Memorias IV Congreso de Producción Animal Tropical. ISBN: 978-959-7171-45-8

Cairo, P. y Fundora, O. 1994. Constituyentes principales de la materia vegetal. En: Edafología. Editorial Pueblo y Educación. La Habana, Cuba. p.73.

CITMA. 2020. Estrategia Ambiental Nacional 2021-2025. Disponible en: https://www.citma.gob.cu/estrategia-ambiental-nacional/

Córdova, C., Sepúlveda, V. y Barrandeguey, M. 2004. Calidad del suelo forestal a través de la respiración del suelo. XVI Congreso Latinoamericano y XII Congreso Colombiano de la Ciencia del Suelo. Simposio23. Trabajo03. Cartagena de Indias. Colombia, p. 154.

Crespo, G., Rodríguez I. and Lok, S. 2015. Contribution to the study of soil fertility and its relation to pastures and forages production. *Cuban Journal of Agricultural Science*, Volume 49, Number 2, 2015. Pp: 211-219.

Crespo, G.J. 2013. Producción de biomasa de pastos tropicales. En: Fisiología y producción de biomasa de pastos tropicales. Edit: Herrera, R. S. EDICA. Pp: 233-254.

Duncan, D. B. 1955. Múltiple range and múltiple F. tests. *Biometrics*, 11. 1.

Fjellberg, A. 1998. Fauna Entomológica Scandinavica. Vol 35. The collembola of Fennoscandia and Denmark. Part I: Poduromorfa. Brill. Netherlands.p. 184.

Gutiérrez, J.E. 1993; *Regularidades espaciales y temporales de los recursos hídricos del occidente de la Isla de Cuba*. Tesis de Doctorado. Facultad de Geografía. Universidad de La Habana. Cuba. 158 p.

Hernádez, A., Pérez, J.M., Bosch, D. y Castro, N. 2015. Clasificación de los suelos de Cuba 2015. Ed. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. ISBN: 978-959-7123-77-7. Cuba. 91 p.

Hernández, A., Morales, M., Morell, F., Borges, Y., Ascanio, M.O., Bojórquez, J.I., Murria. R., Ontiveros, H., García, J.D., Cid, G. y Gómez, I. 2010. Cambios en las propiedades de los suelos por la actividad agrícola en ecosistemas tropicales. VII Congreso de la Sociedad Cubana de las Ciencia del Suelo. CD-Room. ISBN: 745-24-0018-5.

Hernández, L. 1992. Características de la biomasa subterránea en pastizales del ICA y de la EEPF Indio Hatuey. Taller IES Diciembre/ 1992.

Hernández, L. 1999. Fitomasa Subterránea en un Pastizal de *Paspalum notatum*, en la Sierra del Rosario, Cuba. Tesis en Opción al Título Académico de Master en Ecología y Sistemática. IES.

Huerta Lwanga, Esperanza, Rodríguez-Olán, Jannet, Evia-Castillo, Isabel, Montejo-Meneses, Efraín, Cruz-Mondragón, Marcela de la, & García-Hernández, Roberto.2008. Relación entre la fertilidad del suelo y su población de macroinvertebrados. *Terra Latinoamericana*, *26*(2), 171-181. Recuperado en 16 de febrero de 2018, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792008000200010

Huss, D. H., Bernandon, A., Anderson, D. y Brun, J.M. 1996. En: Principios de manejo de praderas naturales. FAO. INTA. Chile. 156 p.

Ibrahim, M.; Chacón, M.; Cuartas, C.; Naranjo, J.; Ponce, G.; Vega, P.; Casasola, F. y Rojas, J. 2006. Almacenamiento de carbono en el suelo y la biomasa arbórea en sistemas de usos de la tierra en paisajes ganaderos de Colombia, Costa Rica y Nicaragua. Avances en Investigación. Agroforestería en las Américas Nº 45 2006. Fecha de consulta 24 de abril 2018. Ubicado en: http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/7934

Lok, S. 2005. Estudio y selección de indicadores de estabilidad en pastizales. Tesis de Doctor en Ciencias. Instituto de Ciencia Animal. Cuba.

Martín, V.J. 2012. La relación raíz-raíz en pasturas consociadas. Adaptando la planta al suelo en la competencia por el fósforo. Publicado en Pasturas de América: Agosto 2012. Revisado en: http://www.pasturasdeamerica.com/articulos-interes/notas-tecnicas/relacion-raiz-pasturas-consociadas/. Fecha de consulta: 12/2/2018

Melecis, V., Jucevica, E. y Ventis, I. 2004; *Long-tern changes in pine forest soil mesofauna: correlation with temperature and soil moisture*. Session 2 Soil Biodiversity; XIV International Colloquium on Soil Zoology and Ecology. Abstract at The Université de Roun – Mont saint Aigan. France p 99

Miranda, T., Machado, R., Machado, H. & Duquesne, P. 2007. Carbono secuestrado en ecosistemas agropecuarios cubanos y su valoración económica. Estudio de caso. Pastos y Forrajes 30:483

Morocho, C., Valarezo, C.G. y Maribel, S. 2024. Estimación de Carbono orgánico del suelo destinado a la generación de forrajes en la Quinta Experimental El Padmi, provincia Zamora Chichipe. En: repositorio Digital. Univerisdad Nacional de Loja. Ecuador. Revisado en: http://dispace.unl.edu.ec. Fecha de consulta: 10/4/25.

Murgueitio, E., Barahona, R., Chará, J.D., Flores, M. X., Mauricio, R.M. and Molina, J. 2015.The intensive silvopastoral systems in Latin America sustainable alternative to face climatic change in animal husbandry. *Cuban Journal of Agricultural Science*, Volume 49, Number 4. P-541.

Murgueitio, E., 2023. *Tithonia diversifolia*, a diferente Asteraceae: its function in sustainable systems of cattle production. Cuban Journal of Agricultural Science, Vol 57. https://cjascience.com/index.php/CJAS/article/view/1090

Navas, A. y Montaña, V. 2019. Comportamiento de Tithonia diversifolia bajo condiciones de bosque húmedo tropical. *Revista de investigaciones veterinarias del Perú*, [citado 2025 Ago 29]; 30(2):721-732. Disponible en:

http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1609-91172019000200021&lng=es. http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v30i2.15066.

Rousseau, L. 2013. Soil macrofauna as indicators of soil quality and land use impacts in smallholder agroecosystems of western Nicaragua. Ecological Indicators 27: 71-82.

Ruge, M.F., Contreras, L., Figueroa, L. 2023. Tithonia diversifolia una especie prometedora en la recuperación de suelos ganaderos. Finca Santa Isabel, Sucre-Colombia. Revista Facultad de Ciencias Básica. Vol 19.1. ISSN: 2500-5316. Publicado 2024-12-26. https://doi.org/10.18359.



TD-03. Alternativas técnico económicas y transferencia de tecnología en la propagación y producción de biomasa de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray

Technical and economic alternatives and technology transfer in the propagation and biomass production of Tithonia diversifolia (Hemsl.) Gray

C. Padilla[1], I. Rodríguez[1], T.E. Ruiz[1], D.M. Cino[2], A. Lara A[1], Y. Soto, I. Berrio[3], N. Báez[1] y M. Herrera[1]*

[1]Instituto de Ciencia Animal, San José de las Lajas, Mayabeque Cuba

[2.] Instituto de Investigaciones de Pastos y Forrajes, Avenida Independencia km 8½ Boyeros, La Habana CP 10 800.

[3]Dirección Científica Tecnológica y Productiva "Granja Guayabal" de la Universidad Agraria de la Habana. Zona postal 32700. San José de las Lajas, Mayabeque Cuba

Correspondencia: padilla4603@gmail.com

RESUMEN

Se estudiaron diferentes alternativas técnico económica en la transferencia de tecnología para la propagación y producción de biomasa de *T. diversifolia*. Se estudiaron alternativas prácticas de protección de la semilla gámica para favorecer la germinación y establecimiento, así como los principales costos directos de la propagación y la producción de biomasa a partir de semilla gámica y agámica. La protección de semilla con estiércol vacuno o residuos vegetales produjo el mayor (p<0,05) rendimiento de MS /ha y grosor del tallo en la fase de establecimiento. La evaluación técnica y análisis de los principales costos directos indicaron que el mayor (*p*<0,0001) rendimiento de forraje t MS/ha, total (11.68), consumible (6.78) y kg MS/día (64.8) se logró en las siembras gámicas, en las agámicas disminuyeron a 6.75la total y 3.78 la consumibles, reduciendo los costos a la mitad de las plantaciones/tallos para el periodo de establecimiento. El empleo de vivero para producir posturas no se justificó económicamente. Otro estudio, en la producción de biomasa, por un periodo de tres años, mostro que el rendimiento medio en el primer corte fue mayor (p=0,0001) en las siembra por semilla gámica 6.8 t MS/ha/cortes y se confirma las ventajas de las siembras gámicas con relación a las plantaciones agámicas por estacas Los menores rendimientos (p=0,0001) coincidieron con el periodo poco lluvioso. La tecnología que se transfiere a escala productiva avalan los resultados de la investigación, lográndose rendimientos del orden de las 6-10 tMS/ha entre 90-100 días después de la siembra a inicio del periodo lluvioso. Además se generaliza las siembras por semilla gámica de *T. diversifolia* en franjas para su empleo en pastoreo para cabras con excelentes resultados .La transferencia de la tecnología para la propagación del botón de oro a la esfera productiva, validan satisfactoriamente los resultados de la investigación científica.

Palabras clave: *botón de oro, semilla gámica, semilla agámica,*

ABSTRACT

Different technical and economic alternatives were studied for technology transfer in the propagation and biomass production of T. diversifolia. Practical alternatives for protecting gamic seed to promote germination and establishment were studied, as well as the main direct costs of propagation and biomass production from gamic and agamic seed. Seed protection with cattle manure or plant residues produced the highest (p<0.05) DM yield/ha and stem thickness in the establishment phase. he technical evaluation and analysis of the main direct costs indicated that the highest (p<0.0001) forage yield t DM/ha, total (11.68), consumable (6.78) and kg DM/day (64.8) was achieved in the gamiic sowings, in the agamic sowings they decreased to 6.75 the total and 3.78 the consumables, reducing the costs to half of the plantations/stems for the establishment period.The use of a nursery to produce seedlings was not economically justified. Another study, on biomass production over a three-year period, showed that the average first-cut yield was higher (p=0.0001) in those planted with gamic seed, 6.8 t DM/ha/cuttings, confirming the advantages of gamic sowing over agamic plantations with cuttings. The lower yields (p=0.0001) coincided with the dry season. The technology transferred to the production scale supports the research results, achieving yields of 6-10 t DM/ha between 90-100 days after sowing at the beginning of the rainy season. Furthermore, sowing with *T. diversifolia* gamy seeds in strips for use in goat grazing is becoming widespread with excellent results. The transfer of technology for propagating buttercup to the productive sphere satisfactorily validates the results of scientific research.

Keywords: *buttercup, gamic seed, agamic seed*

INTRODUCCIÓN

En el Instituto de Ciencia Animal, en Cuba a partir de 2016 se comienza un programa de investigación multidisciplinario sobre la producción de semilla gámica y establecimiento de Botón de Oro de los materiales 3, 10, 16 y 23 recomendados como destacados (Ruiz *et al*. 2016) para su empleo en pastoreo o forraje de materiales recolectados en Cuba. Demostrada la posibilidad real de producir aceptables rendimientos de semilla gámica del botón de oro con rendimientos medios del orden los 30 kg /ha de semilla con más de 95% de pureza y porcentajes de germinación entre 50 y 85% según los diferentes lotes evaluados (Padilla y Rodríguez 2021). Lo anterior permitió desarrollar una secuencia experimental realizando 4 investigaciones integrales sobre la propagación y producción de forrajes por vía gámica de la *T. diversifolia* que demuestran las ventajas técnico económica de estas con relación a las plantaciones agámica por estacas (Báez Quiñones

et al. 2023, Padilla *et al*. 2025).Ello permitió poner en mano de productores, técnicos, directivos e investigadores de una tecnología para la producción de semilla y la siembra de esta especie que fueron registradas (Padilla *et al*. 2020b). Otros investigadores en Colombia y México avalan el criterio de las ventajas de las siembras por vía gámica (Ramírez 2008, Romero-Medina *et al*. 2014, Santos Gally, 2019, Serna Arroyave *et al*. 2024). La realidad es que hoy día, la comunidad productiva y científica no dispone de la necesaria información cuantificada y practica en cuanto a resultados que avalen las posibles ventajas técnico económica de las siembras gámica en relación a las plantaciones agámica (estacas) en la producción de forrajes de *T.diversifolia,* El objetivo de este estudio fue evaluar alternativas técnico económicas y la transferencia de la tecnología en la propagación y producción de biomasa por semilla gámica y agámica de *Tithonia diversifolia.*

MATERIALES Y MÉTODOS

Los estudios de esta secuencia experimental se desarrollaron en la región occidental de Cuba en un suelo Ferralítico Rojo Éutrico, de rápida desecación, arcilloso y profundo sobre calizas (Hernández et al., 2015), Los datos climáticos de las áreas experimentales se detallan en publicaciones anteriores (Padilla *et al*. 2021, Padilla *et al.* 2025).

Procedimientos

En el primer trabajo para estudiar diferentes prácticas de protección de la semilla gámica de *Tithonia diversifolia* en un suelo Ferralítico Rojo Eutrico), se realizaron dos experimentos, en el primero los tratamientos fueron: 1. Control sin cubrir la semilla, 2. Cubrir las semillas con 360 g estiércol vacuno golpes^{-1}, 3. Cubrir las semillas 250 g de residuo vegetal seco m^{-2}. Se considera nicho, el lugar donde se depositan las semillas en el fondo del surco que después de germinada van a formar las los plantones (Padilla *et al*. 2025). En el segundo experimento los tratamientos consistieron en cubrir las semillas con 0, 0.250, 0.338 y 0.500 kg/m^2 de residuos vegetales. En un tercer experimento para la evaluación técnica económico de las siembras por semilla gámica y agámica se emplearon los siguientes tratamientos A- Siembra por semilla gámica en campo, B- Siembra en bolsa plásticas con semilla gámica y luego trasplante al campo y C- Plantación con semilla agámica (tradicional por estacas). Para la evaluación económica se incluyó el tratamiento, D- Plantación en bolsas plásticas con semilla agámica (tallos) y luego trasplante al campo. Durante la siembra se garantizó igual cantidad de semillas o yemas por tallos por tratamiento e igual número de nicho o nidos por parcela. Después de evaluada la fase de establecimiento, el cuarto experimento se encaminó a evaluar por tres años la producción de biomasa de *T. diversifolia* empleando los mismos tratamiento que el estudio anterior, bajo condiciones de riego y mínima fertilización de mantenimiento. Se aplicó una fertilización localizada a razón de 300 kg/ha de fórmula completa (9-13-17), estiércol vacuno a razón de 250 gramos por nichos el primer corte de cada año al inicio del periodo lluvioso. Además, se empleó fertilizante foliar de Codafol 14-6-5, cuando las parcelas habían alcanzado un desarrollo foliar, alrededor de los 30 días después de haber realizado el corte, según dosis recomendada, en todos los cortes realizados.

RESULTADOS

En el primer experimento, la menor población ($p<0,05$) se produjo en el control, sin cubrir las semillas, no hubo diferencias entre el empleo de estiércol o residuos vegetales. Cubrir la semilla con estiércol o residuos vegetales produjo el mayor ($p<0,05$) rendimiento de MS/ ha y grosor del tallo con relación al control en los dos cortes realizados (Padilla *et al*. 2020). El rendimiento 5-10 t MS/ha en el primer corte se incrementó significativamente ($p=0.0450$) con los niveles de arrope. En el tercer corte los mejores ($p=0.0049$) rendimientos 5.6-6.0 t MS/ha se lograron con 0.338 y 0.500 kg/m^2 de arrope (Padilla *et al*. 2023).

La evaluación técnica y análisis de los principales costos directos de la propagación de botón de oro a partir de semilla gámica y agámica indicaron que a los 7 días después de la siembra las semillas gámica habían germinado un 32% con una población 3.63 plantas /m^2 y la agámica aún no había iniciado la emergencia. El número de tallos/nido y tallos/m^2 en la plantación por tallos fue menor ($p<0.05$) al resto de los tratamientos. El mayor ($p<0.0001$) rendimiento de biomasa 11.68 t MS total /ha, se obtuvo en las siembras por semilla gámica durante el establecimiento de diciembre-junio con riego y fertilización de mantenimiento (300kgde 9-13-17+250 gramos de estiércol vacuno por nicho en el momento de la siembra y una aplicación foliar de Codafol 14-6-5). Los costos de plantación agámica directa duplican los gastos de establecimiento con respecto a las siembras por semilla gámica (Tabla 1). Las siembras procedentes de vivero empleando semilla gámica y agámica no se justificaban económicamente (Padilla *et al*. 2025).

Dando continuidad al experimento anterior, se realizó un estudio para evaluar la producción de biomasa bajo condiciones de riego y mínima fertilización de mantenimiento empleando los mismos tratamientos. Hubo interacción entre tratamientos y los cortes realizados. El mayor ($p=0,0001$) rendimiento t MS/ha se produjo en el primer corte en las siembra por semilla gámica directa y las sembradas en bolsa y luego trasplantadas a campo, con relación a la plantación agámica (Tabla 2). Estos altos rendimientos fueron favorecidos por haber recibido siempre una fertilización de inicio del periodo lluvioso junio – julio acompañados de favorables condiciones climáticas para que esta especie expresara su potencial biológico. Los menores rendimientos ($p=0,0001$) se obtuvieron en los cortes 3, 8 y 9 que coincidieron con el periodo seco. Los mayores rendimientos de biomasa ($p=0,0001$) para todos los tratamientos se lograron en los cortes realizados en el periodo lluvioso y que fueron precedidos por algunas de las fertilizaciones aplicadas. En general, en la plantación por semilla agámica los rendimientos de biomasa fueron inferiores a las siembras gámica

Tabla 1. Análisis de alternativas para la propagación de *Tithonia diversifolia* utilizando poblaciones de 16 000 plantas/ha en CUP y USD

Tratamientos	Semillas Gámicas	Semillas Agámicas
Plantación directa en campo	8758.63 (384.67)	19571.60 (815.48)
Plantación con la utilización de bolsas		
Producción bolsas vivero	1311270 (546.36)	26607.79 (1108.65)
Plantación con bolsas vivero	9622.04 (400.92)	10924.73 (434.36)
Costo total plantación	22724.47 (947.28)	370031.84 (1542.99)
Costo/bolsa vivero	0.819 (0.034)	1.662 (0.069)

(USD) Dólares americanos

Tabla 2. Comportamiento del rendimiento según los cortes realizados en la producción de biomasa

Variables	Ttos Cortes	Semillas	Tallos	Bolsas	EE Signif.
MS/t/ha	1	6.76a	5.60b	6.93a	0.14 p=0.0001
	2	2.49de	2.52de	3.09c	
	3	3.09c	0.69i	0.90i	
	4	2.35defg	1.98fgh	2.38def	
	5	2,65cd	2.58d	2.38def	
	6	2.08efgh	1.91gh	1.99fgh	
	7	2.76cd	2.53de	3.03c	
	8	0.83i	0.71i	0.83i	
	9	0.73i	0.65i	0.66i	
	10	2.01fgh	1.77h	1.91gh	

^{a,b,c,d,e,f,g,h,i,j,k,l}: Medias con una letra diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos para p< 0.05, Duncan (1955)

Como aspecto significativo los resultados de estos estudios se aplican a escala productiva en dos vaquerías de la Granja Guayabal, San José de la Lajas, Mayabeque. Las fotos 1 y 2 describen el proceso de siembras. La tecnología que se transfiere a escala productiva avalan los resultados de la investigación lográndose rendimientos del orden de las 6-10 t MS de biomasa /ha a los 90 días después de la siembra, cuando estas se realizan al inicio del periodo lluvioso con semilla gámica (Foto 3), coincidiendo con los estudios realizados en esta época del año, donde esta planta expresa su mayor potencial. Aunque con menores rendimientos, también se lograron aceptables establecimientos cuando estas se realizan al final del periodo lluvioso en áreas de secano, donde en el segundo corte, se logran rendimientos del orden de las 3.0 t MS/ha a los 90 días después del primero (Foto 4).



Foto 1. Obreros sembrando Botón de Oro por semilla gámica



Foto 2. Desarrollo de las plantas a los 30 días de la siembra por semilla gámica



Foto 3. *T. diversifolia* sembrada inicio periodo lluvioso por semilla gámica a los 90 días después de la siembra



Foto 4. Desarrolo de *T.diversifolia* a los 90 días del segundo corte, en áreas de secano, sembradas al final del periodo lluvioso

Estas áreas se explotan para la producción de forrajes por más de dos años y mantienen una alta población y buen rendimiento que perduran en el tiempo. También se generaliza el establecimiento de la variedad *Tithonia diversifolia* vc IcaCUBAOc10 sembrada por semilla gámica en franjas con un excelente resultado para su uso en pastoreo en cabras en la producción de leche en la vaquería 26 de la Granja Guayabal (Foto 5). Como aspecto muy importante es el excelente reconocimiento de la tecnología aplicada en la propagación de la tithonia por vía gámica por sus ventajas técnicas, económicas y prácticas de esta tecnología de siembra con respeto a las plantaciones por estacas por los productores y directivos de esta granja. Ello ha permitido a la Granja usar estos forrajes en la alimentación de vacunos, cabras, conejos y como harinas de forrajes de tithonia en la formulación de concentrados para Monogástrico que favoreció mitigar en alguna medida los efectos que inciden en la granja por la escasa disponibilidad de concentrados comerciales para esta especie.

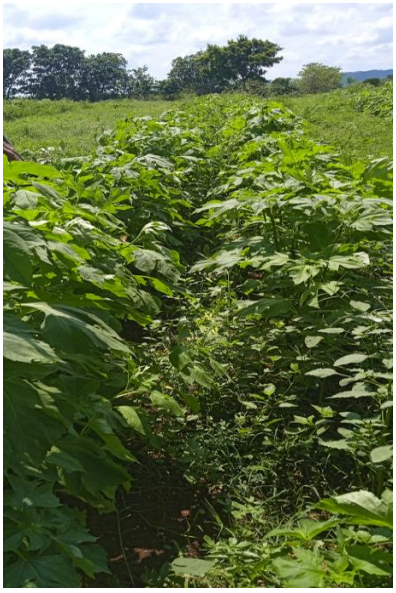


Foto 5. Desarrollo de las plantas a los 90 días de la siembra en franjas, sembrada a mediado del periodo lluvioso, para su explotación en pastoreo en cabras

DISCUSIÓN

El interés en la utilización de *Tithonia diversifolia* como recurso forrajero ha aumentado en los últimos años, lo que responde a su alta producción de biomasa, rápida recuperación después del corte y elevado valor nutricional que supera al de otras especies forrajeras tropicales (La O *et al*. 2012, Ramírez 2018, Villegas *et al*. 2020 y Scull *et al*. 2022). Hoy día en Cuba, la tithonia constituye la especie preferida dentro de las plantas proteicas para su empleo como forraje y explotación en los sistemas silvopastoriles para los productores.

Las prácticas de protección de la semilla gámica sembrada directa a campo empleando residuos vegetales y orgánicos, propios de la economía circular de los ganaderos, contribuyeron a alcanzar el satisfactorio establecimiento de la especie

(Padilla *et al*. 2020a y Padilla *et al*. 2024). La evaluación técnica y análisis de los principales costos directos de la propagación del botón de oro a partir de semilla gámica y agámica en la fase de establecimiento, propició una novedosa información científica, cuantificada para los productores, extensionistas y directivos, que estimulan al uso de las siembras por semilla gámica directa en campo por la superioridad en producción de biomasa y reducción de los costos de establecimiento a más de la mitad. Así como, que las plantaciones realizadas procedentes de vivero no se justificaban económicamente (Padilla *et al*. 2025).

Estos resultados forman parte de un premio de la Academia de Ciencias de Cuba. Se cumple así nuestro modesto criterio que una investigación científica se convierte en ciencia cuando comienza a aplicarse a la esfera productiva.

En los tres años de estudio en producción de biomasa, también se confirmó lo reportado por Padilla et al. (2025**)** de la mayor producción de biomasa de las siembras gámica con respecto a las plantaciones agámica por estacas. Si bien es cierto, que se realizó una fertilización integral de mantenimiento (300 kg 9-13-17+ 250 gramos de estiércol vacuno en todos los corte de inicio de las lluvia y una aplicación foliar de Codafol 14-6-5 según dosis recomendada en cortes alternos en todos los demás cortes) y riego en el periodo poco lluvioso, esta no fue suficiente para que en todos los cortes realizados la especie expresara su potencial productivo como ha indicado González-Cañizares *et al*. (2024), en estudios realizados, donde se aplicaron fertilizaciones integrales en este tipo de suelo en el occidente de Cuba.

La superioridad en los rendimientos de biomasa y los menores costos de establecimientos logrados en las siembras por semilla directa a campo y en una menor medida a la realizada en bolsa y luego trasplantada, sobre las plantaciones por estacas, resultan novedosos para la comunidad científica y productiva. Este resultado validado e introducido a la esfera productiva propicia una alternativa a los productores para no depender la propagación de tithonia solo por la vía vegetativa y que ha sido una limitante para el desarrollo acelerado de los sistemas silvopastoriles, fundamentalmente a gran escala, en esta especie (Ramírez 2008, Romero-Medina *et al*. 2014, Báez Quiñones *et al*. 2023 y Padilla *et al*. 2025) por lo engorroso y costoso que resulta.

Los mayores rendimientos obtenidos en el primer corte, en el cuarto experimento donde se evaluó la producción de forraje, pudieron estar favorecidos porque estos habían recibido una fertilización de mantenimiento, además coincidió con el inicio del periodo lluvioso. También se benefició por temperatura y luminosidad que llevaron a *T. diversifolia* a expresar su potencial biológico logrando rendimientos del orden de las 6.8 t MS/ha/corte en las siembras por semilla gámica directa o en bolsa que fueron superiores a las plantaciones por estacas. Estos rendimientos fueron similares a los reportados por Padilla *et al*. (2025) para la fase de establecimiento. Además, fueron homologados en el proceso de transferencia de la tecnología a nivel de vaquerías comerciales y áreas de producción de forrajes. En este sentido, Ruiz *et al*. (2012) y Ruiz *et al*. (2024), en condiciones de secano y sin riego y fertilizantes, obtuvieron una repuesta al rendimiento de forrajes similar a los alcanzado en este estudio para las épocas de siembra. Rendimientos superiores para la especie han sido reportado en el trópico alto de Colombia que logró producciones hasta 19.5 t de MS ha^{-1} $año^{-1}$ (Gallego-Castro *et al*. 2017)

Como se indica por otros investigadores, *Tithonia diversifolia* por su capacidad para extraer cantidades importantes de nutrientes, cuando se somete a cortes frecuentes para la producción de forraje, precisa de una adecuada fertilización para mantener su productividad y conservar la fertilidad del suelo (Botero Londoño *et al*. 2019).

CONCLUSIONES

En el momento de la siembra, es necesario cubrir la semilla de *T. diversifolia* con estiércol vacuno o residuos vegetales para asegurar la germinación, supervivencia y desarrollo de las plantas e incrementar la producción de biomasa.

Las siembras por semilla gámica de *Tithonia diverifolia* resultaron más eficiente en producción de biomasa y costos que las plantaciones agámicas por estacas y constituyen una opción técnico económica para la propagación de esta planta en los agroecosistemas ganaderos.

Las posturas procedentes de vivero empleando semilla gámica y agámica no se justificaban económicamente por los elevados costos que conlleva obtener posturas para establecer esta especie.

Los resultados de la transferencia de la tecnología para la propagación del botón de oro a la esfera productiva, validan satisfactoriamente los resultados de las investigaciones científicas realizadas.

BIBLIOGRAFÍA

Báez Quiñones N, Padilla C, Rodríguez I, Ruiz T. E. 2023 Análisis económico de la producción de semilla gámica de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray en Cuba. Nota Técnica. *Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales*, Vol. 11(1): 75–82. https://doi.org/10.17138/TGFT(11)75-82.

Botero Londoño J.M, Gómez Carabalí J, Botero Londoño–M.A 2019. Rendimiento, parámetros agronómicos y calidad nutricional de la *Tithonia diversifolia* con base en diferentes niveles de fertilización. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, Vol.10 no.3 Mérida jul./sep. 2019. https://doi.org/10.22319/rmcp.v10i3.4667.

Hernández A, Pérez J M, Bosch D y Castro N 2015 Clasificación de los suelos de Cuba 2015. Mayabeque, Cuba: Ediciones INCA, 93 p., ISBN: 978-959-7023-77-7 http://ediciones.inca.edu.cu/files/libros/clasificacionsueloscuba_%202015.pdf.

Gallego-Castro LA, Mahecha-Ledesma L, Angulo-Arizala J. 2017 Calidad nutricional de *Tithonia diversifolia* Hemsl. A Gray bajo tres sistemas de siembra en el trópico alto. *Agronomía Mesoamericana*, 28(1): 213-222. [Links]

González-Cañizares J. Méndez-Bonet , Reyes-Rouseaux , Rivera-Espinosa , A. Hernández-Jiménez 2024. Manejo integrado de la fertilización para la producción de forraje de *Tithonia diversifolia. Cuban Journal Agricultural Science*, vol.58 Mayabeque 2024 Epub 01-Sep-2024

La O, O., González, H., Castillo, Y., Ruiz, O., Estrada, A., Ríos, F., Gutiérrez, E., Bernal, H., Valenciaga, D., Castro, B. I., & Hernández, Y. (2012). Chemical composition, in situ rumen degradability, and in vitro digestibility of Tithonia diversifolia ecotypes of interest for ruminant feeding. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 46(1). Retrieved from https://cjascience.com/index.php/CJAS/article/view/81.

Padilla C y Rodríguez Idalmis 2021 Advances in the production of gamic seed of *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray and its establishment. 2021. *Cuban Journal Agriculture Science*, 55:3.79. http://cjascience.com/index.php/CJAS/search/search.

Padilla C. Rodríguez I Editores2021. Guía técnica para la siembra y el establecimiento de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray por semilla gámica. Ediciones EDICA: Instituto de Ciencia Animal, Mayabeque, Cuba Registro legal: EDICA, noviembre, 2021.Registro legal: 0378-02-2022

Padilla C, Idalmis Rodríguez, T E Ruiz, Medelanis Ojeda, Lucia Sarduy y Laysuris Díaz. 2020a Evaluación de diferentes prácticas de protección de la semilla gámica en el establecimiento de *Tithonia diversifolia*(Hemsl.) Gray material 16. *Livestock Research for Rural Development*, 32 (3) http://lrrd.cipav.org.co/lrrd32/3/idal32050.html.

Padilla C, Rodríguez I, Herrera M, Ruíz T, Mesa Y, Sarduy L 2020b Mejor momento de cosecha en la producción y calidad de semilla gámica *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A.Gray según estado fenológico de la estructura floral. *Livestock Research for Rural Development*, 32(9):146. bit. ly/3D38U9x. https://www.lrrd.cipav.org.co/lrrd32/9/idalm32146.html.

Padilla C, Rodríguez I. Ruiz T E, Medina Y, Báez N 2023 Efecto de diferentes niveles de cobertura vegetal en la germinación, sobrevivencia y establecimiento de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray. vc ICACUBA Oc-10 sembrada con semilla gámica. *Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales*, 11(1):31–40 https://doi.org/10.17138/TGFT(11)31-40. https://www.tropicalgrasslands.info/index.php/tgft/article/download/1220/554.

Padilla C, Rodríguez Idalmis, Cino Delia María, Ruiz T E, Lara A, Rodríguez A, Berrio I, Báez Quiñones Nadia y Medina Yolaine. 2025. Evaluación técnica y análisis de los principales costos directos de la propagación de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray material 16 a partir de semilla gámica y agámica en la fase de establecimiento. *Livestock Research for Rural Development*, 37 (1)

Ramírez J. 2008. Cultivo botón de oro "*Tithonia diversifolia*". Artículo técnico. Engormix. https://bit.ly/3ZF5C5L

Ríos Kato CI. 1999. Tithonia diversifolia (Helms.) Gray, una planta con potencial para la producción sostenible en el trópico. En: Sánchez MD; Rosales Meléndez M (eds). Memorias de una conferencia electrónica sobre Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica. Estudio FAO producción y sanidad animal. Fundación CIPAV y FAO, 143: 311–325. bit.ly/3kifous. https://www.tropicalgrasslands.info/index.php/tgft/article/download/1220/554.

Ramirez, R.C. 2018. Extracción de nutrientes y productividad del botón de oro *(Titonia diversifolia)* con varias dosis de fertilización nitrogenada. *Inter Sedes*, 19(39): 172-187, ISSN: 2215-2458. http://dx.doi.org/10.15517/isucr.v19i39.34076.

Romero O, Galindo A, Murgueitio E y Calle Z 2014 Primeras experiencias en la propagación del botón de oro (*Tithonia diversifolia*, Hemsl. Gray) a partir de Semillas para la siembra de sistemas silvopastoriles intensivos en Colombia. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 17(3):525–528. bit.ly/3w5fvw3 https://www.redalyc.org/pdf/939/93935728011.pdf.

Ruiz T.E , Febles G , Díaz H. 2012. Distancia de plantación, frecuencia y altura de corte en la producción de biomasa de Tithonia diversifolia colecta 10 durante el año. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, Tomo 46, Número 4, 423

Ruíz T.E, Alonso J., Febles G, Galindo J L 2016.Tithonia diversifolia: I. Estudio integral de diferentes materiales para conocer su potencial de producción de biomasa y calidad nutritiva ArticlePDF Available.Researchgate

Ruíz T.E, Feble, Torres V, Lok S, Valenciaga N, Rodríguez B, Báez N y Medina Y 2024.Frecuencia de corte en la producción de biomasa de materiales destacados de Tithonia diversifolia identificados en Cuba. *Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales*, Vol. 12(2):106–115

Santos-Gally, R., Boege, K., Fornoni, J y Domínguez, C. 2019. Ganadería sostenible en la región de Los Tuxtlas, Veracruz, México: el equilibrio entre la producción y la conservación de la biodiversidad. X CONGRESO INTERNACIONAL DE SISTEMAS SILVOPASTORILES por una producción sostenible. Libro de Actas. EDITORES: Julián Rivera, Pablo Peri, Julián Chará, Maura Díaz, Luis Colcombet, Enrique Murgueitio. ISBN: 978-958-9386-91-0. 2019. Editorial CIPAV

Serna Arroyave F.A, Angulo Arizala J, Luis Alberto Gallego Castro L. A, Barragán-Hernández W y Mahecha Ledesma Liliana 2024. Efecto de la preparación de semilla gámica y la edad de cosecha en el número de plantas viables de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray bajo condiciones de trópico de altura. *Livestock Research for Rural Development*, 36 (6)2024.

Scull Idania , Lourdes Savón Lourdes ,. E. Ruiz TR , Herrera Magaly 2022. Effect of growth age on the polyphenol content of materials from *Tithonia diversifolia* (Hemsl). *Cuban Journal of Agricultural Science*, vol.56 no.3 Mayabeque jul.-set. 2022 Epub 29-Abr-2022. *Versión On-line* ISSN 2079-3480

Villegas, S., Maldonado, H.G., Montes, E., Pedroza, S.I., Salinas, T., Santiago, E.J. & Alejos, J.I. 2020. Use of *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray in the diet of growing lambs. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 72 (5): 1929-1935, ISSN: 1678-4162.



TD-04. Contribución de los estudios fitosanitarios a la biodiversidad y sostenibilidad de los sistemas silvopastoriles con *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray

Contribution of phytosanitary studies to the biodiversity and sustainability of silvopastoral systems with *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray

N. Valenciaga Valdés[*1]*; J. Iraola Jeréz*[1]*; M. Herrera Villafranca*[1] *y T. E. Ruiz Vázquez*[1]

[1] Instituto de Ciencia Animal (ICA), Carretera central km 47 ½, Apartado 24. San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba

Correspondencia[*]: nvalenciaga1966@gmail.com, nvalenciaga@ica.edu.cu

RESUMEN

Se realizaron estudios fitosanitarios en materiales vegetales seleccionados de *Tithonia diversifolia* evaluando su comportamiento durante tres años en un sistema silvopastoril (SSP) en condiciones de pastoreo con la variedad cultivada ICA CUBA Oc-10. Se muestreó la fauna de artrópodos asociada al sistema y se realizó una evaluación de daños. Se empleó el método de muestreo de presencia-ausencia para la caracterización inicial del material vegetal. Se recolectaron muestras de especímenes de cada componente vegetal utilizando una red entomológica. Los resultados mostraron que *T. diversifolia* vc. ICA CUBA Oc-10 es rara vez consumida por plagas. Se observó una menor proporción de insectos fitófagos en el SSP con Tithonia (9,97) en comparación con el pasto base (19,13) y el área de control (20,14) que incluía solo pastos. Por el contrario, se registró una mayor proporción de especies biorreguladoras en el sistema Tithonia (9,63). Este patrón de baja incidencia y daño de plagas combinado con una marcada presencia de biorreguladores, de los cuales el 41% se asoció con el SSP que contenía Tithonia, tendió a aumentar con la duración del uso del sistema, lo que hace que la especie sea particularmente prometedora para la alimentación animal. Se concluye que dado el comportamiento fitosanitario de *T. diversifolia* y en su ensamble con el SSP esta planta constituye una opción de interés para productores al mantener en el tiempo, el equilibrio biológico de especies fitófagas, visitadoras y biorreguladoras, sin provocar daños económicos en los componentes vegetales asociados. A su vez contribuye al manejo integrado y a la sostenibilidad del agroecosistema.

Palabras clave: *artropodofauna; biorreguladores; botón de Oro; manejo integral*

ABSTRACT

Phytosanitary studies were conducted on selected plant materials of *Tithonia diversifolia* evaluating their behavior over a three-year period within a silvopastoral system (SSP) under grazing conditions with the cultivar ICA CUBA Oc-10. Arthropod fauna associated with the system were sampled and a damage assessment were carried out. An initial presence-absence sampling method was used to characterize the plant materials. Arthropod specimens were collected from each samples plant component using an entomological net. That the results showed that *T. diversifolia* cv. ICA CUBA Oc-10 is rarely consumed by pests. A lower proportion of phytophagous insects was observed in the SSP with Tithonia (9.97) compared to the base grass (19.13) and the control area (20.14) which included only grassed. In contrast, a higher proportion of bioregulatory insects was recorded in Tithonia system (9.63). This pattern of low pest incidence and damage, combined with a marked presence of bioregulators, 41% of which were associated with the SSP contained Tithonia, tended to increase with duration of system use, making the species particularly promise for forage promotion. It is concluded that the phytosanitary performance of *T. diversifolia* and its integration into the SSP represents an interesting option for producers as it support the long-term biological balance of phytophagous, visiting and bioregulatory species, without causing economic damage to associated plant components. At the same time, it contributes to the integrated management and sustainability of the agroecosystem.

Keywords: *arthropods; bioregulators; Mexican sunflower; integrated management*

INTRODUCCIÓN

Tithonia diversifolia (Hemsl.) A. Gray. conocida comúnmente como Botón de Oro es una especie arbustiva de la familia Asteraceae con potencial forrajero, cuyo uso en la alimentación animal adquiere cada vez mayor auge. Su desempeño agronómico (Londoño *et al.* 2019), valor y calidad nutricional (Vargas *et al.* 2022), rápido crecimiento y baja demanda de insumos y manejo para su cultivo (Ríos 2002), unido a la adaptabilidad a múltiples climas y suelos, la convierten en una planta estratégica en el ensamblaje de Sistemas Silvopastoriles (SSP) (Murgueitio *et al.* 2015, Murgueitio 2023).

Investigaciones integrales conducidas, en el Instituto de Ciencia Animal de Cuba, por un equipo multidisciplinario liderado por Ruiz *et al.* (2016) ratifican las bondades y atributos de este arbusto en función de la producción animal. A partir de estos estudios se ofrece la oportunidad de disponer de materiales de *T. diversifolia* colectados en Cuba, que pueden ser utilizados en sistemas de pastoreo (Alonso *et al.* 2015, Ruiz *et al.* 2016). Incluso dichas investigaciones definieron elementos tecnológicos para el uso de esta especie en sistemas silvopastoriles. Otros por su parte se han destacado por su producción de forrajes pudiendo ser utilizados en sistemas de corte y acarreo (Ruiz *et al.* .2024). Recientemente, se demuestra que su siembra por semilla gámica puede sustentarse bajo efectos económicos positivos (Báez *et al.* 2022, Padilla *et al.* 2023).

A pesar de ser escasos los reportes de daños o herbivorías en esta especie, con la finalidad de contribuir a los estudios fitosanitarios de esta planta, se dirigieron en primera instancia a evaluar los materiales vegetales destacados de *Tithonia diversifolia*. Así como conocer el comportamiento fitosanitario de la arbustiva en el ensamble de un sistema silvopastoril (SSP) con la vc. ICA CUBA Oc-10 junto a gramíneas mejoradas y naturales bajo condiciones de ceba en pastoreo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización: El estudio se realizó en el Instituto de Ciencia Animal (ICA), localizado a los 22º 53' de latitud norte, a los 82º 02' de longitud oeste y a 92 m.s.n.m., Municipio San José de las Lajas, Provincia Mayabeque de la República de Cuba.

La investigación, se desarrolló en dos direcciones:

1) Evaluación fitosanitaria de materiales vegetales destacados de *T. diversifolia*, colectados en diferentes zonas del país y establecidos en áreas del occidente cubano
2) Comportamiento fitosanitario de Tithonia en el ensamble de un SSP, con fines productivos, con la vc. ICA CUBA Oc-10 junto a gramíneas mejoradas y naturales bajo condiciones de ceba en pastoreo.

Evaluación fitosanitaria de materiales vegetales destacados de T. diversifolia, colectados en diferentes zonas del país y establecidos en áreas del occidente cubano

Los estudios se realizaron a partir de la evaluación fitosanitaria llevada a cabo a 82 materiales vegetales provenientes de diferentes prospecciones destacadas de *T. diversifolia* colectadas en diferentes regiones del país (occidente, centro y oriente). Los materiales vegetales se sembraron, en la época de lluvia, a partir de semilla agámica bajo las condiciones del occidente cubano en un Suelo Ferrálico rojo de rápida desecación, arcilloso y profundo sobre calizas (Hernández *et al.* 2019) ubicado en el Centro Experimental de Pastos y Forrajes "Miguel Sistachs Naya", adscrito al ICA. El área se mantuvo limpia de arvenses y en condiciones de secano.

Procedimiento experimental. Para la evaluación fitosanitaria se llevó a cabo muestreos en las áreas objeto de análisis, con una frecuencia mensual, en las cuales se siguió la metodología descrita por Valenciaga *et al.* (2019). Esta consistió básicamente en un conteo de presencia-ausencia del índice de ocurrencia de la fauna de artrópodos asociada (visitadores, fitófagos y controladores biológicos) a cada material vegetal en estudio. Para lo cual se realizó observaciones visuales a 10 plantas al azar/material vegetal. Paralelamente se determinó el grado de daños provocado por insectos masticadores y chupadores, visualizando 20 hojas jóvenes al azar por material vegetal, según la escala de daños propuesta por Calderón (1982).

*Análisis estadístico***.** Se elaboraron las bases de datos en Excel y se comprobó la normalidad de los datos según la prueba de Shapiro-Wilks (modificado). Además, se realizó análisis de varianza no paramétrico según Friedman con el empleo del paquete estadístico InfoStat versión 2012 (Di Rienzo *et al.* 2012).

Comportamiento fitosanitario de Tithonia en el ensamble de un SSP, con fines productivos, con la vc. ICA CUBA Oc-10 junto a gramíneas mejoradas y naturales bajo condiciones de ceba en pastoreo.

A partir de la selección del material vegetal destacado se fomentó un SSP con *T. diversifolia* junto a gramíneas mejoradas y naturales en condiciones de ceba (Cebadero Ayala, adscrito al ICA).

Área experimental: Consistió en 10 ha de gramíneas mejoradas (*Cynodon nlemfuensis*) y gramíneas naturales (*Paspalum notatum, Sporobolus indicus, Dichantium* sp.), divididas en dos sistemas de 5 ha, uno con gramíneas y el otro conformado por un SSP de gramíneas-tithonia asociada esta última en el 100 % del área cuyo destino productivo fue la ceba de machos bovinos "Siboney de Cuba".

Metodología de establecimiento de los SSP de Tithonia: La siembra de tithonia se realizó, sobre un suelo Pardo Carbonatado (Hernández *et al.* 2019), de acuerdo a los conceptos y metodologías desarrolladas por Ruiz y Febles (1999) y Ruiz *et al.* (2006) mediante la preparación de suelos en franjas en áreas de pastizales. Para ello, se utilizó la variedad registrada de *T. diversifolia* vc. ICA CUBA Oc-10 (MINAG 2021).

Procedimiento experimental: Para los estudios de la entomofauna asociada con el fomento del SSP con *T. diversifolia* se implementó un muestreo estratificado en cinco bloques, donde se definió en el centro de cada bloque el área representativa de muestreo, según metodología propuesta por CIBA-GEIGY (1981). Y se tomó, en tres momentos climáticos contrastantes del año (enero, mayo y septiembre), en cada bloque, una muestra de 20 redadas, con el empleo de la red entomológica, por cada componente vegetal (Tithonia y pasto base). Para un total de 10 muestras (cinco en la Tithonia y cinco en el pasto base). En el área control, establecida solamente con gramíneas se tomó 5 muestras.

Todas las muestras se individualizaron en bolsas plásticas, con sus respectivas identificaciones y se trasladaron al Laboratorio de Manejo de Plagas del Departamento de Pastos del ICA para su procesamiento e identificación taxonómica con el auxilio de un microscopio estereoscópico, colecciones entomológicas y claves dicotómicas afines. Se identificaron los insectos fitófagos, organismos visitadores y la fauna benéfica asociada (biorreguladores) en cada área de estudio atendiendo a la asignación de los grupos funcionales de acuerdo a Metcalf y Flint (1965), Triplehorn y Johnson (2005), Mancina y Cruz (2017) y World Spider Catalog (2020). Además, se evaluó el nivel de daño provocado por insectos-plaga en cada componente vegetal según Calderón (1982).



Análisis estadístico: Para las variables de la artropodofauna asociada (visitadores, fitófagos y biorreguladores), durante los tres años de estudio, se probaron los supuestos teóricos del Análisis de Varianza, normalidad de los errores por la dócima de Shapiro Wilk (1965), análisis de correlación de Pearson y esfericidad de Mauchly (1940), estos fueron incumplidos por lo que se utilizó la metodología propuesta por Gómez (2019). Para la comparación de medias se utilizó la dócima de rango fijo Tuckey-Kramer, Kramer (1956) para $p<0.05$. Para el procesamiento de los datos se utilizó el paquete estadístico SAS (2013), versión 9.3.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evaluación fitosanitaria de materiales vegetales destacados de T. diversifolia, colectados en diferentes zonas del país y establecidos en áreas del occidente cubano

Los primeros estudios de la entomofauna, en condiciones de Cuba, de *T. diversifolia* a partir de los 82 materiales colectados en las diferentes zonas del país evidenció, la no presencia de insectos-plaga, ni daños. Estos resultados le confieren mayores potencialidades de uso a *T. diversifolia*. Similar ocurrió en los 24 ecotipos colectados en el oriente del país de acuerdo a Valenciaga *et al.* (2018).

No obstante, en este período, los daños de las plantas se mantuvieron por debajo del 20%, correspondiendo 14,5% al área 2 (con la observación de 2 hojas plegadas con 1 esqueletización) y 18,0% al área 1 (con la observación de 5 hojas plegadas y 19 esqueletizadas).

Fue en este estudio que se evidenció, por primera vez, la presencia, del fitófago *Omiodes indicata* (=*Hedylepta indicata*) (Lepidoptera: Crambidae). Este insecto conocido como plegador o pegador de la hoja (figura 1) tiene como característica que su fase larval, que es la dañina, dobla la hoja y la pega por medio de hilos de seda que segrega, alimentándose de la hoja desde su interior, raspando el parénquima y dejando sólo la epidermis, lo que provoca la esqueletización de la misma. Es característica de la larva dejar sus excretas dentro de la hoja plegada, esto la diferencia de otros géneros y especies. Sus daños comprenden la reducción del área foliar y a su vez reduce la eficiencia fotosintética de la planta. Es importante destacar que no se observó una preferencia del insecto de dañar algún ecotipo en particular, apareció indistintamente.

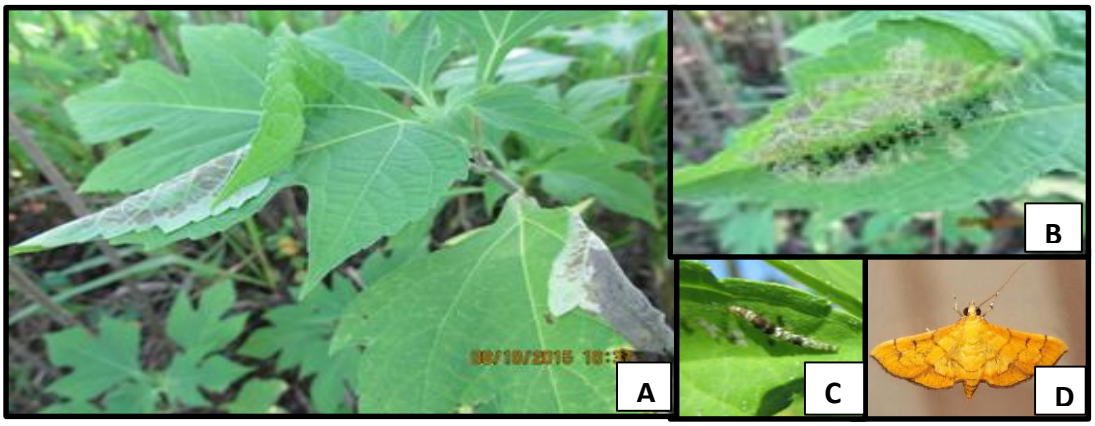


Figura 1. Pegador de la hoja (*Omiodes indicata* F.) (Lepidoptera: Crambidae)

A. Daños en las hojas, **B.** Excretas visibles en su interior, **C.** Fase Larval, **D.** Fase Adulta (Mariposa)

La variedad ICA CUBA Oc-10 evaluada y seleccionada por el Instituto de Ciencia Animal dado sus atributos morfoagronómicos destacados en ambas estaciones climáticas (Ruiz *et al.* 2010, Ruiz *et al.* 2023a) fue registrada como variedad comercial por la Dirección de Semillas y Recursos Fitogenéticos del MINAG de Cuba (MINAG 2021). Fue positivo que los animales manifestaron preferencia por dicho material vegetal, al ser ramoneados el 28% de acuerdo a la disponibilidad de su follaje. De aquí que se propusiera para su empleo en pastoreo.

En cuanto a la incidencia de plagas y enfermedades, el estudio (Ruiz *et al.* 2023a) indicó que no existieron afectaciones de plagas que influyeran en el buen desarrollo de la planta para los diferentes materiales vegetales de tithonia evaluados.

Partiendo de todo este estudio previo evaluado por tres años donde la variedad ICA CUBA Oc-10 manifestó integralmente buen comportamiento y estabilidad del sistema tithonia-gramínea fue la variedad seleccionada para el fomento de los SSP con tithonia junto con el pasto base.

Comportamiento fitosanitario de tithonia en el ensamble de un SSP, con fines productivos, con la vc. ICA CUBA Oc-10 junto a gramíneas mejoradas y naturales bajo condiciones de ceba en pastoreo

La identificación taxonómica de la artropofauna asociada se inició tras el establecimiento del SSP con tithonia y pasto base, así como en el área control con solo gramíneas (*C. nlemfuensis* + pastos naturales). Los resultados evidenciaron que la clase Insecta posee superioridad con respecto al resto de las clases colectadas (Malacostroca, Gastropoda y Arachnida). Se colectaron, durante todo el período experimental, 14 órdenes, 37 familias y 76 morfo-especies. En total se asociaron 38 morfo-especies con hábitos fitófagos, 13 visitadores, 22 morfo-especies biorreguladoras, 2 hematófagas y 1 omnívora. El estudio íntegro de la ubicación taxonómica y la identificación de cada una de las morfo-especies colectadas aparece en Valenciaga *et al.* (2024a).

En cuanto a la evaluación de los niveles de daños. *T. diversifolia* dentro del sistema silvopastoril se mantiene como planta tolerante al ataque de organismos nocivos. Pues a pesar de existir algunos fitófagos asociados que poseen preferencia en el cultivo, como el caso de *Omiodes indicata* F. (Lepidoptera: Crambidae) *T. diversifolia* se mantuvo como planta poco consumida por las plagas, con bajo porcentaje de daños, inferior al 20%. Por lo que coincidió con estudios de Ruiz *et al.* (2017) en condiciones de Cuba. Ese comportamiento pudo estar asociado por la presencia de metabolitos secundarios en la planta (Scull *et al.* 2022). En correspondencia con ello, González-Sierra *et al.* (2019) al efectuar la determinación cualitativa y cuantitativa de dichos metabolitos en extractos etanólicos de raíces, tallos y hojas de *T. diversifolia* en condiciones de Cuba, mostró una gran variedad de sustancias bioactivas, tales como: fenoles, flavonoides, cumarinas, quinonas y terpenoides, con tenores superiores en raíces y con gran actividad antioxidante.

Estudios similares desarrollados por Sabaris *et al.* (2023) informan que estas múltiples sustancias bioactivas presentes en hojas, tallos y flores, son utilizadas por el vegetal como mecanismo de defensa tras la acción de los herbívoros, es por ello que la planta es capaz de manifestar acción repelente, fagodisuasiva o insecticida a determinados insectos-plaga (Castaño-Quintana *et al.* 2013, Rodríguez *et al.* 2015, Jiménez *et al.* 2016, Green *et al.* 2017, Devi *et al.* 2022, Kerebba *et al.* 2022, Miranda *et al.* 2022), incluso recientemente se ha comprobado su acción molusquicida a partir de extractos foliares de la planta (Ballada y Baonan 2023).

Esta capacidad de la planta de mantener baja incidencia de organismos causantes de plagas y por consiguiente escasos niveles de daños, constituye un resultado novedoso obtenido y comprobado en este estudio, que realza el interés por el empleo de la planta, lo cual la hace aún más atractiva para su fomento en la alimentación animal.

Se pudo constatar que existe afluencia marcada de organismos biorreguladores asociados al SSP con tithonia (41%), en comparación con el pasto base (19 %) y el área control, con solo gramíneas (11 %) (figura 2).

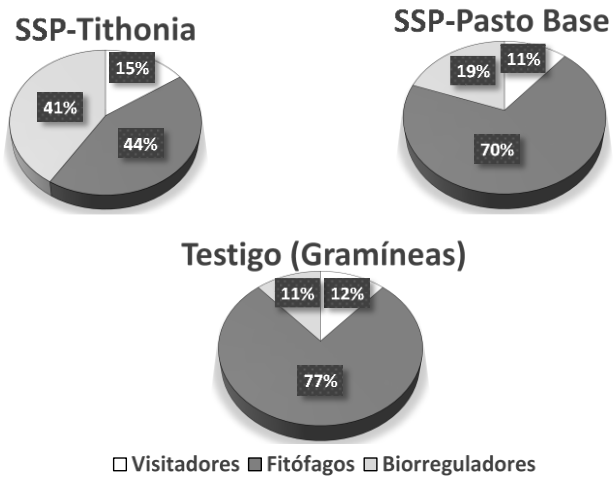


Figura 2. Promedio anual de las proporciones de organismos visitadores, fitófagos y biorreguladores asociados a cada componente vegetal en estudio

Por otra parte, los organismos fitófagos se incrementan en el área control (77%) similar en el pasto base del SSP (70%), mientras que sólo se asocian en la tithonia el 44%. Los visitadores se comportan con mayor similitud entre las comunidades vegetales, entre el 11 y el 15%.

En este caso el SSP con la asociación de plantas de diferentes tamaños y arquitecturas crea diversos sitios de refugio y de néctar para el hábitat de múltiples organismos como la fauna benéfica asociada. Esto, sin dudas, constituye un indicador favorable, que contribuye con el manejo integral de insectos-plaga en el agroecosistema. Por lo que coincide con estudios recientes en Cuba de Rodríguez *et al.* (2022) que constatan que *T. diversifolia* es una planta que sirve de reservorio de depredadores y parasitoides. De aquí que estos autores la recomienden asociada a los pastos y forrajes lo cual fomenta los servicios ecosistémicos y aumenta la resiliencia de los agroecosistemas ganaderos.



Otros autores como Martín-Delgado *et al.* (2024) resaltan el papel de este arbusto en la atracción y preservación de enemigos naturales de insectos-plaga por lo que se convierte las áreas de tithonia en un reservorio de entomófagos para el control de las plagas asociadas a los agroecosistemas aledaños. De aquí que puede servir de estrategia fitosanitaria a los productores mantener áreas de *T. diversifolia* en sus fincas para el manejo de los organismos nocivos.

Estudios de Ramírez-Barajas *et al.* (2019) resaltan el papel de los árboles y arbustos en la creación de estos sitios de refugio, microclimas y hábitats adecuados para que puedan coexistir un mayor número de organismos, como los insectos. No obstante, en la biodiversidad funcional también pueden convivir otros muchos grupos de seres vivos tales como: aves, reptiles, mamíferos, anfibios y moluscos, que unidos a la presencia de los bovinos, que constituyen el principal componente animal en el SSP, participan activamente en la dinámica agroforestal. Es por ello que se les concede a estos sistemas mayor conectividad con los ecosistemas naturales, con respecto a los convencionales con pastos en monocultivo, lo que a su vez sugiere ideas para la integración entre la producción pecuaria y la conservación de la biodiversidad (Harvey *et al.* 2004). Similar ocurre con los agroecosistemas compuestos por policultivos (García-González *et al.* 2022), que albergan mayor diversidad de insectos, con proporciones superiores de fauna beneficiosa.

En el estudio llevado a cabo durante tres años consecutivos (2021, 2022 y 2023) con igual metodología de muestreo se observó interacción significativa entre la comunidad vegetal y el año para todas las variables (tabla 1). En este caso resalta una menor proporción de especies fitófagas asociadas al SSP con tithonia (9.97) comparada con el pasto base (19.13) y el área control con gramíneas (20.14) y a su vez una mayor proporción de especies biorreguladoras asociadas a dichas comunidades vegetales, con valores más altos en tithonia (9.63) en comparación con el pasto base (5.94) y el control (3.88). El papel de la fauna benéfica en el SSP de *T. diversifolia* vc. ICA Cuba Oc-10 se detalla en Valenciaga *et al.* (2024b).

Tabla 1. Análisis del comportamiento de la artropodofauna (visitadores, fitófagos y biorreguladores) en las comunidades vegetales por años

Variables	Comunidad Años	Tithonia en SSP	Pasto base en SSP	Control (Gramíneas)	EE(±) Signif.
Visitadores	2021	1.99^{b} (7.32)	2.36^{a} (10.56)	2.38^{a} (10.77)	0.14 p=0.0005
	2022	2.33^{a} (10.24)	2.01^{b} (7.44)	2.11^{ab} (8.28)	
	2023	1.96^{b} (7.11)	1.90^{b} (6.66)	1.56^{c} (4.76)	
Fitófagos	2021	2.30^{c} (9.97)	2.95^{a} (19.13)	3.00^{a} (20.14)	0.16 p<0.0001
	2022	2.46^{bc} (11.75)	2.43^{bc} (11.33)	2.62^{b} (13.72)	
	2023	1.31^{d} (3.70)	2.22^{c} (9.18)	2.53^{bc} (12.52)	
Biorreguladores	2021	2.26^{a} (9.63)	1.78^{ab} (5.94)	1.36^{b} (3.88)	0.23 p=0.0083
	2022	1.68^{ab} (5.38)	1.72^{ab} (5.56)	1.87^{ab} (6.46)	
	2023	2.28^{a} (9.81)	1.57^{ab} (4.82)	1.66^{ab} (5.26)	

^{abc} letras diferentes, dentro de cada variable, indican diferencias significativas p<0.05 (Kramer 1956)

( ) valores entre paréntesis indican datos transformados por la función de enlace log.

Los visitadores como se ha expresado con anterioridad inciden indistintamente en todo el sistema con mayor énfasis en la etapa de floración de la tithonia. En el 2023 que constituye el cuarto año de fomentado el SSP se observa una disminución significativa de las especies fitófagas asociadas al SSP con tithonia (3.70) que difiere significativamente del pasto base (9.18) y el área control (12.52) y un incremento o estabilidad de la fauna benéfica asociada (9.81, 4.82 y 5.26) para la tithonia, pasto base y área control, respectivamente, aunque sin diferencias estadísticas entre dichas comunidades vegetales.

Estos resultados coinciden con estudios de Ochoa *et al.* (2017) quiénes encontraron 54% menos *Collaria oleosa* (Hemiptera: Miridae) y 59% menos *Draeculacephala* sp. (Hemiptera: Cicadellidae) en las plantas asociadas en los sistemas silvopastoriles en comparación con el área de monocultivo con la gramínea kikuyo (*Cenchrus clandestinus*), que sufrió el mayor daño. Por tanto, los sistemas silvopastoriles mantuvieron controlada las poblaciones de insectos chupadores. Los autores corroboraron que, a mayor área de monocultivo, mayor incidencia y daño por fitófagos.

Los resultados obtenidos en tithonia confirman que los sistemas silvopastoriles logran con el tiempo la estabilidad de organismos fitófagos y biorreguladores evitando que se produzcan daños económicos y fisiológicos en el cultivo principal. Por lo que coincide también con estudios similares de Valenciaga *et al.* (2019, 2020) y Ruiz *et al.* (2023b) en sistemas silvopastoriles diversificados con leucaena-guinea.

CONCLUSIONES

Se concluye que dado el comportamiento fitosanitario de *T. diversifolia* y en su ensamble con el SSP esta planta constituye una opción de interés para productores al mantener en el tiempo, el equilibrio biológico de especies fitófagas, visitadoras y biorreguladoras, sin provocar daños económicos en los componentes vegetales asociados. A su vez contribuye al manejo integrado y a la sostenibilidad del agroecosistema. Se recomienda mantener la vigilancia fitosanitaria y promover sistemas cada vez más diversos y sostenibles, lo cual fomenta los servicios ecosistémicos y aumenta la resiliencia de los agroecosistemas ganaderos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la valiosa colaboración de los técnicos Ciro Alejandro Mora Díaz y Humberto Rodríguez Díaz en los muestreos de campo y en el procesamiento de las muestras en el laboratorio.

BIBIOGRAFIA

Alonso J., Achang G., Tuffi L. D. & Arruda R. S. 2015. Comportamiento productivo de *Tithonia diversifolia* en pastoreo con reposos diferentes en ambas épocas del año. *Livestock Research for Rural Development*, 27 (6) http://www.lrrd.org/lrrd27/6/alon27115.html.

Báez, N.; Padilla, C.; Rodríguez García, I. & Ruiz, T.E. 2023. Análisis económico de la producción de semilla gámica de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray en Cuba. Nota Técnica. *Tropical Grasslands - Forrajes Tropicales*, 11 (1): 75-82. http://doi.org/10.17138/TGFT(11)75-82.

Ballada, K.A. & Baoanan, Z.G. 2023. Molluscicidal properties of wild sunflower (*Tithonia diversifolia*) leaf extract fractions against invasive golden apple snail (*Pomacea canaliculata*). *Environment, Development and Sustainability*, https://doi.org/10.1007/s10668-023-03969-5.

Calderón, M. 1982. Evaluación del daño causado por insectos. En: J. M. Toledo (Ed.). Manual para la Evaluación Agronómica. CIAT, Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales. Cali, Colombia. p. 80.

Castaño-Quintana, K., Montoya-Lerma, J., & Giraldo-Echeverri, C. 2013. Toxicity of foliage extracts of *Tithonia diversifolia* (asteraceae) on *Atta cephalotes* (Hymenoptera: Myrmicinae) workers. *Industrial Crops Production,* 44: 391–395. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.11.039.

CIBA-GEISY 1981. Manual para ensayos de campo en protección vegetal. Segunda edic. revisada y ampliada. Werner Püntener, División Agricultura. Switzerland. 205p.

Devi, T.B.; Raina,V. & Rajashekar, Y. 2022. A novel biofumigant from *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray for control of stored grain insect pests. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 184: 105-116. ISSN 0048-3575. https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2022.105116.

Di-Rienzo, J., Casanoves, F., Balzarini, Mónica, Gonzalez, Laura, Tablada, Margot & Robledo, C. 2012. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL http://www.infostat.com.ar

García González, M. T.; Rodríguez Coca, L. I.; Fernández Cancio, Y.; Rodríguez Jáuregui, M. M. & Gil Unday, Z. 2022. Biodiversidad de insectos en sistemas de policultivos de maíz (*Zea mays* L.). *Ecosistemas*, 31 (3): 2400. https://doi.org/10.7818/ECOS.2400.

González-Sierra, L.; Díaz-Solares, M. Castro-Cabrera, I.; Fonte-Carballo, L.; Lugo-Morales. Y. & Altunaga-Pérez. N. 2019. Caracterización fitoquímica y actividad antioxidante total de diferentes extractos de *Tithonia diversifolia* (Hemsl) A. Gray. *Pastos y Forrajes*, 42 (3): 243-248. ISSN: 2078-8452. Disponible en: <https://payfo.ihatuey.cu/index.php?journal=pasto&page=article&op=view&path%5B%5D=2147>. Fecha de acceso: 09 abr. 2024.

Green, P. W., Belmain, S. R., Ndakidemi, P. A., Farrell, I. W. & Stevenson, P. H. *2017. Insecticidal activity of Tithonia diversifolia and Vernonia amygdalina. Industrial Crops and Products, Vol. 110: 15-21. ISSN: 0926-6690.* https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.08.021

Harvey, C. A.; Tucker, N. I. J. & Estrada, A. 2004. Live fences, isolated trees, and windbreaks: tools for conserving biodiversity in fragment tropical landscape. In: G. Schroth, G. A. B. da Fonseca, C. A. Harvey, C. Gascon, H. L. Vasconcelos & A. M. N. Izac (Eds.) Agroforestry and biodiversity conservation in tropical landscapes. Washington: Island Press. p.261-289. https://www.researchgate.net/publication/325128589_Live_Fences_Isolated_Trees_and_Windbreaks_Tools_for_Conserving_Biodiversity_in_Fragmented_Tropical_Landscapes

Hernández, A.; Pérez, J.M.; Bosch, D. & Castro, N. 2019. La clasificación de los suelos de Cuba: énfasis en la versión de 2015. Cultivos Tropicales, 40 (1): a15 – e15. ISSN: 1819-4087. Disponible en: http://ediciones.inca.edu.cu/index.php/ediciones/article/view/1504.

Kerebba, N., Oyedeji, A. O., Byamukama, R., Kuria, S. K., & Oyedeji, O. O. 2022. Evaluation for Feeding Deterrents Against *Sitophilus zeamais* (Motsch.) from *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray. *Journal of Biologically Active Products from Nature*, 12 (1): 77 - 93. https://doi.org/10.1080/22311866.2021.2023046.

Kramer, C.Y. 1956. Extension of multiple range tests to group means with unequal numbers of replications. *Biometrics,* 12: 307 – 310. ISSN: 0006-341X

Londoño C., J., Mahecha L., L., & Angulo A., J. 2019. Desempeño agronómico y valor nutritivo de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A Gray para la alimentación de bovinos. *Revista Colombiana de Ciencia Animal - RECIA*, 11(1). https://doi.org/10.24188/recia.v0.n0.2019.693.

Mancina, C. A. & Cruz, D. D. 2017. Diversidad biológica de Cuba: métodos de inventario, monitoreo y colecciones biológicas. Editorial AMA, La Habana, 480 p. ISBN: 978-959-300-130-4 (versión digital).

Martín-Delgado, J.L., Ballina-Gómez, H.S., Ruiz-Sánchez, E., Herrera-Gorocica, A.M. & Pierre, J. F. 2024. *Tithonia diversifolia* (Asteraceae) as a reservoir of natural enemies to promote pest control and improve development of tomato (*Solanum lycopersicum*) in open conditions. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 1-14. https://doi.org/10.1080/01140671.2024.2393289.

Mauchly, J. 1940. Significance test of sphericity of a normal n-variate distribution. *Annals of Mathematical Statistics*, 29: 204-209. ISSN: 0003-4851.

Metcalf, C. L. & Flint, W. P. 1965. Insectos destructivos e insectos útiles: sus costumbres y su control. Instituto Cubano del Libro. La Habana, Cuba, 1208 p.

MINAG. 2021. Certificación de la variedad comercial de *Tithonia diversifolia* (ICACUBA Oc-10) por la Dirección de semillas y Recursos Fitogenéticos del Ministerio de la Agricultura de Cuba.

Miranda, M.A.F.M.; Matos, A.P.; Volante, A.C.; Cunha, G.O.S. & Gualtieri, S.C.J. 2022. Insecticidal activity from leaves and sesquiterpene lactones of *Tithonia diversifolia* (Helms.) A. Gray (Asteraceae) on *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *South African Journal of Botany* 144: 377-379. ISSN 0254-6299. https://doi.org/10.1016/j.sajb.2021.09.002.

Murgueitio, E. 2023. *Tithonia diversifolia*, una Asterácea diferente: su función en los sistemas sostenibles de producción agropecuaria. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 57. 1-9. https://www.cjascience.com/index.php/CJAS/article/view/1090/1437.

Murgueitio, E., Calle, Z., Xocchitl, M. & Uribe, F. 2015. Productividad en sistemas silvopastoriles intensivos en América Latina. En: F. Montagnini, E. Somarriba, E. Murgueitio, H. Fassola & B. Eibl (Eds.). Sistemas agroforestales, funciones productivas, socioeconómicas y ambientales. Editorial CIPAV, Cali, Colombia. Pp 59-101.

Ochoa D. E, Lopera J. J., Márquez S. M., Calle Z., Giraldo C., Chará J. & Murgueitio E. 2017. Los sistemas silvopastoriles intensivos contribuyen a disminuir el ataque de chupadores en pasto kikuyu (*Cenchrus clandestinus*). *Livestock Research for Rural Development,* Volume 29. Article #82. ISSN: 0121-3784. http://www.lrrd.org/lrrd29/5/lope29082.html.

Padilla, C.R., Rodríguez, I.D., Ruiz, T.E., Báez, N., Medina, Y. & Herrera, M. 2023. Bases científico técnicas para la producción de semilla, siembra y establecimiento de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray por vía gámica en Cuba. *Anales Academia Ciencias* Cuba, 13 (3): e1449. Disponible en: http://www.revistaccuba.cu/index.php/revacc/article/view/1449.

Ramírez-Barajas, P. J., Santos-Chable, B. E., Casanova-Lugo, F., Lara-Pérez, L. A., Tucuch-Haas, J. I., Escobedo-Cabrera, A., Villanueva-López, G., & Díaz-Echeverría, V. F. 2019. Diversidad de macro-invertebrados en sistemas silvopastoriles del sur de Quintana Roo, México. *Revista de Biología Tropical*, 67(6): 1383-1393. Disponible en: https://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v67n6/0034-7744-rbt-67-06-1383.pdf.

Ríos, C. 2002. Usos, manejos y producción de Botón de Oro, *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray. En: S. Ospina y E. Murgueitio (Eds.). Tres especies vegetales promisorias: Nacedero (*Trichanthera gigantea* (H &B) Nees.), Botón de Oro (*Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray) y Bore (*Alocasia macroohiza* Linneo) Schott). Editorial CIPAV, Cali, Colombia. P. 211.

Rodríguez, Z.; Milán, E.; Reyes, S. & Morales, Y. 2022. *Tithonia diversifolia* como planta reservorio de biorreguladores en los pastos y forrajes. TD-27. Simposio Internacional de *Tithonia diversifolia*. Memorias AGROPAT 2022. Centro de Convenciones Plaza América, Varadero, Matanzas, Cuba.

Ruiz, T. E. Alonso, J.; Febles, G.J.; Galindo, Juana L.; Savón, Lourdes L.; Chongo, Bertha B.; Torres, Verena; Martínez, Y.; La O, O.; Gutiérrez, D.; Crespo, G. J. Cino, Delia M.; Scull, Idania & González, J. 2016. *Tithonia diversifolia:* I. Estudio integral de diferentes materiales para conocer su potencial de producción de biomasa y calidad nutritiva. *Avances en Investigación Agropecuaria,* 20(3): 63-82. ISSN 0188789-0.

Ruiz, T. E.., J. Febles, G., Alonso, J., Torres, V., Valenciaga, N., Galindo, J., Mejías, R. & Medina, Y. 2023a. Comportamiento agronómico en pastoreo de materiales destacados de *Tithonia diversifolia* en Cuba. *AIA Avances en investigación Agropecuaria*, 27(1): 136-145. ISSN: 0188789-0. https://doi.org/10.53897/RevAIA.23.27.26.

Ruiz, T. E., Febles, G. J., Alonso, J. & Valenciaga, N. 2023b. El árbol y su efecto en la estabilidad productiva vegetal en un Sistema Silvopastoril. Pp. 54-57. En: Rivera J., Viñoles C., Fedrigo J., Bussoni A., Peri P., Colcombet L., Murgueitio E.,

Quadrelli A. & Chará J. (Eds.) Sistemas Silvopastoriles: Hacia una Diversificación Sostenible. CIPAV. Cali, Colombia. ISBN 978-628-95190-5-1.

Ruiz, T. E., Febles, G. J., Alonso, J., Crespo, G. & Valenciaga, N. 2017. Chapter X. Agronomy of *Tithonia diversifolia* in Latin America and the Caribbean región. Pp. 171-201. In: L. L. Savón Valdes, O. Gutierrez Borroto & G. Febles Pérez (Eds.) Mulberry, moringa and Tithonia in animal feed, and other uses. Results in Latin America and the Caribbean. FAO. ICA-EDICA, Cuba. ISBN: 978-959-7171-72-0. Disponible en: https://www.feedipedia.org/sites/default/files/public/savonvaldes_2017.pdf.

Ruiz, T. E., Febles, G., Jordán. J., Castillo, E., Mejías R., Crespo, G., Chongo, B., Delgado, D., Alfonso, H., Escobar, A. & Ramírez. R. 2006. Conceptos y Tecnologías desarrolladas en el Instituto de Ciencia Animal. En: Fisiología. producción de biomasa y sistemas silvopastoriles en pastos tropicales. Abono orgánico y biogás. Tomo II. Edición EDICA. Cuba. 136 p.

Ruiz, T. E., Febles, G., Torres, V., González, J., Achang, G., Sarduy, L. & Díaz, H. 2010. Evaluación de materiales recolectados de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray en la zona centro-occidental de Cuba. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola,* 44(3): 291-296. ISSN: 0034-7485.

Ruiz, T. E. & Febles, G. 1999. Sistemas silvopastoriles. Conceptos y tecnologías desarrollados en el Instituto de Ciencia Animal de Cuba. EDICA. Instituto de Ciencia Animal. La Habana. Cuba. Pp. 43.

Ruiz, T. E.., J. Febles, G., Torres, V., Lok, S., Valenciaga, N., Rodríguez, B., Báez, N. & Medina, Y. 2024. Effect of cutting frequency on the biomass production of outstanding materials of *Tithonia diversifolia* identified in Cuba. *Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales*, Pp. 106-115. ISSN: 2346-3775.

SAS. 2013. Sistema de análisis estadístico. Universidad de Nebraska. Versión 9.3. SAS/STAT 9.1. Copyright, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA. ISBN 1-59047-243-8.

Sabaris, S.B., Sadiq, M., Karanath-Anilkumar, A., Sireesha, R. & Munuswamy-Ramanujam, G. 2023. Comparative bioactivity evaluation of secondary metabolites from the leaves, stem and flowers of *Tithonia diversifolia*. MaterialsToday: Proceedings, 93. Part 2. 28-39. ISSN 2214-7853. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.09.042.

Scull, I., Savón, L.L., Ruiz, T. E. & Herrera, M. 2022. Effect of growth age on the polyphenol content of materials from *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) *Cuban Journal Agriculture Science*, 56 (3): 209-217. Disponible en: http://scielo.sld.cu/pdf/cjas/v56n3/2079-3480-cjas-56-03-e04.pdf. Fecha de consulta: 26/abril/2024.

Shapiro S.S. & Wilk M.B. 1965. An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika*, 52: 591-611. http://doi:10.1093/biomet/52.3-4.591 JSTOR 2333709 MR 205384

Triplehorn C. A. & Johnson N. F. 2005. Borror and DeLong's lntroduction to the Study of lnsects. Thomson Brooks/Cole, USA, 864 p., Seventh Edition, ISBN 003-096835-6. Disponible en: https://www.academia.edu/30669150/Borror_and_Delong_2005_Study_of_Insects

Valenciaga, Nurys; Barrientos, A.; Herrera, Madelen y Sardiñas, Y. 2019. Instructivo para el diagnóstico y manejo de organismos nocivos asociados a agroecosistemas de pastizales. Instituto de Ciencia Animal. Registro CENDA No. 1363-04-2019, 43p.

Valenciaga, N., Herrera, M. & Ruiz, T.E. 2019. *Heteropsylla cubana* Crawford (Hemiptera: Psyllidae) en sistemas silvopastoriles con *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit (Fabaceae) en condiciones de Cuba. En: Castaño, K., Chará, J., Giraldo, C. & Calle, Z., (eds). Manejo integrado de insectos herbívoros en sistemas ganaderos sostenibles. ISBN 978-958-9386-93-4 Digital, CIPAV, Cali Colombia, 306 p.

Valenciaga, N.; Iraola, J.; Herrera M. & Ruiz, T. E. 2024a. Entomofauna associated with a silvopastoral system of Tithonia diversifolia cv. ICA Cuba oc-10, intended for bull fattening *Cuban Journal of Agricultural Science*, 58 Epub 01-Dic-2024. ISSN 2079-3480. Disponible en: http://scielo.sld.cu/pdf/cjas/v58/2079-3480-cjas-58-e20.pdf.

Valenciaga, N.; Iraola, J.; Herrera M. &Ruiz, T. E. 2024b. Role of beneficial fauna, associated to a silvopastoral system of *Tithonia diversifolia* cv. ICA Cuba oc-10, on the incidence of pest insects. *Cuban Journal of Agricultural Science*, [online]. Vol.58 Epub 01-Dic-2024. ISSN 2079-3480. Disponible en: http://scielo.sld.cu/pdf/cjas/v58/2079-3480-cjas-58-e22.pdf.

Valenciaga, N., Ruiz, T. E., Mora, C. A. & Díaz, H. 2018. Evaluación fitosanitaria de 24 materiales de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray recolectados en la región oriental de Cuba. *Memoria del VI Congreso PAT 2018*. DVD-ROM. La Habana. ISBN: 9789-959-7171-80-5.

Valenciaga, N., Ruiz, T.E., Ramírez, L. & Parsons, D. 2020. Abundance of *Heteropsylla cubana* populations and it natural enemies *Leucaena leucocephala* agroecosystems. *Livestock Research Rural Development*, 32. pp.11-21. Disponible en: http://www.lrrd.org/public-lrrd/proofs/lrrd3211/nvalecit.html.

Vargas, V. T., Pérez, P., López, S. & Castillo, E. 2022. Producción y calidad nutritiva de *Tithonia diversifolia* (Hemsl) A. Gray en tres épocas del año y su efecto en la preferencia por ovinos Pelibuey. *Revista mexicana de Ciencias Pecuarias*, 13 (1): 240-257. ISSN: 2448-6698. https://doi.org/10.22319/rmcp.v13i1.5906.

World Spider Catalog 2020. World Spider Catalog. Version 21.5. Natural History Museum Bern. https://doi.org/10.24436/2 Disponible en: http://wsc.nmbe.ch Fecha de consulta: 10/09/2020.



TD-05. *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray y su contribución a la entomofauna en un sistema silvopastoril de Veracruz

Tithonia diversifolia (Hemsl.) Gray and Its Contribution to the Entomofauna in a Silvopastoral System in Veracruz

Rocío Santos-Gally
CONACYT-Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México, A.P. 70-275, 04510 México, CDMX.
Correspondencia: rsantos@iecologia.unam.mx

RESUMEN

La diversidad de interacciones entre plantas y sus visitantes es esencial para el funcionamiento de los ecosistemas y la producción agrícola. Sin embargo, la intensificación de la agricultura y el cambio climático han provocado una disminución significativa en la abundancia y diversidad de insectos polinizadores, poniendo en riesgo procesos ecológicos clave como la polinización. En este contexto, los sistemas silvopastoriles intensivos (SSPi) representan una alternativa agroecológica capaz de conservar la biodiversidad funcional sin comprometer la productividad. Este estudio evaluó la abundancia y diversidad de insectos polinizadores asociados a las flores de *Tithonia diversifolia*, un arbusto forrajero con alta producción floral, en un SSPi ubicado en Los Tuxtlas, Veracruz. Se registraron 895 visitas de polinizadores durante 14 horas de observación, identificándose 46 morfoespecies pertenecientes a cinco órdenes. *Apis mellifera* fue la especie más abundante, seguida por abejas nativas y mariposas. Los resultados indican que *T. diversifolia* funciona como una fuente importante de néctar y polen para insectos, lo que resalta su valor en estrategias productivas que buscan un balance entre la producción animal y la conservación de los polinizadores.

Palabras clave: *Asteraceae, polinizadores, sistemas silvopastoriles, Apis mellifera*.

ABSTRACT

The diversity of interactions between plants and their visitors is essential for ecosystem functioning and agricultural production. However, agricultural intensification and climate change have led to a significant decline in the abundance and diversity of pollinating insects, jeopardizing key ecological processes such as pollination. In this context, intensive silvopastoral systems (ISPS) represent an agroecological alternative capable of conserving functional biodiversity without compromising productivity. This study evaluated the abundance and diversity of pollinating insects associated with the flowers of *Tithonia diversifolia*, a forage shrub with high floral production, within an ISPS located in Los Tuxtlas, Veracruz. A total of 895 pollinator visits were recorded during 14 hours of observation, and 46 morphospecies belonging to five insect orders were identified. *Apis mellifera* was the most abundant species, followed by native bees and butterflies. The results indicate that *T. diversifolia* functions as an important source of nectar and pollen for a wide range of insect species, highlighting its potential role in productive strategies that aim to balance livestock production with pollinator conservation.

Keywords: *Asteraceae, pollinators, silvopastoral systems, Apis mellifera*.

INTRODUCCIÓN

La diversidad de interacciones entre plantas y sus visitantes desempeña un papel fundamental en el funcionamiento del ecosistema y en la mejora de la producción de alimentos agrícolas. Paradójicamente, la agricultura intensiva, junto con el cambio climático, ha sido identificada como una de las principales causas en la desaparición de insectos (Outhwaite *et al*. 2022, Millard *et al*. 2023). El descenso de las poblaciones de insectos, tanto en la abundancia (densidad poblacional) como de la diversidad (número de especies), pone en riesgo procesos ecológicos clave como la polinización, la descomposición de materia orgánica, el control de plagas, el suministro de alimento a organismos en la cadena trófica y, la conservación de la biodiversidad. Esta llamada "crisis de los insectos" es reflejada particularmente en la disminución de polinizadores, tanto de abejas silvestres como de abejas melíferas, quienes a través de la polinización contribuyen significativamente a la producción de alimentos para el ser humano.

Se estima que, en 2005, la contribución económica anual de los insectos polinizadores a la agricultura fue de 153 mil millones de dólares (Gallai *et al*. 2009). La reducción de estos aliados en la producción de alimentos podría desencadenar una crisis no solo económica, sino ambiental, ya que aproximadamente el 87 % de todas las especies de plantas en el planeta dependen de la polinización para la producción de frutos (Ollerton *et al*. 2011). Frente a este panorama, resulta crucial implementar estrategias productivas que integren la conservación de la biodiversidad como un elemento clave para recuperar y mantener a las poblaciones de insectos, al mismo tiempo que no se pierda la productividad.

Una de estas estrategias son los sistemas silvopastoriles intensivos (SSPi), los cuales representan una alternativa sostenible frente a la ganadería extensiva. Estos sistemas agroecológicos sustituyen el monocultivo de pastos por una combinación diversificada de pastos, arbustos, enredaderas, árboles y palmeras en arreglos agroforestales multipropósito (Figura 1). En particular, la siembra de arbustos forrajeros en altas densidades (más de 10,000 individuos ha-1) constituye un elemento clave en los SSPi. Estos arbustos no solo mejoran la calidad del forraje al tener altos contenidos proteínicos, sino que

también incrementan significativamente la fijación de nitrógeno y otros macro y micronutrientes en el suelo (Oludare y Muoghalu 2014, Chará *et al*. 2019). Además, permiten incrementar la carga animal hasta siete veces más que los sistemas tradicionales, y mejorar de forma significativa la producción de leche y carne por cada animal (Chará *et al*. 2019).



Figura 1. Sistema silvopastoril intensivo de *Tithonia diversifolia* en la región de Los Tuxtlas, Veracruz, México. Izquierda, pico de floración de la especie (foto Erika Navarro). Derecha, vaca consumiendo el follaje.

Un aspecto crítico de los SSPi en el contexto de la crisis de los polinizadores es su capacidad para ofrecer néctar y polen en cantidad y calidad, recursos fundamentales para la alimentación y salud de los insectos polinizadores. Aunque las abejas melíferas no son las únicas, ni necesariamente las más importantes, en la producción de frutos, es cierto que éstos nos proporcionen otro alimento muy importante que es la miel. En México, la deforestación por el cambio de uso de suelo ha provocado una disminución en la disponibilidad de recursos alimenticios para las abejas melíferas. Esto ha obligado a muchos apicultores a suplementar su alimentación con azúcar, lo cual ha reducido la rentabilidad de esta (Magaña y Leyva 2011). Sin embargo, el néctar natural no solo provee azúcares, sino también aminoácidos, vitaminas y minerales esenciales para la salud de las abejas. En este sentido, los SSPi, a través de la presencia de árboles y arbustos dentro de los potreros, se convierten en sitios de refugio y alimentación para los insectos polinizadores.

En la región de Los Tuxtlas Veracruz, el uso de *T. diversifolia* como arbusto forrajero ha demostrado ser una alternativa viable para el mantenimiento de la biodiversidad de insectos. Su alta producción floral, con un promedio de 755 inflorescencias por planta (Muoghalu y Chuba 2005), representa una fuente importante de recursos energéticos para diversos grupos de insectos. En este trabajo se analiza la abundancia y diversidad de insectos nativos, así como de la especie introducida *Apis mellifera*, asociados a las flores de *T. diversifolia*.

MATERIAL Y MÉTODOS

El registro de polinizadores se llevó a cabo en una parcela experimental ubicada en la región de Los Tuxtlas, Veracruz. Las observaciones de visitas de insectos se realizaron durante el pico de floración, a lo largo de tres días consecutivos en marzo de 2020. Se efectuaron censos diurnos durante un total de 14 horas, distribuidos entre las 10:00 h y las 18:00 h, horario en el cual se concentra la mayor actividad de los polinizadores. Las observaciones se realizaron en periodos de 5 minutos, rotando aleatoriamente a los observadores entre parcelas en cada intervalo. Durante cada sesión, se registraron las especies visitantes por capítulo floral, así como la legitimidad de cada visita, definida por el contacto del visitante con las anteras y/o el estigma (Hernández-Márquez *et al*. 2022). También se documentó el número de capítulos florales observados por sesión.

Con el fin de identificar a los polinizadores más representativos, se capturaron ejemplares durante el tercer día de observación, en el periodo de mayor actividad. La captura fue realizada por tres personas y los especímenes fueron posteriormente identificados en laboratorio.

La tasa de visitas se calculó como el número de visitas por cada 5 minutos, estandarizado con base en el número de capítulos florales presentes en la parcela. Asimismo, se calculó un valor de importancia del polinizador con base en la tasa de visitas por capítulo, considerando cinco grupos funcionales principales: abejas, mariposas, moscas, escarabajos y chinches. Estos grupos se diferenciaron según características taxonómicas, morfológicas y de comportamiento.

Dado que *Apis mellifera* es una especie no nativa, se calculó el índice de importancia del grupo funcional tanto incluyendo como excluyendo a esta especie, con el objetivo de evaluar su posible efecto sobre la estructura del sistema de polinización. También permitió evaluar la importancia de *T. diversifolia* en la producción de néctar y polen para la producción de miel en la región.

RESULTADOS

Durante las 14 horas de observación realizadas en marzo de 2020, se registró un total de 895 visitas de insectos polinizadores a las flores de *Tithonia diversifolia*. En total, se identificaron 46 morfoespecies pertenecientes a cinco órdenes: Diptera (15 spp.), Lepidoptera (12 spp.), Hymenoptera (11 spp.), Hemiptera (6 spp.) y Coleoptera (2 spp.). Los polinizadores más abundantes fueron *Apis mellifera*, seguidas por abejas nativas y mariposas. La abeja de la miel realizó 154. 2 visitas por inflorescencia (capitulo) en 5 minutos, seguida por el abejorro *Bombus medius* (5.4), la mariposa *Urbanus sp.* (4.2) y una chinche (3.8) (Figuras 3 y 4).

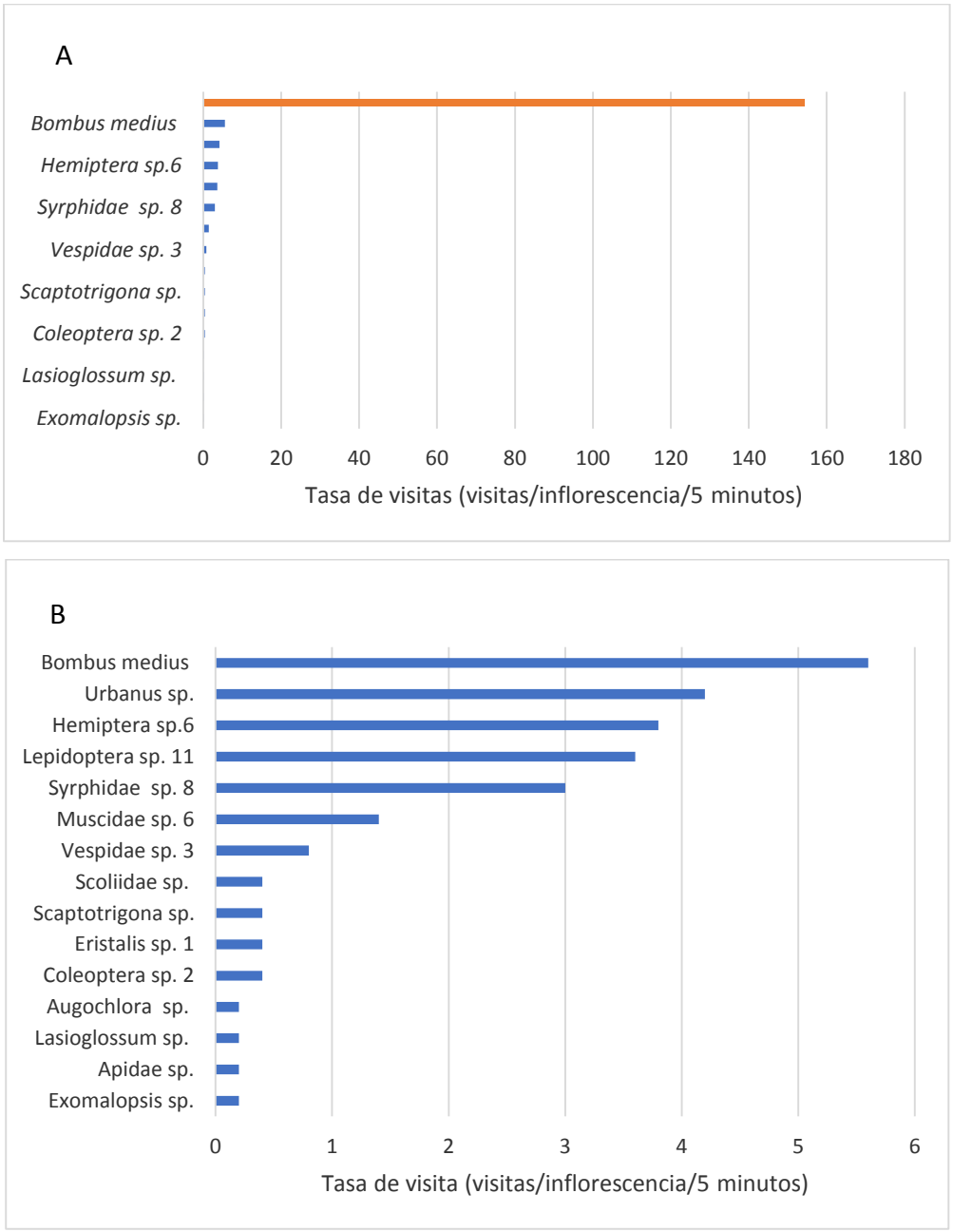


Figura 3. Tasa de visita de insectos en inflorescencias de *T. diversifolia.*
A) Tomando en cuenta las visitas de *Apis mellifera*. B) Excluyendo a *A. mellifera* de las visitas.



Figure 4. Principales visitantes de *Tithonia diversifolia* en un SSPi de Los Tuxtlas, Veracruz, México. *Apis mellifera* (arriba izquierda), *Bombus medius* (arriba derecha), *Urbanus sp.* (abajo izquierda), chinche (Hemiptera) (abajo derecha).

DISCUSIÓN

Tithonia diversifolia es una especie de gran atractivo para una alta diversidad y abundancia de insectos polinizadores, lo cual refuerza su potencial como una especie clave para promover la biodiversidad funcional dentro de los sistemas silvopastoriles intensivos (SSPi). La observación de 46 morfoespecies pertenecientes a cinco órdenes de insectos, y la alta tasa de visitas registradas, sugieren que *T. diversifolia* actúa como un importante recurso energético en la región de Los Tuxtlas, Veracruz, especialmente durante su pico de floración.

La dominancia de *Apis mellifera* en las visitas (154.2 visitas/capítulo/5 minutos) es consistente con otros estudios que reportan la fuerte presencia de esta especie introducida en ambientes modificados (e.g., Mallinger *et al*. 2017). Sin embargo, su exclusión permitió evidenciar la participación de otros grupos funcionales relevantes, como abejas nativas, mariposas y chinches, lo que sugiere que *T. diversifolia* no depende exclusivamente de un tipo de polinizador, sino que presenta un sistema de polinización generalista. Este tipo de sistema puede aumentar la resiliencia reproductiva de la planta ante cambios en la composición de la comunidad de polinizadores.

Desde una perspectiva agroecológica, estos resultados apoyan la inclusión de *T. diversifolia* en SSPi no solo por su valor forrajero, sino también por su capacidad para ofrecer recursos tróficos a los insectos polinizadores. Dado el contexto global de pérdida de insectos, la promoción de especies como *T. diversifolia* puede contribuir tanto a la restauración ecológica como al fortalecimiento de sistemas productivos sostenibles. Su alta producción floral y prolongado periodo de floración (de septiembre a marzo) la posicionan como una fuente continua de néctar y polen, lo que resulta particularmente valioso en paisajes fragmentados o con escasa oferta floral.

Asimismo, la abundancia de *A. mellifera* observada en el presente estudio podría tener implicaciones sobre la competencia con polinizadores nativos. Si bien esta especie aporta beneficios a la producción de miel, también puede alterar las interacciones ecológicas al monopolizar recursos florales (Valido *et al*. 2019). Por ello, futuros estudios deberían evaluar los efectos de su presencia sobre la eficiencia polinizadora y la reproducción de las plantas, así como sobre la biodiversidad local de insectos.

En conjunto, los resultados resaltan la importancia de considerar enfoques de manejo del paisaje que integren la conservación de recursos florales nativos como *T. diversifolia*, capaces de sostener comunidades de polinizadores diversas, aun dentro de sistemas agropecuarios productivos.

CONCLUSIONES

Tithonia diversifolia promueve la diversidad y abundancia de insectos polinizadores en sistemas silvopastoriles intensivos.

El sistema de polinización de *T. diversifolia* es generalista, lo que aporta resiliencia ecológica para su reproducción sexual en SSPi.

La inclusión de *T. diversifolia* en SSPi representa una estrategia agroecológica efectiva para integrar producción y conservación.

Agradecimientos: A A. Hernández-, A. González-Voyer, M. Muñoz y F. López por su ayuda en campo y laboratorio. A J. Errasquín por su confianza en la implementación de *Tithonia diversifolia.* Proyecto SECIHTI otorgado a RSG: CBF-2025-I-2626.

BIBLIOGRAFÍA

Chará, J., Reyes, E., Peri, P., Otte, J., Arce, E, Schneider, F. 2019. Silvopastoral Systems and their Contribution to Improved Resource Use and Sustainable Development Goals: Evidence from Latin America. FAO, CIPAV and Agri Benchmark, Cali, 60 pp.

Gallai, N., Salles, J.-M., Settele, J., Vaissière, B. E. 2009. Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecological Economics*, 68, 810–821.

Hernandez-Marquez, A., Pérez-Ishiwara, R., Santos-Gally, R. 2022. Heterostyly, incompatibility system and pollinators in Varronia spinescens Borhidi (L.) (Cordiaceae). *Flora*, 289, 152040.

Outhwaite, C.L., McCann, P., Newbold, T. 2022. Agriculture and climate change are reshaping insect biodiversity worldwide. *Nature*, 605, 97–102. https://doi.org/10.1038/s41586-022-04644-x.

Magaña Magaña, M.Á., Leyva Morales, R. 2011. Costos y rentabilidad del proceso de producción apícola en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 2, 723–737.

Mallinger, R. E., Gaines-Day, H. R., Gratton, C. 2017. Do managed bees have negative effects on wild bees?: A systematic review of the literature. *PLoS ONE*, 12, e0189268.

Millard J., Outhwaite C.L., Ceausu, S., Carvalheiro L.G., Da Silva e silva F.D., Dicks L.V., Ollerton, J. 2023. Key tropical crops at risk from pollinator loss due to climate change and land use. *Scientific Advances*, 9 eadh0756. https://doi.org/10.1126/sciadv.adh0756.

Muoghalu, J. I., Chuba, D. K. 2005. Seed germination and reproductive strategies of Tithonia diversifolia (Hemsl.) Gray and Tithonia rotundifolia (P.M.) Blake. *Applied Ecology and Environmental Research*, 3, 39–46

Ollerton, J., Winfree, R., Tarrant, S. 2011. How many flowering plants are pollinated by animals? Oikos 120, 321–326

Oludare, A., Muoghalu, J. I. 2014. Impact of Tithonia diversifolia (Hemsl.) A. Gray on the soil, species diversity and composition of vegetation in Ile-Ife (Southwestern Nigeria). *International Journal of Biodiversity and Conservation*, 6, 555–562.

Valido, A., Rodríguez-Rodríguez, M. C., Jordano, P. 2019. Honeybees disrupt the structure and functionality of plant–pollinator networks. *Scientific Reports*, 9, 4711. https://doi.org/10.1038/s41598-019-41271-5.

TD-06. Selección de materiales destacados de *Tithonia diversifolia* (Hemsl) A.Gray colectados en Cuba

Selection of outstanding *Tithonia diversifolia* (Hemsl) A.Gray materials collected in Cuba

*T. E. Ruiz [*1]; G. J. Febles[1]; J. L. Galindo[1]; B. Rodríguez[1]; C. Padilla[1]; N. Valenciaga[1]; V. Torres[1]; L. L. Savón[1]; I. Scull[1]; S. Lok[1]; J. Alonso[1]; B. B. Chongo[1]; O. La O[1]; D. Gutiérrez[1]; D. M.Cino[1]; N. Báez[1]; G. J. Crespo[1]; I. Muir[2]; A. Rivero[3]; N. Hernández[4] y J. A. Castro Jiménez[4]*

[1] Instituto de Ciencia Animal, Cuba

[2]Instituto de Investigaciones de Pastos y Forrajes. Estación Sancti Spíritus, Cuba

[3]Instituto de Investigaciones de Pastos y Forrajes. Estación Camagüey, Cuba

[4]Universidad de Ciego de Ávila, Cuba

Correspondencia*: teruizv@gmail.com

RESUMEN

Tithonia diversifolia Hemsl. A Gray, arbustiva no leguminosa, que se encuentra distribuida ampliamente en toda Latinoamérica y el Caribe, y entre sus características se resalta su rusticidad, adaptabilidad y se recomienda para su inclusión en sistemas silvopastoriles. Ante esta realidad, el Instituto de Ciencia Animal de Cuba inició los trabajos con *Tithonia diversifolia* en este siglo en el año 2006 y se continúa estudiando. Las investigaciones acerca de esta planta surgen de la necesidad de profundizar y buscar opciones variadas para la alimentación animal de monogástricos y rumiantes a partir de especies autóctonas, ya que esta especie es un componente de la flora cubana. Los materiales evaluados fueron obtenidos mediante una colecta en diferentes regiones del país con el objetivo de realizar un estudio integral de la potencialidad de una fuente alternativa de follaje. Todo lo anterior brindó la posibilidad de disponer de otra planta arbustiva para ser utilizada en Sistemas Silvopastoriles. El material que se discutirá a continuación es el producto de las investigaciones llevadas a cabo por esta institución (ICA) de carácter tecnológico y multidisciplinario las cuales permitieron definir tecnologías para su establecimiento, producción de biomasa y explotación en sistemas de pastoreo y forraje destinados a la producción animal, así como su impacto en el medio ambiente. Lo que propiciaron el desarrollo del conocimiento en relación con el uso de esta arbórea, y brinda los principios que rigen la estabilidad, productividad, impacto económico y medio ambiental de estos sistemas en nuestras condiciones.

Palabras clave: *estudio, botón de oro, arbustiva*

ABSTRACT

Tithonia diversifolia Hemsl. A. Gray, a non-leguminous shrub widely distributed throughout Latin America and the Caribbean, stands out for its hardiness and adaptability, making it recommended for inclusion in silvopastoral systems. Given this reality, the Cuban Institute of Animal Science began work with *Tithonia diversifolia* in 2006, and its study continues. Research on this plant arose from the need to explore and explore varied options for animal feed for monogastric animals and ruminants using native species, as this species is a component of the Cuban flora. The materials evaluated were obtained through collections in different regions of the country with the aim of conducting a comprehensive study of the potential of an alternative foliage source. All of this provided the possibility of developing another shrubby plant for use in silvopastoral systems. The material discussed below is the product of technological and multidisciplinary research conducted by this institution (ICA). This research allowed for the definition of technologies for their establishment, biomass production, and exploitation in grazing and forage systems for animal production, as well as their impact on the environment. This led to the development of knowledge related to the use of these trees and provides the principles that govern the stability, productivity, and economic and environmental impact of these systems in our conditions.

Keywords: *Study, buttercup, shrub*

INTRODUCCIÓN

Tithonia diversifolia Hemsl. A Gray, arbustiva no leguminosa, que se encuentra distribuida ampliamente en toda Latinoamérica y el Caribe, y entre sus características se resalta su rusticidad, adaptabilidad y se recomienda para su inclusión en sistemas silvopastoriles. Los atributos que han llamado la atención de investigadores y ganaderos para que *Tithonia diversifolia* sea considerada como estratégica es su capacidad de adaptación a múltiples condiciones ambientales, como las que se encuentran en agroecosistemas subtropicales y tropicales húmedos, subhúmedos y montañosos. Ante esta realidad, el Instituto de Ciencia Animal de Cuba inició los trabajos con *Tithonia diversifolia* en este siglo en el año 2006 y se continua estudiando. Las investigaciones acerca de esta planta surgen de la necesidad de profundizar y buscar opciones variadas para la alimentación animal de monogástricos y rumiantes a partir de especies autóctonas, ya que esta especie es un componente de la flora cubana. Los materiales evaluados fueron obtenidos mediante una colecta en diferentes regiones del país con el objetivo de realizar un estudio integral de la potencialidad de una fuente alternativa de follaje. Todo lo anterior brindo la posibilidad de disponer de otra planta arbustiva para ser utilizada en Sistemas Silvopastoriles. Los primeros artículos en esta especie comenzaron a publicarse a partir de 2005. ***Objetivo.*** El material que se discutirá a

continuación es el producto de las investigaciones llevadas a cabo por esta institución (ICA) de carácter tecnológico y multidisciplinario las cuales permitieron definir tecnologías para su establecimiento, producción de biomasa y explotación en sistemas de pastoreo y forraje destinados a la producción animal, así como su impacto en el medio ambiente. Lo que propiciaron el desarrollo del conocimiento en relación con el uso de esta arbóreas, y brinda los principios que rigen la estabilidad, productividad, impacto económico y medio ambiental de estos sistemas en nuestras condiciones.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se aplicó la metodología para la colecta de materiales de *Tithonia diversifolia* en condiciones naturales obtenida en los estudios desarrollados durante el periodo 2006-2010 , que aborda las características de crecimiento, calidad nutricional, potencial nutritivo en animales, y comportamiento biológico en rumiantes o monogástricos. Las investigaciones se desarrollaron en campo sin fertilización ni riego. Se estudió su crecimiento, desarrollo de sus componentes morfológicos y potencial nutritivo, como su comportamiento bajo corte y pastoreo y así conocer las potencialidades de los materiales para la alimentación animal.

RESULTADOS Y PRINCIPIOS EMANADOS DEL ESTUDIO

Se estudió el comportamiento de 82 materiales vegetales de Tithonia colectados en diferentes regiones de Cuba, 29 en occidente y 53 en oriente. Seleccionándose 9 y 13 materiales en la zona centro-occidental y centro-oriental, respectivamente. **Evaluación de germoplasma colectado: I. *Centro-Occidente*.** Se dispone de materiales que pueden ser utilizados en sistemas de pastoreo (Oc- 3, Oc-5, Oc-10, Oc-23, Oc-24 y Oc-25) o forraje (Oc-5, Oc-10, Oc-16 y Oc-23). Se le otorgo por la Dirección de semillas y recursos fitogenéticos del MINAG para el Registro de Variedades Comerciales la categoría de variedad a los materiales vegetales destacados de Tithonia diversifolia IcaCuba Oc-10, IcaCuba Oc-23, IcaCuba Oc-24 y IcaCuba Oc- 25. **II**. ***Tunas-Granma.*** El análisis integrador de los resultados obtenidos, según estación climática, indican que los materiales O-2, O-3, O-12, O-14, O-17, O-23 y O-24 son representativos para cada edad de crecimiento estudiada y se deben continuar evaluando en próximos estudios. El material menos apetecido por el animal en pastoreo fue O-3 y los más fueron O-17, O-23 y O-24. **III- *Ciego de Ávila.*** Los materiales que presentan de forma estable e integral mayor crecimiento tanto en la estación de lluvia como en la poco lluviosa son CA- 3, CA -8 y CA-9, así como menor CA-1 y CA-6. **IV. *Camagüey.*** Los materiales Cm-1 y Cm-2 tienen crecimiento estable y adecuado en ambas estaciones climáticas, mientras los materiales Cm-3, Cm-9 y Cm-10 sus indicadores no son adecuados y presentan lenta recuperación en la estación poco lluviosa. **V-*Sancti Spíritus*.** El material SS-8 tiene crecimiento estable y adecuado en ambas estaciones climáticas, mientras el material SS-10 sus indicadores no son apropiados y presentan lenta recuperación en la estación poco lluviosa. **Crecimiento y desarrollo de los materiales seleccionados: I**. **Centro-Occidente.** Los materiales que integralmente presentan indicadores altos de crecimiento son el Oc-5 y Oc-23. Mientras que el Oc-10 es intermedio y el Oc-16 bajo. Se alcanzó los mejores indicadores entre la semana 7 y 10, según material. **II- Tunas-*Granma*.** Los materiales en sentido general expresaron sus mejores valores para influir en la producción de biomasa entre las semanas 8 y 11, lo que se debe tener presente en el desarrollo de estudios futuros. **III- *Ciego de Ávila*.** Los materiales logran mejor balance de su crecimiento en el intervalo de 60-75 días teniendo presente aquellas variables que fueron destacadas para ambos materiales en estudio. **Entomofauna asociada a Tithonia:** No existieron afectaciones de insectos plagas que influyeran en el buen desarrollo de la planta para los diferentes materiales vegetales de tithonia colectados en las zona de estudio. Se indica, que los materiales bajo corte tienen un ligero porcentaje superior de daños fitosanitarios en comparación con los evaluados bajo pastoreo. **Producción de biomasa:** Al estudiar la curva de crecimiento de diferentes materiales de tithonia se encontró crecimiento estable y adecuado en ambas estaciones climáticas y los mejores valores correspondieron al intervalo de 60–75 días. Todas las plantas tienen un crecimiento lento en las primeras semanas después del corte para todas las medidas en estudio. En sentido general el ritmo de crecimiento encontrado en la zona de Ciego de Ávila son menores al comparar algunas variables de esta provincia a las encontradas en Mayabeque en el occidente del país. Por último, y por la importancia que tiene la evaluación de materiales vegetales, al comparar algunas variables entre la colecta efectuada para el occidente (2006-2010) y el oriente de Cuba (2015-2019), se puede interpretar en sentido general que los materiales de esta última región tienen crecimiento promedio por día para la altura de la planta mayor que las del occidente y respecto al peso total fue mejor para los materiales del occidente. Este comportamiento también fue encontrado para el material O-23 que proviene del oriente de Cuba. Estos estudios ratifican que la selección de plantas se debe realizar por la integración de las variables en el estudio y no por sus valores absolutos, ya que se necesita que las plantas logren un crecimiento equilibrado de sus componentes. Esto permitirá tener materiales vegetales adaptados a condiciones específicas de producción, con la capacidad de ofrecer mayor biomasa, mayor oferta de nutrientes y mayor persistencia en el tiempo. Se monitorio en el tiempo la producción de biomasa donde se demostró que los cuatro materiales de tithonia (Tithonia diversifolia IcaCuba Oc-10, IcaCuba Oc-23, IcaCuba Oc-24 y IcaCuba Oc- 25) evaluados presentan características adecuadas para la producción de forraje bajo corte con frecuencia de corte de 60 y 80 días en la estación de lluvia y seca, respectivamente, aún en ausencia de fertilización y riego. Por ello, no sería lógica la discriminación de alguno de ellos para este fin productivo, sino seleccionarlos de acuerdo a las condiciones de sitio donde se desea implantar la tithonia. Se recomienda emplear los materiales vegetales de tithonia Oc-5, Oc-10, Oc-16 y Oc-23 para la producción de forrajes. **Potencialidades de esta planta en pastoreo**. Los arbustos de tithonia que se desean utilizar para su ramoneo deben tener porte bajo. Los materiales evaluados bajo pastoreo en el tiempo (IcaCuba Oc-10, IcaCuba Oc-23, IcaCuba Oc-24 y IcaCuba Oc-25) tuvieron un buen comportamiento (altura y numero de tallos /plantón), así como estabilidad del sistema tithonia - gramínea al valorarse los indicadores que se monitorearon con hembras en desarrollo. Los materiales que por sus características de crecimiento afectaron menos el desarrollo de la gramínea fueron Oc-10 y Oc-24. La estación climática no influyo en el orden

de preferencia demostrado por el animal. Se señala que cuando la Tithonia IcaCuba Oc- 10 es manejada adecuadamente, es un arbusto de gran utilidad en la producción de carne de res y para vacas de mediano potencial lechero en condiciones de pastoreo, respectivamente. El sistema se puede explotar con animales bovinos (2 UGM/ha, con tiempo de ocupación de dos días) cada 45-60 y 70-90 días de reposo en el periodo lluvioso y poco lluvioso, respectivamente. En estos casos, los animales dedican entre el 20-50% aproximadamente al pastoreo. Se recomienda emplear los materiales vegetales Oc-3, Oc-5, Oc-10, Oc-23, Oc-24 y Oc-25 para su pastoreo. Se encontró que en relación a los materiales del oriente del país, el material O-3 fue menos apetecido por los animales durante todo el desarrollo del trabajo. Los materiales O-17, O-23 y O-24 alcanzaron los mayores valores con comportamiento semejantes entre ellos en sentido general en las dos estaciones climáticas. Lo anterior da a conocer una mayor diversidad de materiales para su empleo en pastoreo con esta especie para sistema silvopastoriles. La investigación logro integrar y profundizar en aspectos esenciales de la Tithonia diversifolia en pastoreo lo que permitió poder utilizar eficientemente la especie estudiada y prolongar su vida útil en función de la producción animal. **Evaluación del potencial nutritivo**. Los materiales vegetales más destacados presentaron una adecuada composición química y metabolitos secundarios y no existen grandes diferencias de la digestibilidad que pueden modificar la utilización digestiva de los rumiantes. Edades entre 70 y 90 días permiten mayor aprovechamiento de los nutrientes. Esta planta permite su empleo para la manipulación de la ecología ruminal, la reducción de la población de metanógenos y protozoos, así como para incrementar la población de bacterias celulolíticas.

CONSIDERACIONES GENERALES

Queda demostrado en estos estudios , la importancia de tener en cuenta, en la evaluación de estos materiales, el comportamiento del crecimiento, a lo que se une que siempre resultaron destacados un grupo de los indicadores que se miden en los experimentos y que sirvieron para caracterizar la diferencia del crecimiento de los materiales en evaluación, y además con los mayores valores de preponderancia se encontró que las características de la hoja en Tithonia diversifolia presenta una alta correlación con las demás características productivas del cultivo, razón por cual éstas pueden ser un referente de fácil medición para determinar las atributos productivos y nutricionales de la planta. La línea de investigación desarrollada ratifica que es una especie que puede ser utilizada como arbustiva forrajera bajo diferentes condiciones edafoclimáticas gracias a su alta diversidad genética, cuenta con genotipos capaces de tener fases de crecimiento y desarrollo significativamente diferentes entre ellos y permite la posibilidad de seleccionar materiales superiores con el objetivo de aumentar su crecimiento y producción de biomasa en condiciones específicas de producción. Por ello, existen condiciones para que esta planta se utilice de forma correcta, y se empleen los materiales apropiados en cada zona geográfica, según el fin productivo que se desee, lo que puede contribuir a la biodiversidad y sostenibilidad de los sistemas productivos de la ganadería.



TD-07. Desinfección superficial y establecimiento *in vitro* de explantes apicales de *Tithonia diversifolia* ICACuba Oc- 10

Surface disinfection and *in vitro* establishment of apical explants in *Tithonia diversifolia* ICACuba Oc-10

L. González Salguero[2]; M. E. González del Castillo[2]; M. Pérez Pérez[2]; A. Abreu Cruz[2]; M. Isidrón Pérez[2]; Y. Medina Mesa[1] y A. R. Hernández Montesinos[1]*

[1]Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba.

[2]Universidad Agraria de La Habana "Fructuoso Rodríguez Pérez". (UNAH), Cuba.

Correspondencia*: andresraulhm@gmail.com

RESUMEN

El objetivo del siguiente estudio fue evaluar la eficiencia de la desinfección superficial con hipoclorito de sodio (NaClO) y el establecimiento *in vitro* de yemas apicales de *Tithonia diversifolia* ICACuba Oc-10. La investigación se desarrolló en el Laboratorio de Biotecnología Vegetal de la Facultad de Agronomía en la Universidad Agraria de La Habana. Como material vegetal se emplearon yemas apicales de *T. diversifolia* ICACuba Oc-10. Se empleó un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos compuestos por 1, 4 y 6 % de NaClO y un control sin cloro. Se evaluaron a los siete días las variables porciento de explantes contaminados, explantes contaminados con hongos y bacterias, y la brotación a los diez días en la fase de establecimiento *in vitro*. El NaClO al 6% mostró mayor eficiencia en la eliminación de la contaminación microbiana, mientras que el control presentó la mayor incidencia de hongos y bacterias. No se observó brotación de los explantes a los diez días, sugiriendo la necesidad de mayor tiempo de establecimiento. La contaminación por hongos se encontró en todos los tratamientos con concentraciones de NaClO inferiores al 6%. Sin embargo, la contaminación bacteriana solo ocurrió en el control. La concentración de NaClO al 6% fue más efectiva en la desinfección superficial de yemas apicales de *T. diversifolia* ICACuba Oc-10, y en la eliminación de la contaminación microbiana por hongos y bacterias a los siete días de establecimiento *in vitro*.

Palabras clave*: contaminación, hipoclorito de sodio, micropropagación*

ABSTRACT

This study evaluated the efficiency of surface disinfection using sodium hypochlorite (NaOCl) and subsequent *in vitro* establishment of apical buds in *Tithonia diversifolia* ICACuba Oc-10, conducted at the Plant Biotechnology Laboratory, Faculty of Agronomy, Agrarian University of Havana. Apical buds from *T. diversifolia* ICACuba Oc-10 served as plant material in a completely randomized design with four treatments: 1%, 4%, and 6% NaOCl solutions plus a chlorine-free control. Variables assessed at seven days included percentage of contaminated explants, fungal/bacterial contamination incidence, and bud sprouting (measured at ten days during *in vitro* establishment). The 6% NaOCl treatment demonstrated highest microbial contamination elimination efficiency, while the control showed maximal fungal and bacterial incidence. No sprouting occurred at ten days, suggesting extended establishment requirements. Fungal contamination appeared in all treatments below 6% NaOCl, whereas bacterial contamination occurred exclusively in controls. The 6% sodium hypochlorite concentration proved most effective for surface disinfection of *T. diversifolia* apical buds and eliminated fungal/bacterial contamination by day seven of *in vitro* culture.

Keywords*: contamination, micropropagation, sodium hypochlorite*

INTRODUCCIÓN

Tithonia diversifolia (Hemsl.) A. Gray es una arbustiva de la familia Asteraceae que, por su facultad de adaptación a múltiples condiciones ambientales, edáficas y de manejo, capacidad de rebrote y rápido crecimiento, y alto valor y aporte nutricional, ha demostrado su potencial para la alimentación animal. Esta especie se propaga a través de semilla sexual y vegetativa, su composición nutricional muestra niveles elevados de proteína y carbohidratos solubles, bajo contenido de fibra detergente neutro, y niveles adecuados de minerales, su establecimiento en sistemas silvopastoriles y uso como abono verde puede mejorar las condiciones de fertilidad del suelo para aumentar la producción y rendimiento del pasto. Estas características le confieren alto potencial en la alimentación bovina, ya sea como recurso para ramoneo, procesado en harina o ensilado, para reducir los costos de producción en sistemas ganaderos (Londoño *et al.* 2019, Rivera-Herrera *et al.* 2021, Murgueitio 2023).

La variedad *T. diversifolia* ICACuba Oc-10 es el resultado del estudio de un grupo de materiales del arbusto *T. diversifolia* colectados en el Centro-Occidente del país para conformar una tecnología con aquellos más destacados para la producción de biomasa, respuesta al corte y pastoreo, y su evaluación en parámetros biológico y fisiológico de animales que se emplean para el desarrollo ganadero. Esta variedad tiene la capacidad de producir 13,1 y 3,67 t/ha MS/año como forraje o pastoreo respectivamente con 17 % de la misma en la estación seca. Su follaje presenta 19,7; 36,24; 15,48 y 73,2 % de proteína bruta, fibra detergente neutro, fibra detergente ácido y digestibilidad MS respectivamente. Además, reduce los microorganismos metanógenos en el rumen alcanzando valores de 16,2 x 10^9 ufc/mL metanógenos, lo cual permite mitigar las emanaciones de metano a la atmósfera (Ruíz *et al.* 2016, Ruíz *et al.* 2023).

Uno de los principales problemas que se presenta en la micropropagación es la presencia de contaminantes microbianos endógenos que pueden provocar la muerte de los tejidos vegetales, ya que compiten por los nutrientes y modifican el medio de cultivo (Nikoloff 2015). Al respecto, la desinfección superficial de los explantes y concentración del desinfectante pueden ser determinantes para el éxito de esta técnica. Entre las sustancias más utilizadas para la desinfección de explantes, en la micropropagación vegetal, se encuentra el hipoclorito de sodio (NaClO), debido a su bajo costo, fácil adquisición (producto comercial), menor efecto fitotóxico en los tejidos y bajo efecto negativo en la salud del operario (Ramírez Correa *et al.* 2014, Díaz *et al.* 2016).

En la actualidad existe un vacío en el conociendo sobre las fases del cultivo *in vitro* de *T. diversifolia*. La optimización de procedimientos para las etapas de desinfección y establecimiento *in vitro* son fundamentales para continuar con estudios de micropropagación, mejoramiento genético y conservación de germoplasma, por lo que el objetivo del siguiente estudio fue evaluar la eficiencia de la desinfección superficial con hipoclorito de sodio y el establecimiento *in vitro* de yemas apicales de *T. diversifolia* ICACuba Oc-10.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló en el Laboratorio de Biotecnología Vegetal de la Facultad de Agronomía en la Universidad Agraria de La Habana "Fructuoso Rodríguez Pérez" (UNAH), situada en el municipio San José de Las Lajas, provincia Mayabeque.

Material vegetal: se tomaron yemas apicales de la accesión *T. diversifolia* ICACuba Oc-10, con la misma edad de rebrote, y establecidas en el banco de semillas del Centro Experimental de Pastos y Forrajes "Miguel Sistachs Naya" del Instituto de Ciencia Animal, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, ubicado en los 22º 53 LN y los 82º 02 LO a 80 msnm.

Recolección y traslado: la recolección se realizó en el horario de la mañana (8:00 a 10:00 am), para ello se utilizó una tijera de jardinería, y un frasco con agua destilada y los antioxidantes ácido cítrico a 150 mg/L y ácido ascórbico a 100 mg/L. Posterior a la recolección se trasladó los explantes a temperatura ambiente, en el menor tiempo posible, hacia el laboratorio de Biotecnología.

Desinfección antes del flujo laminar: en el laboratorio se enjuagaron, las yemas apicales, con agua destilada y luego se lavaron con detergente comercial en agitación durante 5 min, posterior se enjuagaron tres veces con agua destilada.

Desinfección en el flujo laminar: el flujo laminar se desinfectó debidamente con etanol al 70% y se colocó una lámpara de luz ultravioleta encendida durante 30 min antes de comenzar la siembra. Los explantes se desinfectaron con etanol al 70% durante 1 min. Posterior, se le realizaron tres enjuagues con agua destilada estéril y se probaron diferentes concentraciones de hipoclorito de sodio durante 5 min de inmersión. Por último, se lavaron con suficiente agua destilada estéril antes de realizar la siembra.

Siembra y establecimiento *in vitro*: los explantes apicales se colocaron en frascos que contenían 25 mL de medio de cultivo basal Murashige y Skoog (1962), con 4,42 g/L, sacarosa a 30 g/L, 1 mg/L de 6-Bencilaminopurina (6-BAP), 2 mg/L de ácido naftalenacético (ANA), 2 mg/L de ácido indol-3-acético (AIA), y solidificado con agar a 10 g/L. Para evitar la fenolización del medio se les aplicó los antioxidantes ácido cítrico a 150 mg/L y ácido ascórbico a 100 mg/L. El pH se ajustó a 5,7 con hidróxido de sodio al 0,1N y ácido clorhídrico al 0,1N antes de la esterilización.

Los medios se esterilizaron en autoclave por espacio de 20 min a 121 ºC con 1 atm de presión, el almacenaron a temperatura ambiente por 72 horas antes de la siembra. Los utensilios que se emplearon en la implantación se esterilizaron en autoclave por espacio de 30 min a 121 ºC con 1 atm de presión. El experimento se estableció en cámara de crecimiento con una temperatura de 25 ±2 ºC, humedad relativa de 80-90 %, luz artificial con un fotoperiodo de 16 h luz e intensidad lumínica de 18,75 $\mu mol.m^{-2}s^{-1}$.

Tratamientos y diseño experimental: se empleó un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos compuestos por 1, 4 y 6 % de NaClO y un control sin hipoclorito de sodio. Cada tratamiento contó con tres repeticiones en las cuales se establecieron tres explantes por cada unidad experimental (frascos de vidrio).

Variables de análisis: después de transcurrido siete días del establecimiento *in vitro* se evaluaron las variables porciento de explantes contaminados, número de explantes contaminados por hongos, número de explantes contaminados con bacterias, y a los diez días el número de explantes brotados.

Análisis estadístico: se realizó análisis comparación de proporciones (chi -cuadrado), y se utilizó la dócima de Fisher para $p<0,05$ (Fisher y Yates 1958). Los datos se analizaron en el paquete estadístico ComparPro versión 1 (Font *et al.* 2007).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El comportamiento de la variable porciento de explantes contaminados, mostraron a los siete días, que el tratamiento control sin el uso del hipoclorito de sodio fue el de mayor contaminación por hongos y bacterias en explantes de *T. diversifolia* ICACuba Oc-10 (figura 1. a. y b.). El tratamiento con 6% NaClO fue el de mejor respuesta, ya que no presentó contaminación por microorganismos (figura 1. c.). Este último demostró una mayor efectividad en la reducción de la contaminación, lo que sugiere que el hipoclorito de sodio a esta concentración es más eficaz para la desinfección de los explantes.

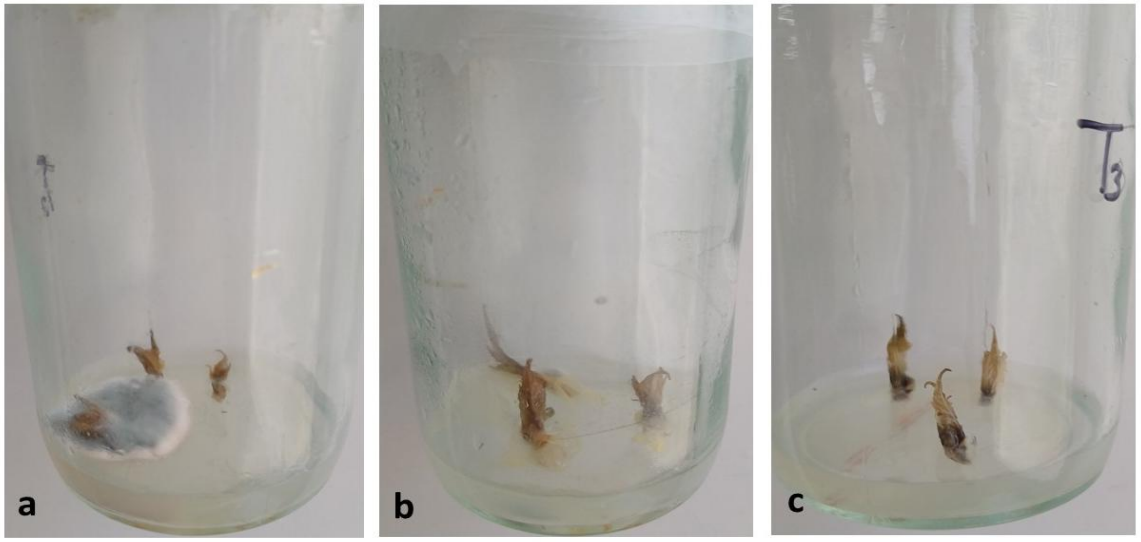


Figura 1. Explantes apicales de *T. diversifolia* ICACuba Oc-10 con siete días de establecimiento *in vitro*. a. Explantes contaminados por hongos en el tratamiento control. b. Explantes contaminados por bacterias en el tratamiento control. c. Tratamiento con 6% NaClO sin contaminación por macroorganismos

En los tratamientos con concentraciones inferiores a 6% de hipoclorito de sodio predominó la contaminación por hongos, la cual llegó hasta 42,86 % en los tratamientos control y 1% de NaClO (tabla 1), en contraste con la baja incidencia de contaminación por bacterias que solo se observó en el tratamiento control. Por otra parte, a los diez días de cultivo, no se observó la formación de brotes en ninguno de los tratamientos evaluados, lo que podría indicar que los explantes necesiten más tiempo en el establecimiento para comenzar a brotar las yemas apicales.

Tabla 1. Comportamiento de la variable número de explantes contaminados por hongos a los siete días de establecimiento *in vitro* de *T. diversifolia* ICACuba Oc-10

Concentraciones NaClO (%)	Número de explantes contaminados por hongos	%	EE y Signif.
0	3	42,86	±16,37 p>0,05
1	3	42,86	
4	1	14,29	
6	0	0	
Total	7	100	

Una desinfección eficaz es aquella en la que los explantes que han sido expuestos a bajas concentraciones de desinfectante, presentan tasas reducidas de contaminación microbiana y oxidación permitiendo el desarrollo de brotes (Alves *et al.* 2010). En este sentido, Ancasi *et al.* (2016), sugieren que la concentración del hipoclorito de sodio se debe encontrar entre 1 y 3 % para activar la diferenciación celular de los explantes y lograr una buena desinfección. Por otra parte, Díaz-Lezcano *et al.* (2025) plantea que las concentraciones superiores al 3 % de hipoclorito de sodio ocasionan daños fitotóxicos y la muerte de los tejidos del explante, lo que contrasta con los resultados obtenidos en el presente estudio, en los cuales se demuestra que se puede utilizar 6% de hipoclorito de sodio con 5 min de inmersión sin provocar la muerte del explante de *T. diversifolia*.

Las diferencias en el porcentaje de contaminación se deben en gran parte a la acción superficial del hipoclorito de sodio como agente desinfectante y a la presencia endógena de microrganismos contaminantes en los tejidos (Quezada *et al.* 2023). La contaminación de origen endógeno es una de las principales causas de pérdida de explantes en la etapa de establecimiento *in vitro*, especialmente si es de origen bacteriano, ya que se pueden alcanzar tazas de contaminación superiores al 90 % cuando se ha empleado hipoclorito de sodio al 1 % como agente desinfectante (Dutra y Silva 2009).

La obtención de explantes exentos de contaminantes es uno de los puntos críticos para el desarrollo de protocolos eficientes de micropropagación, debido a la presencia de agentes patógenos que contaminan los tejidos. La contaminación microbiana es uno de los problemas graves que limitan la extrapolación exitosa de las prácticas de cultivo de tejidos vegetales. Las fuentes de contaminación *in vitro* incluyen los recipientes de cultivo, los medios, los explantes, el cuarto de cultivo, el área de transferencia, y el personal operativo (Sivanesan *et al.* 2021). Es importante destacar que mientras más agresivo sea el protocolo de desinfección, se reduce la contaminación, pero los explantes resultan dañados severamente. El estrés provocado por la desinfección podría afectar y alargar la fase de establecimiento y la brotación de los explantes.

CONCLUSIONES

La concentración de hipoclorito de sodio al 6% fue más efectiva en la desinfección superficial de yemas apicales de *T. diversifolia* ICACuba Oc-10, y en la eliminación de la contaminación microbiana por hongos y bacterias a los siete días de establecimiento *in vitro*.

BIBLIOGRAFÍA

Alves, M. R., Rodrigues, M. D., de Oliveira, A. & da Rocha, F. (2010). *In vitro* establishment and callogenesis in shoot tips of Peach Palm. *Revista Caatinga*, 23(1): 40–44. ISSN: 1983-2125. http://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/sistema.

Ancasi, R., Montero, J., Ferreira, N. & Muñoz, I. (2016). Determinación un mejor medio de cultivo en la fase de establecimiento para la propagación *in vitro* de plátano (*Musa paradisiaca* L). *Journal of the Selva Andina Research Society*, 7(2): 104–111. ISSN: 2072-9294. http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=361346796008.

Díaz, L. M. I., Flor, B. B. A., Enciso, G. C. R. & González, S. L. R. (2016). El carbón activado y las condiciones de oscuridad en la micropropagación de banana variedad Nanicão. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 18(2): 140–146. ISSN: 0123-3475. http://dx.doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v18n2.55618.

Díaz-Lezcano, M. I., Pereira-Báez, K. D., Brítez -Moreira, J. R., Mongelós-Franc, J. Y. & Mussi-Cataldi, C. E. (2025). Efecto de la concentración del hipoclorito de sodio sobre la contaminación y oxidación de meristemas en la micropropagación de banano. *Reportes Científicos De La FACEN*, 14(2): 156–164. ISSN: 2222-145X. https://doi.org/10.18004/rcfacen.2023.14.2.156.

Dutra, L. F. & da Silva, N. D. G. (2009). Estabelecimento *In Vitro* de Erva-Mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.). Embrapa Clima Temperado, 215. ISSN: 1806-9193. Consultado 10 junio 2025. Disponible en: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/747440/1/comunicao215.pdf.

Fisher, R. A. & Yates, F. (1958). Statistical Tables for Biological, Agricultural and Medical Research. Ed. Oliver & Boyd, Edinburgh and London. p. 146.

Font, H., Noda, A., Torres, V., Herrera M., Lizazo D., Sarduy, L. & Rodríguez, L. (2007). ComparPro versión 1. Instituto de Ciencia Animal, Dpto Biomatemática.

Londoño, J., Mahecha, L. & Angulo, J. (2019). Desempeño agronómico y valor nutritivo de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A Gray para la alimentación de bovinos. *Revista colombiana de ciencia animal RECIA*, 11(1): 28-41. ISSN 2027-4297. https://doi.org/10.24188/recia.v11.n1.2019.693.

Menegazzo, R. F., Rickli, M. E., Menegazzo, A. W., Lopes, A. D., Manfio, C. E. & Koefender, J. (2019). *In vitro* multiplication of cassava varieties. *Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR*, 22(4): 101-107. ISSN: 1982-1131. https://doi.org/10.25110/arqvet.v22i4.7618.

Murgueitio, E. (2023). *Tithonia diversifolia*, una Asterácea diferente: su función en los sistemas sostenibles de producción agropecuaria. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 57: 1-9. ISSN: 2079-3480. https://www.cjascience.com/index.php/CJAS/article/view/1090/1437.

Nikoloff, N. (2015). No siempre sale todo bien... En: Plantas de probeta: manual para la propagación de plantas por cultivo de tejidos *in vitro*. Sharry, S. E., Adema, M. & Abedini, W. (eds). Ed. Universidad Nacional de La Plata (EDULP), Buenos Aires, Argentina. pp. 1-102. ISBN: 978-950-34-1254-1.

Quezada, M. A. E. & Almanza, L. L. C. (2023). Efecto de diferentes concentraciones y tiempos de inmersión de hipoclorito de sodio en el establecimiento *in vitro* de Asaí (*Euterpe precatoria* Mart). *Apthapi*, 9(3): 2572-2582. ISSN: 2519-9382. https://doi.org/10.53287/hayv6872nv19u.

Ramírez, C. L. A., Granados, M. J. E. & Carreño, G. N. E. (2014). Evaluación del efecto de tratamientos de desinfección con hipoclorito de sodio sobre segmentos nodales de *Guadua angustifolia* Kunth para el establecimiento del cultivo *in vitro*. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 5(1): 155-169. ISSN: 2145-6453.

Rivera-Herrera, J. E., Ruíz-Vásquez, T., Chará-Orozco, J., Gómez-Leyva, J. F. & Barahona-Rosales, R. (2021). Fases de desarrollo y propagación de ecotipos destacados de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 12(3): 811-827. https://doi.org/10.22319/rmcp.v12i3.5720.



Ruíz, T. E., Alonso, J., Febles, G. J., Galindo, J. L., Savón, L. L., Chongo, B. B., Torres, V., Martínez, Y., La O, O., Gutiérrez, D., Crespo, G. J., Cino, D. M. Scull, I. & González, J. (2016). *Tithonia diversifolia*: I. Estudio integral de diferentes materiales para conocer su potencial de producción de biomasa y calidad nutritiva. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 20(3): 63-82. ISSN: 2638-1716.

Ruíz, T. E., J. Febles, G., Alonso, J., Torres, V., Valenciaga, N., Galindo, J., Mejías, R. & Medina , Y. (2023). Comportamiento agronómico en pastoreo de materiales destacados de *Tithonia diversifolia* en Cuba*. Avances en investigación Agropecuaria*, 27(1): 136-145. ISSN: 2638-1716. https://doi.org/10.53897/RevAIA.23.27.26.

Sivanesan, I., Muthu, M., Gopal, J., De Shadma, T., Doo Hwan, K. & Wook Oh, K. (2021). A fumigation-based surface sterilization approach for plant tissue culture. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(5): 11. ISSN: 1660-4601. https://doi.org/10.3390/ijerph18052282.

TD-08. Evaluación de la biomasa aérea y la fitomasa subterránea de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray vc material 16 establecida a partir de semilla gámica y agámica

Evaluation of the aboveground biomass and underground phytomass of *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray vc material 16 established from gamic and agamic seed

I. Rodríguez García; C. Padilla Corrales; S. Lok Mejías; Y. Medina García; A. Lara Vinent; O. Dorta Orta y*

M. Sarmiento Menéndez

Departamento Pastos y Forrajes, Instituto de Ciencia Animal, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba. Apartado Postal 24, San José de las Lajas.

Correspondencia*: idalmisdoloresrodriguezgarcia@gmail.com y irodriguez@ica.edu.cu

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar la biomasa aérea y la fitomasa subterránea de *T. diversifolia* se estableció un experimento en la Dirección Científica Tecnológica y Productiva "Granja Guayabal" de la Universidad Agraria de la Habana. Se evalúo tres métodos de establecimiento: i) siembra por semilla gámica en campo, ii) siembra en bolsa de semilla gámica, luego trasplante al campo y iii) plantación con semilla agámica directa). Se realizó análisis de varianza, según diseño completamente aleatorizado en arreglo factorial 3*3 tres tratamientos y tres estratos y 3*2 tres tratamientos y dos épocas. Se realizó un estudio del tamaño de muestra y se evaluó la potencia (1-β) y todas las variables presentaron valores superiores a 0.95. La interacción fue significativa para la biomasa aérea y los períodos climáticos. En el periodo lluvioso se determinó diferencias entre los métodos de establecimiento evaluados, teniendo el peor comportamiento el de bolsa. Sin embargo, en el período poco lluvioso el establecido por semilla agámica presentó los valores más bajos. La evaluación de la fitomasa subterránea no presentó interacción y difiere entre los tratamientos teniendo un comportamiento inferior en las siembras realizadas por el método de bolsa. La fitomasa fluctúa desde 0.12 a 0.25 (g cm^{-3} de suelo). Se concluye que los métodos evaluados influyen en la fitomasa, siendo más desfavorable en las bolsas. Los valores obtenidos según la metodología de los cilindros y bajo condiciones de campo, constituyen una contribución al conocimiento del sistema radicular de esta especie. Se recomienda continuar profundizando en la contribución del sistema radicular y los posibles cambios que pueden ocurrir por el cambio climático.

Palabras clave: *botón de oro, raíz, establecimiento, biomasa subterránea, especies arbustivas*

ABSTRACT

In order to evaluate the aboveground biomass and belowground phytomass of *T. diversifolia*, an experiment was established at the Scientific, Technological and Productive Directorate "Granja Guayabal" of the Agrarian University of Havana. Three establishment methods were evaluated: i) sowing with gamic seed in the field, ii) sowing in a bag of gamic seed, then transplanting to the field and iii) planting with agamic seed directly. Analysis of variance was performed according to a completely randomized design in a 3*3 factorial arrangement, three treatments and three strata, and 3*2, three treatments and two seasons. A study of the sample size was carried out and the power (1-β) was evaluated, and all variables presented values greater than 0.95. The interaction was significant for aboveground biomass and climatic periods. In the rainy season, differences were determined between the establishment methods evaluated, with the bag method having the worst performance. However, in the dry season, the one established by agamic seed presented the lowest values. The evaluation of belowground phytomass showed no interaction and differed between treatments, with the bag method performing poorly. Phytomass ranged from 0.12 to 0.25 (g cm-3 of soil). It is concluded that the methods evaluated influenced phytomass, with the bag method having a greater impact. The values obtained using the cylinder methodology and under field conditions constitute a contribution to our understanding of the root system of this species. Further study of the contribution of the root system and the possible changes that may occur due to climate change is recommended.

Keywords: *buttercup, root, establishment, belowground biomass, shrub species*

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, con el desarrollo de la modelación y el uso de la inteligencia artificial, la demanda de información sobre las propiedades y la distribución espacial de los suelos es mayor. Según Parviz *et al*. (2024) la utilización de estas herramientas constituyen una opción eficaz para aumentar la precisión y de esta forma contribuir significativamente a la toma de decisiones ambientales y a la gestión del uso de los suelos.

Las investigaciones relacionadas con la fitomasa subterránea, de los pastizales y los bosques, contribuyen de manera significativa al conocimiento de las propiedades químicas y física del suelo. En las últimas décadas, la mayoría de estas investigaciones están relacionadas con la evaluación del secuestro de C orgánico (Villegas *et al*. 2021, Ayarza *et al*. 2022). Sin embargo, en estudios recientes (Schnabel *et al*. 2021, Dong *et al*. 2022) se demuestra la importancia del conocimiento de la relación parte áerea-subterránea y su influencia en la tolerancia a la sequía, diversidad y estabilidad de los agroecosistemas.



Teniendo en cuenta lo anterior, el objetivo de este trabajo es la evaluación de la biomasa aérea y la fitomasa subterránea de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray vc material 16 establecida por semilla gámica y agámica

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se desarrolló la Dirección Científica Tecnológica y Productiva "Granja Guayabal" de la Universidad Agraria de la Habana. La cual está situada a los 22º 54´44.94" latitud Norte y los 82º 00´38.34" longitud Oeste a 83 msnm, ubicado en el municipio de San José de las Lajas, Provincia Mayabeque, Cuba. El tipo de suelo es el Ferralítico Rojo Éutrico, de rápida desecación, arcilloso y profundo sobre calizas (Hernández *et al*. 2015).

Las semillas de *T. diversifolia* utilizadas proceden del Centro Experimental de Pastos y Forrajes "Miguel Sistachs Naya" del Instituto de Ciencia Animal. Se evalúo tres métodos de establecimiento: i) siembra por semilla gámica en campo, ii) siembra en bolsa de semilla gámica, luego trasplante al campo y iii) plantación con semilla agámica directa). La semilla gámica se obtuvo según la metodología propuesta por Padilla *et al*. (2018) y la agámica se cortó cuando esta alcanzó un color verde cenizo y el grosor del tallo fue de 2.23 cm promedio. La siembra se realizó el 3 de diciembre de 2020 por semilla gámica y agámica y en bolsa plásticas procedentes de vivero de 10 x 20cm, en surcos de 10 cm de profundidad para la semilla gámica y a 25 cm para la plantación por estacas y bolsas separados a 90 cm entre hileras y 0.70 m entre nidos.

En los tratamientos se garantizó igual cantidad de semillas o yemas por tallos. Así en cada área de muestreo se implantaron 35 nidos (nichos), que en cada uno se le depositaron cinco semillas llenas, una bolsa que también se le habían sembrado cinco semillas y un tallo con cinco yemas. En todos los tratamientos la siembra se realizó el mismo día, las bolsas procedentes del vivero fueron trasplantadas en el campo, después de 45 días con una altura de media de 30 cm

Se establecieron parcelas de 20 m^2 con cinco repeticiones para cada tratamiento. El experimento comienza cuando el área tenía un año de establecida (con un corte de establecimiento y dos cortes en el PLL). El muestreo se comienza en el primer corte del PPLL.

Procedimiento

Los muestreos se realizaron durante las dos estaciones climáticas (período lluvioso (PLL) mayo-octubre y período poco lluvioso (noviembre abril). Para lo cual se tomaron tres repeticiones por tratamientos. En el momento del muestreo se realizaron las evaluaciones de la parte aérea y subterránea.

Biomasa aérea: Se determinó el rendimiento de cada nicho evaluando el número de tallos/nicho, peso de MV y MS, la altura, hojas /plantas en un nicho por parcela. El rendimiento t MS ha^{-1} se determinó mediante el corte de la parcela total. En el plantón o nicho donde se evaluó la biomasa aérea se abrió una calicata para realizar la evaluación de la parte subterránea.

Fitomasa subterránea: Se determinó por el método descrito por Hernández *et al*. (1998). Para lo cual se abrió un perfil de suelo en cada nicho o plantón evaluado (Foto 1). Se tomaron tres nichos por tratamiento. Con una cinta métrica se evaluó la profundidad hasta donde se observó la existencia de raíces y posteriormente se colocaron los cilindros con base cortante, con volumen de 106,76 cm^{-3} (8.5 cm de longitud y 4 cm de diámetro) para extraer las raíces. Las muestras se trasladaron al laboratorio, en bolsas de nailon, para su posterior procesamiento.



Foto 1. A) Plantón o nicho seleccionado para el estudio. B). Evaluación de la profundidad de las raíces. C) Presentación de los cilindros para su posterior colecta.

Proceso de muestras en el laboratorio: Las muestras de biomasa de la parte aérea se procesaron separando hojas y tallos. Posteriormente se tomó una muestra de 200 g para determinar MS. La fitomasa de la parte subterránea: Todo el material se lavó en bolsa con paso de malla 0.1 mm con abundante agua. El material después de lavado y separado se colocó en estufa a 70 ºC durante más de 24 horas, y se determinó MS.

Análisis estadístico: Se comprobaron el cumplimiento de los supuestos teóricos de Análisis de Varianza normalidad y homogeneidad de los errores mediante las dócimas de Shapiro Wilk (1985) y Levene (1961) respectivamente, para las variables evaluadas (rendimiento (biomasa aérea, kg MS ha^{-1}, rendimiento (kg MS $nicho^{-1}$), biomasa subterránea, g cm^{-3} de suelo). Con los datos iniciales se realizó un estudio del tamaño de muestra y se evaluó la potencia (1-β), considerándose valores adecuados los superiores a 0.70. Aquellas variables que no se ajustaron a estos supuestos fueron analizadas por análisis de varianza no paramétrico de clasificación simple Kruskal Wallis (1952), y se aplicó la dócima de Conover (1999) para $p<0,05$. Se realizó análisis de varianza, según diseño completamente aleatorizado en arreglo factorial 3*3 tres tratamientos (semilla (gámica), vegetativa (agámica) y bolsas (semillas gámicas en bolsas y después trasladadas al campo) y tres estratos. Además, se evaluó según diseño completamente aleatorizado en arreglo factorial 3*2 tres tratamientos y dos épocas, en los dos casos donde la interacción fue no significativa se aplicó dócima de Duncan para $p<0,05$. La información se procesó con los paquetes estadístico infostat (Di Rienzo *et al*. 2012) y StatSoft (2003).

RESULTADOS

Tithonia diversifolia es un arbusto y es catalogada como una de las plantas proteicas, que mayor aceptación presenta entre los productores no sólo de Cuba sino de varios países latinoamericanos.

En Cuba, un grupo multidisciplinario de investigadores del Instituto de Ciencia Animal Padilla et al. (2023a), puso a disposición de los productores, académicos y para la comunidad científica internacional dos guías prácticas: una para la obtención de semillas gámica de *T. diversifolia* y otra para su establecimiento por esta vía. Posteriormente algunas de las investigaciones se dirigieron a demostrar la eficiencia de este método de establecimiento respecto a los demás métodos donde se utilizan bolsas o semillas agámicas ó estacas) (Báez Quiñones *et al*. 2023 y Padilla *et al*. 2023).

En la foto 2 se muestran algunas imágenes donde se puede apreciar las diferencias entre los métodos de plantación estudiados, así como el comportamiento del sistema radical de las plantas a los 45 días después de la siembra. Estas observaciones motivaron a establecer un protocolo de trabajo que dio origen a esta investigación. Padilla *et al*. (2025) exponen resultados de este experimento en estudios a más largo plazo con tres años de explotación.



Foto 2. A) Germinación y rebrote de la plantación según los tratamientos y
B) Imágenes del desarrollo radicular de muestras tomadas durante los primeros 45 días

La fitomasa subterránea es uno de los componentes de los sistemas agropecuarios menos estudiado. Por lo general, los métodos y/o procedimientos utilizados requieren de procesos y técnicas muy laboriosas por lo que es necesario tomar un número de muestras optimo, que permita detectar las diferencias significativas. Los resultados de la potencia de todas las variables estudiadas (tabla 1), fueron superiores a 0.95.

Biomasa aérea.

La interacción entre los diferentes métodos de establecimiento de la *T. diversifolia* y los períodos climáticos para las dos variables evaluadas de la biomasa aérea se puede apreciar en la figura 1. En el período lluvioso se determinó diferencias entre los tres métodos de establecimiento evaluados, teniendo el peor comportamiento el establecido mediante Bolsa. Sin embargo, en el periodo poco lluvioso el establecido por semilla agámica presentó los valores más bajos (A).

Tabla 1. Comportamiento de la potencia de las variables evaluadas (información inicial procesada)

Variables	Tratamientos			EE± p	Potencia (1-β)
	Semillas	Vegetativa	Bolsa		
Altura	124,89 [a]	110,00 [b]	111,56 [b]	2,45 p=0,0004	**0,97**
Biomasa total, kg de MV	1388,33 [a]	408,33 [c]	821,67 [b]	76,21 p=0,0003	**0,99**
Biomasa de Hoja, kg de MV	380,00 [a]	106,67 [c]	216,67 [b]	23,07 p=0,0005	**0,99**
Biomasa de Tallo, kg de MV	1008,33 [a]	301,67 [c]	605,00 [b]	60,41 p=0,0005	**0,99**
Biomasa total, kg de MS	391,62 [a]	120,67 [c]	217,29 [b]	17,64 p=0,0001	**1,00**
Biomasa de Hoja, kg de MS	80,18 [a]	22,33 [c]	43,20 [b]	4,42 p=0,0003	**1,00**
Biomasa de Tallo, kg de MS	311,44 [a]	98,34 [c]	174,08 [b]	18,18 p=0,0005	**0,99**

[a,b,c]: letras distintas en cada fila indican diferencias significativas para p<0,05 (Duncan 1955)

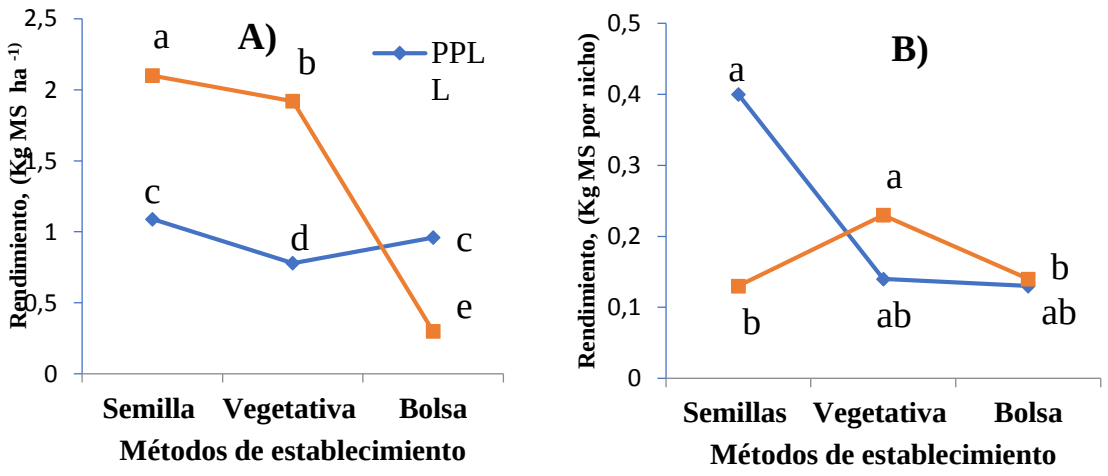


Figura 1. Rendimiento de la biomasa aérea. A) Calculado kg MS por ha y B) Calculado por nicho o plantón

[a,b,c]: letras distintas indican diferencias significativas para p<0,05 (Duncan 1955)

La interacción en el caso del rendimiento de biomasa por nicho (figura 1. B) está dada por un mejor comportamiento del rendimiento del tratamiento de semilla durante el PPLL aunque no difiere de la vegetativa en el PLL.

Fitomasa subterránea.

La evaluación de la fitomasa subterránea no presentó interacción entre los diferentes métodos de establecimiento de *T. diversifolia*, los períodos climáticos y los estratos evaluados.

El comportamiento de la fitomasa subterránea difiere (figura 2) entre los tratamientos teniendo un comportamiento inferior en las siembras realizadas por el método de bolsa. El total de la fitomasa de la *T. diversifolia* fluctúa desde 0.12 a 0.25 (g cm^{-3} de suelo).

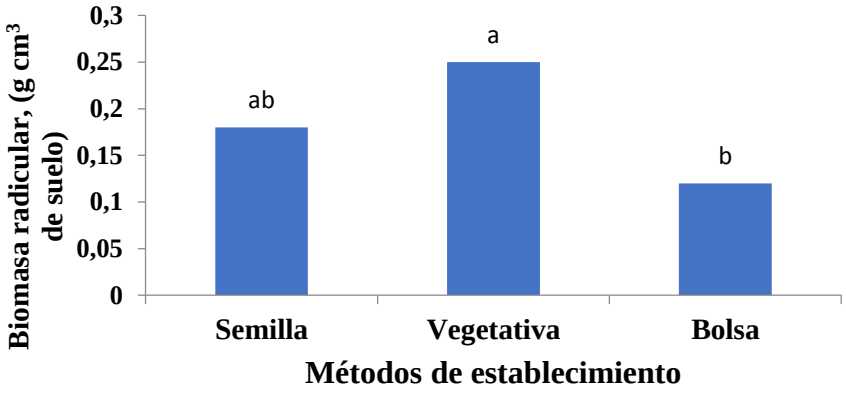


Figura 2. Comportamiento de la biomasa subterránea (g cm^{-3} de suelo) según los métodos de establecimiento.

^{a,b,c}: letras distintas indican diferencias significativas para p<0,05 (Duncan 1955)

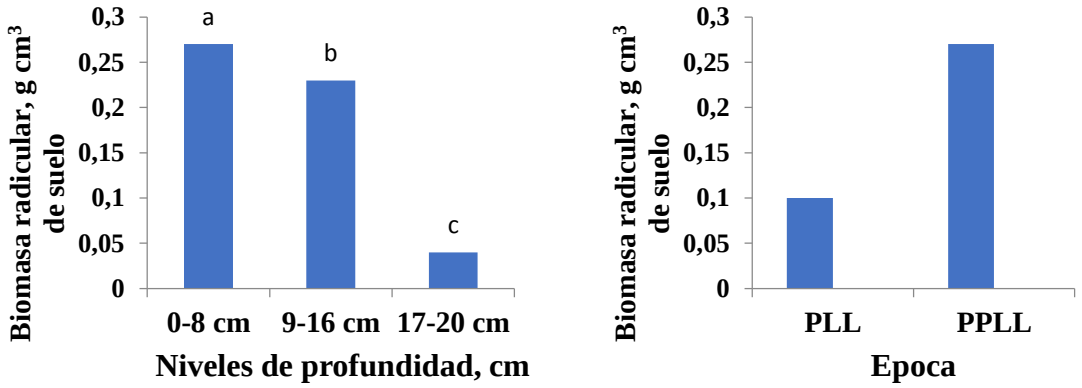


Figura 3. Comportamiento de la fitomasa subterránea (g cm^{-3} de suelo) A) según los estratos. B) según la época ó períodos climáticos. ^{a,b,c}: letras distintas indican diferencias significativas para p<0,05 (Duncan 1955)

En la figura 3. Se puede apreciar el comportamiento de fitomasa subterránea (g cm^{-3} de suelo) A) según los estratos. B) según la época ó períodos climáticos. Entre los primeros niveles de profundidad se presenta los mayores valores de fitomasa al igual que en el PPLL.

DISCUSIÓN

Los valores de biomasa aérea se corresponden con los valores obtenidos en otras investigaciones realizadas en condiciones edafoclimáticas muy similares a la de este estudio (Padilla *et al*. 2018)

En Colombia Phiri *et al*. (2003) evaluaron el efecto del establecimiento a partir de plántulas y esquejes de tallo vegetativo (estacas) de *Tithonia diversifolia* en las características de crecimiento de los brotes y las raíces, las asociaciones de micorrizas arbusculares (MA) y la adquisición y utilización de nutrientes. Estos autores determinaron diferencias entre los tratamientos a favor de las plántulas o siembras por semilla gámica, a diferencia de nuestros resultados.

Mustonen *et al*. (2014) evaluaron la eficiencia del uso de fósforo (P) en dos genotipos de *T. diversifolia* (Costa Rica y Colombia) bajo diferentes niveles de disponibilidad de P en el suelo. Este estudio evaluó la producción de biomasa, los cambios en la concentración de P en los tejidos, la absorción de P, la eficiencia de absorción y utilización de P y la biomasa y longitud de la raíz. Según estos autores se presentaron diferencias entre los genotipos, donde *T. diversofilia* de Colombia presentó una biomasa mayor ($P<0,05$), elevada concentración de P en el tejido y mayor longitud de la raíz, así como una absorción y utilización de P más efectiva cuando la disponibilidad de este nutriente era baja.

Estudios recientes de Mustonen y Oelbermann (2025), demuestran las diferencias entre los genotipos de *T. diversifolia* (costarricense, mexicano e indonesio) respecto a un grupo de variables evaluadas relacionadas con el contenido de ácidos orgánicos internos de bajo peso molecular, las características de las raíces y las asociaciones micorrízicas, y su papel en la adquisición de fósforo e impacto en la biomasa de los brotes.

Por otra parte en Brasil, Vagner *et al*. (2024) evaluaron dos métodos de propagación (semillas y esquejes de tallo) de *T. diversifolia* y cuatro niveles de saturación de cationes básicos (SBC) de 19 %, 39 %, 52 % y 63 %, en estudios en invernadero. En este caso, determinaron una mayor producción de biomasa de raíces y brotes en las plantas propagadas por tallos en comparación con las propagadas por semillas y según estos autores los niveles de saturación no interfirieron en esta respuesta.

Como se puede apreciar no existe uniformidad en los resultados de la comparación entre los diferentes métodos de establecimiento. Lo cual puede estar asociado a los diferentes momentos evaluados y a las condiciones del estudio (realizado directamente en el campo o invernadero). En este caso la evaluación se realizó directamente en el campo y a los 365 días de establecida la plantación después del corte de establecimiento y dos cortes en el PLL.

De igual forma los valores de fitomasa subterránea obtenidos no se corresponden con los obtenidos Vagner et al (2024) (12.5 a 24 g macetas^{-1}) ya que en este caso la información brindada es por macetas y se desconoce el volumen de la misma.

En ecosistemas de pastizales de gramíneas también se señalan valores de biomasa subterránea contrastantes entre las especies (erectas, rastreras, macollosas) ya sean pastos naturales o mejorados. En este sentido Rodríguez *et al*. (2013) evaluaron siete agroecosistemas, con especies naturales, mejoradas y forrajeras, y determinaron que los valores de fitomasa subterránea variaron desde 570.52 a 4067.00 (g.m^{-2}) en la capa de 0-10 cm. Según estos autores el mayor porcentaje de los componentes subterráneos se acumula en la capa de suelo 0-5 cm.

Acosta et al., 2023 resaltan el uso de especies mejoradas para incrementar el nivel de exploración del sistema radicular en los agroecosistemas. Así como, Sarto *et al*. (2020) destacan la importancia de la inclusión de especies arbustivas en los sistemas ganaderos, para incrementar el contenido de carbono en las capas más profundas del suelo.

La fluctuación entre la fitomasa subterránea y aérea con la estación climática está ampliamente avalado en la literatura científica. Hernández *et al*. (1998) y Hernández y Sandrino (2000) coinciden en señalar, en el caso de las gramíneas, que la relación puede fluctuar con valores de máximos entre 1.53 – 4.19 g m $^{-2}$ durante el PPLL y valores mínimos de hasta 0.23 g.m^{-2} en el PLL. Santana et al. (2024) estudiaron, en el municipio de Petrolina, estado de Pernambuco, Brasil, la biomasa de raíces de gliricidia (*Glricidia sepium*) y el pasto buffel *(Cenchrus ciliaris* L.) y reportan valores entre 25 y 24,4 Mg ha^{-1}.

Investigaciones recientes, basándose en el conocimiento empírico y en los modelos de vegetación, analizaron los avances recientes de la función subterránea de los bosques tropicales Cusack *et al*. (2024). Estos autores centraron una parte de sus investigaciones en las estrategias de las raíces finas para la exploración de los recursos edáficos y resaltan la importancia de las mismas frente a los desafíos del cambio climático. Según Rojas Botero *et al*. (2023) un clima más cálido y rico en CO_2 favorecerá las estrategias radiculares conservadoras, es decir, tejidos duraderos y una exploración más profunda del suelo, mientras que el estrés hídrico promueve raíces más gruesas para evitar daños vasculares. Sus resultados muestran que los cambios en la biomasa subterránea, en caso de las gramíneas, son menos evidentes.

CONCLUSIONES

Se concluye que los métodos de establecimiento evaluados influyen en la fitomasa subterránea, siendo más desfavorable en el caso de las Bolsas. Los valores obtenidos según la metodología de los cilindros y bajo condiciones de campo constituyen una contribución al conocimiento del sistema radicular de esta especie. Se recomienda continuar profundizando en la contribución del sistema radicular y los posibles cambios que pueden ocurrir por el cambio climático.

BIBLIOGRAFÍA

Ayarza, M., Raob, I., Vilelac, L., Lascano, C and Vera-Infanzóne, R.2022.Soil carbon accumulation in crop-livestock systems in acid soil savannas of South America: A review. *Advances in Agronomy*. https://doi.org/10.1016/bs.agron.2022.02.003.

Báez Quiñones, N., Padilla, C., Rodríguez, I., Ruiz, T. E. 2023. Economic analysis of the production of gamic seed of *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray in Cuba. Nota Técnica. Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales, Vol. 11(1): 75–82 75: https://doi.org/10.17138/TGFT. https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20230434341.

Conover, W. 1999. Practical Nonparametric Statistics. John Wiley & Sons, Inc., New York. 3rd ed. 584 p. https://orion.sfasu.edu/courseinformation/syl/201202/MTH4752.pdf.

Contreras-Santos, J.L., Falla-Guzmán., Cindy Katherine., Rodríguez, J. L., Fernando-Garrido, J., Martínez-Atencia, Judith., Aguayo-Ulloa, Lorena. 2023. Carbon stock in silvopastoral systems: A study in the Middle Sinú, Colombia. *Agronomía mesoamericana*, 34(1): 49138. e-ISSN 2215-3608, https://doi.org/10.15517/am.v34i1.49138.

Cusack, D.F.B., Christoffersen, C. M. Smith‐Martin, et al. 2024. To‐ ward a Coordinated Understanding of Hydro‐Biogeochemical Root Functions in Tropical Forests for Application in Vegetation Models. *New Phytologist*, 242(2): 351–371. https://doi.org/10.1111/nph.19561.

Di Rienzo, J.A., Casanoves, F., Balzarini, M.G., González, L., Tablada, M. & Robledo, C.W. 2012. INFOSTAT. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Available: http://www.infostat.com.ar.

Dong, L., Wang, J., Li, J., Wu, Y., Zheng, Y., Zhang, J., Li, Z., Yin, R., Liang, C.2022. Assessing the impact of grazing management on wind erosion risk in grasslands: A case study on how grazing affects aboveground biomass and soil particle composition in Inner Mongolia. *Global Ecology and Conservation*, https://doi.org/10.1016/j.gecco.2022.e02344.

Duncan, D.B. 1955. Multiple Range and Multiple F Tests. *Biometrics*, 11(1):1–42. https://doi.org/10.2307/3001478. http://176.9.41.242/doc/statistics/1955-duncan.pdf

Gong, X., Wang, Y., Zhan, T., Wang, C., Li, C., Liu, Y. 2023. Advances in Meta-Analysis of the Effects of Grazing on Grassland Ecosystems in China. *Agriculture*, 13, 1084. https://doi.org/10.3390/agriculture13051084.

Hernández, A., Pérez, J. M., Bosch, D., Castro, N. 2015.Clasificación de los suelos de Cuba. Mayabeque, Cuba: Ediciones INCA, 93 p., ISBN: 978-959-7023-77-7 http://ediciones.inca.edu.cu/files/libros/clasificacionsueloscuba_%202015.pdf

Hernández, L. & Fiala, K. 1992. Root biomass dynamics in the savanna community of Paspalum notatum in Cuba. Ekologia (CSFR). 11:166.

Hernández, L. y Sandrino, B. 2002. Comportamiento de los componentes de la fitomasa y su relación con el funcionamiento de los ecosistemas con diferentes formas de manejo en áreas del IIPF "Niña Bonita", Cuba. a) Los componentes de la fitomasa en un pastizal con predominio de *Panicum maximum*. Inf. Parcial Proy. IES/CITMA.https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso/index

Hernández L., Sánchez J. A. y Lazo, J. 1998. Caracterización espacial de la biomasa subterránea en pastizales del Instituto de Ciencia Animal Inst. Cienc. Animal, La Habana, Cuba. *Acta Botánica* No. 116: 1-7.

Hernández, L., Sánchez J.A. & Lazo, J. 1998. Caracterización espacial de la biomasa subterránea en pastizales del Instituto de Ciencia Animal. Acta Botánica cubana. No 116. Instituto de Ecología y Sistemática, La Habana.

Kruskal, W. H & and Wallis, W. A. 1952. Use of ranks in one-criterion variance analysis. *Journal of the American Statistical Association*, 47 (260): 583–621.

Levene, H. 1960. Robust tests for the equality of variance. Contributions to Probability and Statistics. Stanford Univesity Press.pp.278-292.

Mustonen J; Oelbermann M.& Kass D.C.L 2014 Biomass Production and Phosphorus Use Efficiency in Two *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray Genotypes. *Journal of Plant Nutrition*, · June 2015. http://dx.doi.org/10.1080/01904167.2014.957397.

Mustonen, J.,P.S., Oelbermann, M. 2025. The role of organic acids, root characteristics and fungal interactions in phosphorus acquisition in *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A.. *Agroforestry Systems,* 99, 43. https://doi.org/10.1007/s10457-025-01148-1.

Padilla, C., Rodríguez, I., Ruiz, T. E., Medina, Y y Baez, N. 2023. Effect of different mulch levels on germination, survival, and establishment of *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray. vc ICACUBA Oc-10, planted with gamic seeds under field conditions. *Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales*, 11(1): 31–40. https://doi.org/10.17138/TGFT(11)31-40. https://www.tropicalgrasslands.info/index.php/tgft/article/download/1220/554

Padilla, C., Rodríguez, Idalmis., Cino, Delia María., Ruiz, T. E., Lara, A., Rodríguez, A., Berrio, I., Báez Quiñones, Nadia y Medina, Yolaine. 2025. Evaluación técnica y análisis de los principales costos directos de la propagación de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray material 16 a partir de semilla gámica y agámica en la fase de establecimiento. *Livestock Research for Rural Development*, 37. https://www.researchgate.net/profile/Idalmis-Garcia/publication/389593544.

Padilla, C., Rodríguez, Idalmis., Ruíz, T.E., Herrera, Magalis. 2018. Determinación del mejor momento de cosecha de semilla gámica, *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray. *Livestock Research for Rural Development*, 30 (4):71. bit.ly/3Gz8Krb. https://www.researchgate.net/profile/Idalmis-Garcia/publication/324413404.

Padilla, C, Rodríguez, Idalmis. D., Ruiz, T.E, Báez Quiñones, Nadia., Medina, Yolaine., Herrera, Magaly. 2023a. Bases científico técnicas para la producción de semilla, siembra y establecimiento de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray por vía gámica en Cuba. *Revista Anales de la academia de Ciencia de Cuba*, 13 (2).

Parviz, L., Azizi, N & Kafili-Golgasem, M. 2024. Spectral analysis-artificial intelligence model with spatial variables for some soil chemical properties estimation. *Water and Soil Management and Modeling*, 4(3), 321-338. https://doi.org/10.22098/mmws.2023.13308.1321.

Rodríguez, Idalmis., Hernández, L., Crespo, G., Sandríno Bertha and Fraga S. 2013. Performance of the below ground root biomass in different grasslands of Mayabeque province, Cuba. *Cuban Journal of Agricultural Science*, Volume 47, Number 2, p. 201

Schnabel, F., Xiaojuan, Liu., Matthias, Kunz., Kathryn, E., Barry, Franca. Bongers, J., Helge, Bruelheide., Andreas, Fichtner., Werner, Härdtle., Shan, Li., Claas-Thido, Pfaff., Bernhard, Schmid., Julia. A. Schwarz, Zhiyao, Tang., Bo, Yang., Jürgen, Bauhus., Goddert von Oheimb., Keping, Ma., Wirth, C.2021. Species richness stabilizes productivity via asynchrony and drought-tolerance diversity in a large-scale tree biodiversity experiment. *Science Advances*, · https://doi.org/10.1126/sciadv.abk1643.

Shapiro, S.S., Wilk, M.B. 1965. An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika*, 52(3-4): 591– 611. https://doi.org/10.2307/2333709.

StatSoft, Inc. 2003. STATISTICA (data analysis software system), version 7. www.statsoft.com.

Villegas, D.M., Bastidas, M., Matiz-Rubio, N., Ruden, A., Rao, I., Hyman, G., Arango, J., Baedeker, T., Conda, L., Ramírez, Díaz M., Teillard, F., Costa, Jr, C. 2021. Soil carbon stocks in pasture systems in Colombia's Oronoquia's region: supporting readiness for climate finance. CCAFS Info Note. Wageningen, The Netherlands: CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS).

Vagner, O., Pérez-Márquez, S., Lanzoni, Rossi Mônica., Pinheiro Martinelli, Adriana, Lavres, J., Louvandini, H y Abdalla. L. 2024. Unveiling the aluminum tolerance by *Tithonia diversifolia* grown in acid soil: Insights from morphological, anatomical, and nutritional analysis. *Land Degradation & Development*, 1–15. https://doi.org/10.1002/ldr.5170.

TD-09. Tratamientos germinativos de semilla gámica de *Tithonia diversifolia (Hemsl.) Gray* para su uso en la alimentación animal

Germination treatments of *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray gamy seed for use in animal feed

A. Lara; C. Padilla; I. Rodríguez; T.E. Ruiz; O. Orta y L. Sarduy*

Departamento Pastos y Forrajes, Instituto de Ciencia Animal, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba. Apartado Postal 24, San José de las Lajas.

Correspondencia***:** padilla4303@gmail.com y cpadilla@ica.edu.cu

RESUMEN

Se estudió el efecto de temperaturas fijas, alternas y humedecimiento con agua corriente en la germinación. Se usó un diseño experimental de bloques al azar para evaluar la germinación de 0-10 ,11-20 ,21-30 días y la total y un arreglo factorial 3x5 para los periodos de 0-5,6-10y 11-15 días con 4 réplicas. Los tratamientos consistieron en someter las semillas antes de la siembra a: 1.-Durante 24 horas a 40 ^{0}C, 2- Durante 24 horas 9 ^{0}C, 3.- Durante 24 horas a 40 ^{0}C y luego durante 24 horas a 9 ^{0}C, 4.-Humedecer con agua corriente 24 horas y 5.-Control .Las variables analizadas fueron: Porcentaje de germinación de 0-10 ,11-20 ,21-30 días y la total y los periodos de 0-5,6-10 y 11-15 días. Para la frecuencia de 5 días hubo interacción significativa (P<0,0001) donde la mayor porcentaje de germinación (52,5%) se produce en las semillas tratadas con agua corriente en el intervalo de 6-10 días. Las menores (P<0,05) se logran en el intervalo de 11-15 días sin diferencias con el de 0-5 días en las semillas tratadas con agua corriente. Excepto en el tratamiento con agua, la germinación fue mejor entre 0 y 5 días que oscilo entre 41 y 44%. No hubo diferencias significativas entre tratamientos para los tres intervalos de 10 días y la germinación total (78-86 %).Se concluye que no se detectó latencia en las semilla y se logran altos % de germinación en a los 30 días de la cosecha. Las pruebas de germinación pueden reducirse a 21 días

Palabras clave: *botón de oro, latencia, semilla gámica, tratamientos germinativos, dormancia*

ABSTRACT

The effect of fixed and alternating temperatures and tap water humidification on germination was studied. A randomized block design was used to evaluate germination from 0-10, 11-20, 21-30 days and total germination, and a 3x5 factorial design was used for the 0-5, 6-10, and 11-15 day periods with 4 replicates. The treatments consisted of subjecting the seeds before sowing to: 1.-For 24 hours at 40 0C, 2- For 24 hours at 9 0C, 3.- For 24 hours at 40 0C and then for 24 hours at 9 0C, 4.-Moisten with running water for 24 hours and 5.-Control. The variables analyzed were: Germination percentage of 0-10, 11-20, 21-30 days and the total and the periods of 0-5, 6-10 and 11-15 days. For the 5-day frequency, there was a significant interaction (P<0.0001), with the highest germination percentage (52.5%) occurring in seeds treated with tap water between 6 and 10 days. The lowest (P<0.05) was achieved between 11 and 15 days, with no differences compared to the 0-5 day interval for seeds treated with tap water. Except for the water treatment, germination was best between 0 and 5 days, ranging from 41 to 44%. There were no significant differences between treatments for the three 10-day intervals and for total germination (78-86%). It is concluded that no dormancy was detected in the seeds, and high germination percentages were achieved 30 days after harvest. Germination tests can be reduced to 21 days.

Keywords: *buttercup, dormancy, gamy seed, germination treatments, dormancy*

INTRODUCCIÓN

La obtención de semillas de calidad semilla gámica de botón de oro hoy día no constituye un problema resuelto Ello se fundamenta que es una planta hermafrodita,(Pérez et al. 2009),ello se agrega la presencia de dos tipos de morfología en los aquenios de las cabezuelas con diferencias de peso y germinación que inciden en la germinación y desarrollo de las plántulas (Santos-Gally *et al*. 2020),algunos investigadores reportan que las semillas tienen dormancia (Agboola *et al*. 2006, Santos-Gally *et al*. 2020) sin embargo otros consideran la no existencia de latencia en las semillas de botón de oro (Baskin y Baskin (1998). Se considera que es una planta invasora en África (Agboola *et al*. 2006). En algunos estudios consideran bajos los porcentajes de germinación menores a 40 % (Peters *et al*. 2002, Saavedra *et al*. 2011, Muoghalu y Chuba 2005) y otros como aceptables entre el 60 y 90 % (Ruiz *et al*. 2018, Padilla *et al*. 2020, Rodríguez *et al*. 2020, Santo Gally *et al*. 2020). Lo anterior demuestra la complejidad de la producción de semilla gámica de esta especie. Así como la necesidad de optimizar los procesos de germinación para propiciar la siembra y establecimiento del botón de oro por esta vía.

Lo anterior indica que aún existen muchas incógnitas en precisar la calidad de la semilla de Tithonia y la existencia o no de latencia de los aquenios. Ante esta problemática el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de temperaturas fijas, alternas y humedecimiento con agua corriente en la germinación de *Tithonia diversifolia.*

MATERIALES Y MÉTODOS

El lote de semilla utilizado se recolecto, en el Centro Experimental de Pastos y Forrajes "Miguel Sistachs Naya" del Instituto de Ciencia Animal, ubicada en el municipio de San José de las Lajas, actual provincia de Mayabeque, Cuba, situada a lo 23º55 LN y a los 82º00 LW a 92 msnm.). La prueba de germinación fue montada en el laboratorio de semilla de este centro

de investigación al mes después de realizada la cosecha bajo condiciones del laboratorio a temperatura ambiente (26-28 ° C) y luz natural.

Tratamiento y diseño. Se usó un diseño experimental de bloques al azar para para evaluar la germinación de 0-10 ,11-20 ,21-30 días y la total de los 30 días y un arreglo factorial 3x5 para los periodos de 0-5,6-10y 11-15 días y el otro factor fue los tratamientos a la semilla de temperaturas fijas, alternas y humedecimiento con agua corriente en la germinación. En ambos caso se emplearon 4 réplicas.

Procedimiento: La semilla se cosecho en noviembre de 2019, según el mejor momento de cosecha determinado por Padilla *et al*. (2018) y Padilla *et al*. 2020), para esta especie. Posterior a la cosecha las semillas llenas fueron separadas por un equipo de aire forzado (Modelo CB2001 Marca OEM, Inc) y posterior se precisó de forma manual para confirmar que estaban formadas (llenas) empleando pinzas y con apoyo de un microscopio estereoscópico.

Los tratamientos consistieron en someter las semillas antes de la siembra a;1.-Durante 24 horas a 40 ^{0}C, 2- Durante 24 horas 9 ^{0}C, 3.- Durante 24 horas a 40 ^{0}C y luego durante 24 horas a 9 ^{0}C, 4.-Humedecer con agua corriente 24 horas y 5.- Control. La prueba de germinación fue montada en el laboratorio de semilla de este centro de investigación en diciembre de 2019, al mes después de realizada la cosecha, bajo condiciones de laboratorio a temperatura ambiente (26-28 ° C) y luz natural.

El porcentaje de germinación para cada tratamiento se evaluó durante un mes (0-10, 11-20 y 21-30 días) y (0-5,6-10 y 11-15 días, mediante prueba de germinación, poniendo 100 semillas llenas por placa de Petri y cuatro réplicas como lo indica la norma del International Seed Testing Association (2015). Se utilizó un sustrato de algodón que se humedecía con agua destilada en días alternos para mantener una adecuada humedad del sustrato. La germinación se midió con una frecuencia de cada 5 días, arrancando las semillas del sustrato de algodón y garantizando que las plántulas fueran separadas integralmente de las placas de petri.

Se analizaron los supuestos teóricos del ANAVA homogeneidad de varianza por la dócima Levene (1960) y la normalidad de los errores por la dócima Shapiro-Wilk (1965) para los residuos de las variables originales: % de germinación de las semillas llenas y cumplieron dichos supuestos por lo que no fue necesario aplicar ninguna transformación, posteriormente se realizó análisis de varianza según diseño de bloques ala azar con arreglo factorial o no y se aplicó dócima de Duncan (1955) para P<0,05. Se utilizó el paquete estadístico Infostat (2012).

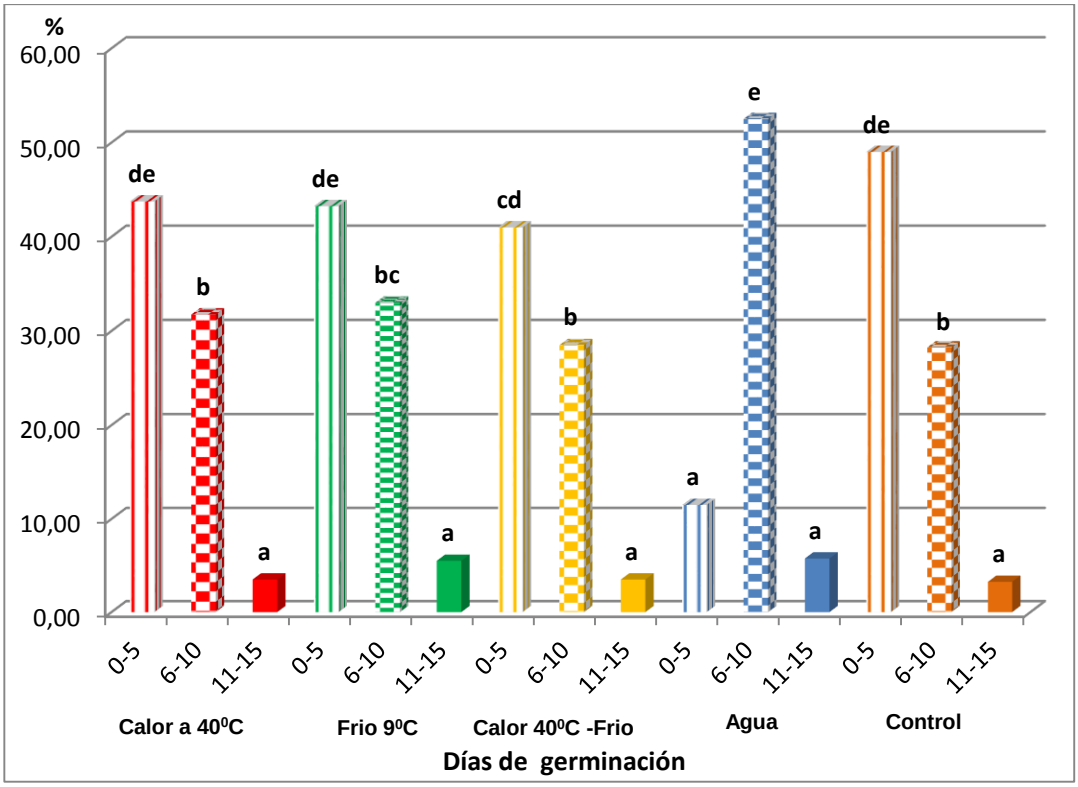
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cuando se evaluó la germinación con frecuencia de 5 días (tabla 1) hubo interacción significativa (P<0,0001) donde la mayor porcentaje de germinación se produce cuando las semillas son sometidas al humedecimiento con agua corriente en el intervalo de 6-10 días, sin diferencias con los intervalos de 0-5 días cuando las semillas fueron tratadas con 9 ° C, 40 ° C durante 24 horas y el control. Los menores (P<0,05) porcentajes de germinación en todos los tratamientos se producen en el intervalo de 11-15 días sin diferencias con el intervalo de 0-5 días cuando las semillas fueron tratadas con agua corriente durante 24 horas. En la figura 1 se evidencia claramente este comportamiento. Si a ello añadimos que para los intervalos superiores de 16-20 días hasta los 30 que duro la prueba de germinación fue cero por ciento nos indica que para esta especie no será necesario prolongar las pruebas de germinación a más de 21 días.

Tabla 1. Efecto de temperaturas fijas, alternas y humedecimiento en el % de germinación a intervalos de 5 días

Tratamientos	Tiempo de germinación, días			EE± y sign
	0-5	6-10	11-15	
24 horas a 40 ºC	43,75 ^{de}	31,75 ^{b}	3,50 ^{a}	3,06 P<0,0001
24 horas a 9 ºC	43,25 ^{de}	33,00 ^{bc}	5,50 ^{a}	
24 horas a 40 ºC y 24 horas a 9 ºC	41,00 ^{cd}	28,50 ^{b}	3,50 ^{a}	
Agua 24 horas	11,50 ^{a}	52,50 ^{e}	5,75 ^{a}	
Control	49,00 ^{de}	28,25 ^{b}	3,25 ^{a}	

a, b, c, d, e: letras distintas difieren a P<0,05



a, b, c, d, e: letras distintas difieren a P<0,05(Duncan 1955)

Figura 1. Efecto de temperaturas fijas, alternas y humedecimiento en el % de germinación a intervalos de 5 días

Cuando se evaluó el comportamiento de la germinación por un periodo de 30 días a intervalos de 10 días (tabla 2) no hubo diferencias significativas entre tratamientos para los tres intervalos y la germinación total. No obstante a la no repuesta de los tratamientos impuestos para detectar la existencia de dormancia en la semilla de Tithonia resulta interesante el alto % de germinación total que oscilo entre76 y 84 %, destacándose que en los primeros 10 días logro germinar entre el 67 y el 75 % de las semillas (figura 2), además que se precisa la pobre germinación para el intervalo de 20 – 30 que fue insignificante lo que no justica alargar las pruebas de germinación por más de 21 días. Cuando se evaluó la germinación a intervalo de 5 también se confirma, pues excepto en el tratamiento con agua corriente, en los demás el mayor porcentaje de germinación (41-49 %) se evidencio en el periodo de 0-5 días. Ello puede ser asumido como que las semillas de esta especie tiene una alta energía de germinación y vigor lo que favorece su establecimiento, pues ello propicia que estas logran germinar primero que las arvenses lo que favorece los jóvenes plántulas en la competencia que se origina en el nicho ecológico por agua, luz y nutrientes en los ecosistemas de pastizales. Estos criterios son avalados por otros investigadores para otras especies de pastos. De igual forma Wang et al., (2008) determinaron un mayor porcentaje de germinación durante los primeros 5 días en las semillas colectadas de 5 regiones de la provincia de Yunnan en China. Por otra parte, Padilla *et al*. (2020) señalan que el porcentaje de germinación de las semillas, en el periodo de 0-10 días, fue siempre superior en los diferentes momentos evaluados, lo cual coincide con los resultados de esta investigación.

El comportamiento anómalo en cuanto al bajo porciento de germinación de 11,5% alcanzado en el intervalo de 0-5 días y el de 52,5 % para el de 6-10 días pudiera estar dado por que la cubierta de del embrión proteja la absorción del agua en los primeros 5 días, como un sistema de defensa que tienen algunas plantas para logra la supervivencia evitando la germinación cuando aún las precipitaciones son erráticas al inicio del periodo lluvioso en áreas tropicales .Sin embargo, si logra la mejor germinación en los primeros 10 días posteriores a la siembra con un 64% de germinación que se considera exitoso como preámbulo de un buen establecimiento para el botón de oro como se aprecia en la tabla 1 y 2. Santos Gally *et al*. (2020) en México encontró beneficios cuando sometió las semillas al humedecimiento con agua por un periodo mayor e indicó además que los resultados encontrados muestran que el pericarpio es un rasgo permeable al agua en aquenios heteromórficos de *T. diversifolia*. Además precisa que después de 48 h de imbibición de agua, los aquenios centrales y periféricos mostraron una absorción de agua similar, casi doblando su peso. En otras plantas proteicas como la *Moringa oleifera* el humedecimiento con agua corriente durante 24 horas incrementa la germinación (Padilla *et al*. 2014), esta práctica se usó por Wen 2015 para mejora la germinación de la Tithonia. También es una práctica exitosa y tradicional por los campesinos para activar la germinación en semilla gámica y agámica en muchas especies en Cuba y otras regiones del mundo.

Si bien es cierto que la comunidad científica ha logrado avances en los estudios de la germinación de esta especie aún todo no está resuelto. Precisamente en cuanto a si las semillas de *Tithonia diversifolia* presentan algún tipo de latencia no hay coexistencia, pues (Agboola *et al*. 2006, Wem 2015, Santos Gally *et al*. 2020) indican que las semillas de esta especie presentan dormancia, otros como (Mattar 2019, Rodríguez *et al*. 2020) muestran que esta especie no presentan latencia. A ello se agrega que no hay coincidencia tampoco en relación a la germinación, pues algunos investigadores reportan que esta especie tiene baja germinación informado valores entre 25 -35 % (Peters *et al*. 2002, Saavedra *et al*. 2011, Muoghalu y Chuba 2005) Otros logran valores elevados que oscilan entre el 50- 90% de germinación (Padilla *et al*. 2020, Santos-Gally *et al*. 2020).

La no repuesta a los tratamientos impuestos para determinar la presencia de dormancia en el lote seleccionado pudo estar dado en alguna medida a la calidad de las semillas empleadas que fueron cosechadas en el momento que se produce el mayor flujo masivo de floración en Cuba al final del periodo lluvioso (Octubre-noviembre) y que fueron cosechadas en el momento óptimo según metodología de (Padilla *et al*. 2018, Padilla *et al*. 2020) que garantizan que las semillas empleadas habían alcanzado su desarrollo fisiológico en el momento de la cosecha y estaban completamente formadas ,además que fueron rigurosamente seleccionadas. En este sentido Mattar (2019) en el estado de Minas de Gerais Brasil, cuando cosecho semillas de Tithonia en el momento óptimo y almacenado adecuadamente, también encontró altos porcentajes de germinación y no detecto presencia de dormancia en la semilla de esta especie.

Tabla 2. Efecto de temperaturas fijas, alternas y humedecimiento en el % de germinación a intervalos de 10 días

Tiempo de germinación, días	Tratamientos					EE± sign
	40 ° C	9 ° C	40 ° C -9 ° C	Agua	Control	
0-10	75,50	76,25	69,50	67,00	77,25	3,45 P=0,2056
10-20	4,25	7,25	5,50	7,75	4,00	1,16 P=0,1344
20-30	0,25	0,50	1,00	4,00	0,25	1,56 P=0,4214
Total	80,00	84,00	76,00	78,75	81,50	3,50 P=0,5891

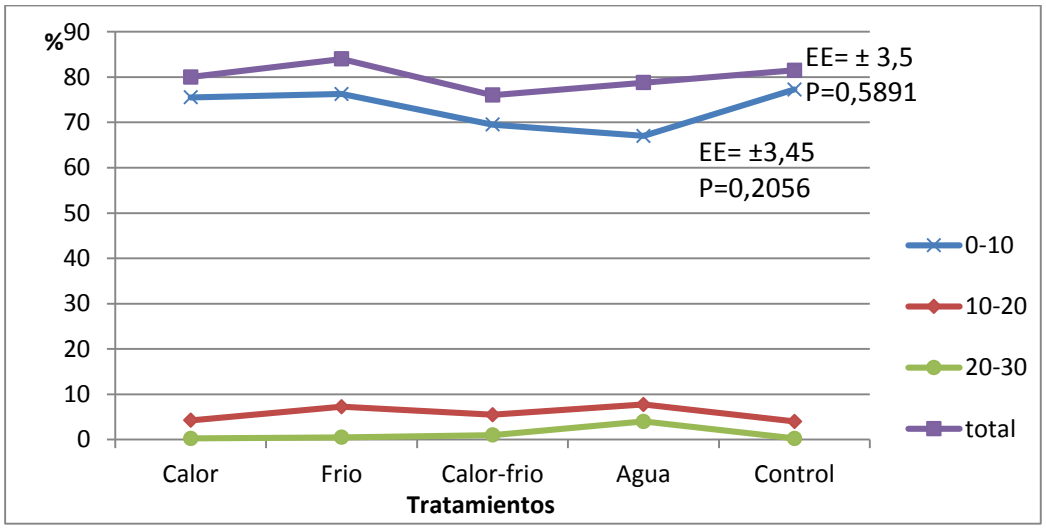


Figura 2. Efecto de temperaturas fijas, alternas y humedecimiento en el % de germinación a intervalos de 10días

CONCLUSIONES

Se concluye que no se detectó latencia en las semilla y se logran altos % de germinación en a los 30 días de la cosecha. El mayor porcentaje de germinación se alcanza en los primeros 10 días y después de los 21 días la germinación es insignificante. Se recomienda que las pruebas de germinación puedan reducirse a un periodo de 21 días.

BIBLIOGRAFÍA

Agboola, D. A., Idowu, W. F & Kadiri, M. 2006. Seed germination and seedling growth of the Mexican sunflower *Tithonia diversifolia* (Compositae) in Nigeria, Africa. *Revista de Biología Tropical*, 54(2), 395–402. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442006000200017

Baskin, C.C., Baskin, J.M. 2014. Seeds: Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination. Academic Press.

Padilla, C., Fraga, Nidia y Suárez, M.2012. Efecto del tiempo de remojo de las semillas de moringa (*Moringa oleífera*) en el comportamiento de la germinación y en indicadores delcrecimiento de la planta. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, Tomo 46, Número 4, 2012. 419

Conover, W. 1999. Practical Nonparametric Statistcs. John Wiley & Sons, Inc., New York.

Duncan, D. B. 1955 Multiple Range and Multiple F Tests. *Biometrics*, 11(1): 1–42, ISSN: 0006-341X, DOI: 10.2307/3001478.

ISTA (International Seed Testing Association). 2015. International rules for seed testing. Seed Science and Technology. 27. Supplement. International rules.

Levene, H. 1960. Robust tests for the equality of variance In: Olkin I., Contributions to Probability and Statistics: Essays in Honor of Harold Hotelling, Stanford University Press, pp. 278–292, ISBN: 978-0-8047

Mattar, E. 2019. Physiological quality of *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray seeds as a function of harvest period and storage conditions. *Bulgarian Journal of Agricultural Science, 25* (6), 1133–1142. https://www.agrojournal.org/25/06-10.pdf

Muoghalu, J. I and Chuba, D. K. 2005. Seed germination and reproductive strategies of *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray y *Tithonia rotufolia* (P.M) Blake. *Appied Ecology and Environmental Research*, 3 (1): 39-46. ISSN 1589-1623. https://www.researchgate.net/profile/Joseph_Muoghalu/publication/254696659

Muoghalu, J. I. 2008 Growth, reproduction and resource allocation of *Tithonia diversifolia* and *Tithonia rotundifolia*. *Weed Research*, 48 (2), 157 – 162. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-3180.2007.00613.x

Padilla, C, Rodríguez, Idalmis., Herrera, Magaly., Ruíz, T., Mesa, Yolaine y Sarduy, Lucia. 2020. Mejor momento de cosecha en la producción y calidad de semilla gámica de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A.Gray según estado fenológico de la estructura floral. *Livestock Research for Rural Development*, 32 (9).

Padilla, C, Rodríguez, Idalmis., Ruíz, T. E y Herrera, Magalys. 2018. Determinación del mejor momento de cosecha de semilla gámica, *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray. *Livestock Research for Rural Development*, 30 (4). http://www.lrrd.org/lrrd30/4/idal30071.html

Peters, M., Franco, H., Schmidt y Hincapie, B. 2003. *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray. En: Especies forrajeras multipropósitos. Editor: CIAT. ISBN 958-694-048-9,9. http://www.tropicalforages.info/Multiproposito/key/Multiproposito/Media/Html/Tithonia%20diversifolia.htm

Santos-Gally, Rocio., Muñoz, Miriam. R, Franco, Giovana. 2020. Fruit heteromorphism and germination success in the perennial shrub *tithonia diversifolia* (Asteraceae) https://doi.org/10.1016/j.flora.2020.151686

Rodríguez, Idalmis., Padilla, C y Torres, Verena. 2020. Evaluación de tres métodos de poda de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray bajo condiciones de pastoreo. *Livestock Research for Rural Development*, 35 (5). http://www.lrrd.org/lrrd32/5/idal32073.html

Ruíz, T. E., Febles, G., Achan, G., Díaz, H y González, J. 2018. Capacidad germinativa de semilla gámica de materiales colectados de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray en la zona centro-occidental de Cuba. *Livestock Research for Rural Development*, 30 (5). http://www.lrrd.org/lrrd30/5/cont3005.htm

Saavedra, S. 2016. Fenología y fisiología de semillas de botón de oro *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agrarias. Maestría en Ciencias Agrarias. Medellín, Colombia. http://bdigital.unal.edu.co.1128408177.pdf

Santos-Gally, R., Boege, K., Fornoni, J y Domínguez, C. 2019ª. Ganadería sostenible en la región de Los Tuxtlas, Veracruz, México: el equilibrio entre la producción y la conservación de la biodiversidad. X CONGRESO INTERNACIONAL DE SISTEMAS SILVOPASTORILES por una producción sostenible. Libro de Actas. EDITORES: Julián Rivera, Pablo Peri, Julián Chará, Maura Díaz, Luis Colcombet, Enrique Murgueitio. ISBN: 978-958-9386-91-0. 2019. Editorial CIPAV



Santos-Gally, R., Muñoz, M y Franco, G.2019b. Efecto de la latencia sobre la germinación de *Tithonia diversifolia* (Asteraceae).X Congreso Internacional de sistemas silvopastoriles por una producción sostenible. Libro de Actas. EDITORES: Julián Rivera, Pablo Peri, Julián Chará, Maura Díaz, Luis Colcombet, Enrique Murgueitio. ISBN: 978-958-9386-91-0. 2019. Editorial CIPAV.pag.420

Shapiro, S and Wilk, B. 1965. An análisis of variante test for normalita (complete simples). *Biométrica*, 52, pp 591-611. https://Biomtrica%2C+52%2C+pp+591-611&btnG=.

Wang, S. H., Sun, W. B, Cheng, X., Yang, Y. M. 2008. Reproductive characteristics of *Tithonia diversifolia* and its geographical spread in Yunnan Province of South-West China. *Acta Ecologica Sinica*, 28 (3) https://www.researchgate.net/publication/288293086.

Wen, B. 2015. Effects of High Temperature and Water Stress on Seed Germination of the Invasive Species Mexican Sunflower. *PLoS ONE*, 10 (10): e0141567. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0141567. https://journals.plos.org/plosone/article/file?type=printable&id=10.1371/journal.pone.0141567

TD-10. Modelación estadístico matemática de los materiales vegetales 5 y 25 de *Tithonia diversifolia* para la producción de alimentos

Statistical-mathematical modeling of *Tithonia diversifolia* plant materials 5 and 25 for food production

Y. Medina Mesa; M. Herrera Villafranca; V. Torres Cárdenas; T. E. Ruiz Vázquez; M. Torres Martínez y Y. García Ávila*

Instituto de Ciencia Animal, Apartado Postal 24, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba

*Correspondencia: yoly@ica.edu.cu, yolainemedina91@gmail.com

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue modelar el comportamiento de los materiales vegetales de Tithonia diversifolia 5 y 25 para su uso en la producción de alimentos. Los materiales utilizados se recolectaron durante la temporada de lluvias. Se utilizaron datos de un experimento desarrollado por el Departamento de Pastos y Forrajes del Instituto de Ciencias Animales. Se empleó un diseño de bloques al azar con tres repeticiones y ocho muestreos cada 14 días para analizar el experimento. Se utilizó el análisis de componentes principales, el cual mostró que tres componentes explicaban el 75,08 % de la variabilidad de los datos. Las variables con mayor peso fueron la altura del tallo (cm) y el grosor del tallo (mm). Posteriormente se probaron modelos lineales y no lineales, y se consideraron siete criterios estadísticos para seleccionar el que presentó el mejor ajuste. Se calcularon la tasa de crecimiento y el punto de inflexión para la interpretación biológica de los resultados. Los modelos evaluados explicaron valores de R2aj superiores al 92%, lo que demuestra la alta variabilidad presente en los datos. En el caso de la altura del tallo en ambos materiales vegetales, el modelo de Gompertz presentó una mayor exhaustividad en los criterios estadísticos. Al analizar el grosor del tallo, se observó un comportamiento diferente, ya que el material vegetal 5 fue lineal, pero no el 25, que correspondió al modelo de Gompertz. Los resultados mostraron que los materiales vegetales pueden ser utilizados para la producción de alimentos.

Palabras clave: *bondad de ajuste, criterios estadísticos, altura de la planta*

ABSTRACT

The objective of this research was to model the behavior of *Tithonia diversifolia* plant materials 5 and 25 for use in food production. The materials used were collected during the rainy season. Data from an experiment developed by the Department of Pastures and Forages of the Institute of Animal Science were used. A randomized block design with three replicates and eight samplings every 14 days was used to analyze the experiment. Principal component analysis was used and showed that three components explained 75.08% of the data variability. The variables with the greatest weight were stem height (cm) and stem thickness (mm). Linear and nonlinear models were subsequently tested, and seven statistical criteria were considered to select the one with the best goodness of fit. Growth rate and inflection point were calculated for the biological interpretation of the results. The evaluated models explained R^2aj values greater than 92%, demonstrating the high variability present in the data. In the case of stem height in both plant materials, the Gompertz model presented greater comprehensiveness in the statistical criteria. When analyzing stem thickness, a different behavior was observed, as plant material 5 was linear, but not 25, which was the Gompertz model. The results showed that plant materials can be used for food production.

Keywords: *goodness of fit, statistical criteria, plant height*

INTRODUCCIÓN

La aplicación de la modelación estadístico - matemática a través de métodos estadísticos descriptivos e inferenciales, constituye una importante herramienta para la solución de problemas que pueden presentarse en los procesos de investigación (Vázquez *et al*. 2011, Chávez *et al*. 2013). En los estudios agropecuarios se emplea con frecuencia con el fin de buscar relaciones entre dos o más variables. En Cuba, esta técnica fue previamente utilizada en la rama animal (Torres *et al.* 2001). Sin embargo, en las investigaciones con plantas, específicamente en la evaluación de pastos, los trabajos fueron desarrollados con posterioridad.

La producción de pastos y forrajes en Cuba constituye una fuente de alimentación fundamental para el ganado con vistas a incrementar la producción de leche y carne. Es allí donde los forrajes, como la *Tithonia diversifolia* o "botón de oro", se perfilan como alternativa que se puede emplear para la producción en la búsqueda de reemplazar y reducir la dependencia de alimentos concentrados con alto costo en el mercado. Según Gallego *et al*. (2014) esta especie posee buena capacidad de producción de biomasa, rápido crecimiento y baja demanda de insumos y manejo para su cultivo. Presenta características nutricionales importantes para su consideración como especie con potencial en alimentación animal.

Es por ello, que el empleo de los modelos matemáticos para la predicción del crecimiento y el rendimiento de los pastos constituye uno de los métodos estadísticos de gran aplicabilidad para caracterizar de forma continua su crecimiento. La utilización e interpretación de estas técnicas permiten conocer el comportamiento y desarrollo de los sistemas productivos (Pan *et al*. 2018). En este sentido, el uso de la modelación estadístico - matemática resulta de gran utilidad para el estudio de sistemas, con el fin de definir las estrategias de manejo y mejorar la toma de decisiones. A partir de lo expuesto con

anterioridad, se define como objetivo de la investigación modelar el comportamiento de los materiales vegetales 5 y 25 de *Tithonia diversifolia* para su empleo en la producción de alimentos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó la información proveniente de investigaciones desarrolladas por el Instituto de Ciencia Animal situado en San José de las Lajas, provincia Mayabeque, Cuba, entre los 22º 53´ LN y los 82º 02´ LW, a 92 m.s.n.m. (Anon 1989). El centro cuenta con un banco de germoplasma de 29 accesiones de *T. diversifolia*, de bajo porte, obtenidas por colectas efectuadas en el centro –occidente de la isla durante el año 2007. El trabajo se realizó en un suelo ferralítico rojo, de rápida desecación, arcilloso y profundo sobre calizas (Hernández *et al.* 2015), con preparación de aradura y dos pases de grada. Se plantó en la estación lluviosa en surcos de 13 m de largo, separados a 3.0 m y estacas depositadas a todo lo largo del surco. Para la plantación se utilizaron estacas de la parte media del tallo, con 80 días de edad, diámetro de 2 cm y 50 cm de largo y se depositaron en surcos de 15 cm de profundidad. El experimento se desarrolló en condiciones de secano y sin fertilización, la limpieza del área se realizó con azadón para mantenerla libre de maleza.

Transcurridos 120 días de siembra de la plantación, se realizó un corte de homogenización a 15 cm de altura sobre el suelo y cada 14 días se realización las mediciones, durante 18 semanas en el período lluvioso (4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, y 18 semanas). Los cortes se efectuaron cuatro veces en un metro lineal en cada uno de los intervalos para cada estación climática y se monitoreo la incidencia de plagas y enfermedades.

Para describir el comportamiento de algunas componentes morfológicas de los 29 materiales vegetales de dicha especie se realizó el análisis de componentes principales con el objetivo de seleccionar las variables que más aportaron a la variabilidad del sistema, para el análisis se tuvo en cuenta aquellas cuyos valores de preponderancia fueran superior a 0,70. En el análisis de consideró la prueba de esfericidad de Bartlett con valor de $p<0,05$ y el estadístico KMO (Kaiser-Meyer-Olkin) con valor 0,50; lo cual indica que los datos cumplen los supuestos para un análisis de componentes principales. Se conformó una matriz de datos en Microsoft Excel (2013) con la información correspondiente a dos materiales vegetales (5 y 25) de *Tithonia diversifolia* obtenidos del estudio. Las variables que se seleccionaron para el análisis fueron la altura del tallo (cm) y el grosor del tallo (mm). Posteriormente se realizó un análisis exploratorio de los datos a partir de gráficos de dispersión con las relaciones de la edad (eje x) y las variables objeto de análisis (eje y) para conocer la tendencia que seguían los datos. Para el estudio se emplearon modelos de regresión lineal y no lineal para conocer el comportamiento de las variables en estudio en relación con la edad de la planta, cuyas expresiones se muestran a continuación

Modelos de regresión	Tipo de modelo	Ecuación
Lineales	Lineal	$y_{(t)} = a + bt + \varepsilon$
	Polinomial de 2do orden	$y_{(t)} = a + bt + ct^2 + \varepsilon$
No lineales	Gompertz	$y_{(t)} = ae^{-be^{-ct}} + \varepsilon$
	Logístico	$y_{(t)} = \frac{a}{(1+be^{-ct})} + \varepsilon$

donde:

$y_{(t)}$: variable dependiente en función de t

a, b y c: parámetros de los modelos

t: variable independiente y representa el tiempo medido en días

ε: error aleatorio, normalmente distribuido con media cero y varianza constante.

Para la selección del modelo con mejor bondad de ajuste a los datos, se tuvieron en cuenta los siguientes criterios estadísticos publicados por Guerra *et al.*, (2003) y Torres *et al.*, (2012): coeficiente de determinación (R^2), coeficiente de determinación ajustado (R^2aj), cuadrado medio del error (CME), error estándar de estimación (EE estimac), media absoluta del error (MAE), significación de los parámetros del modelo y dócima de Durbin-Watson (DW).

Después de seleccionar el modelo de mejor ajuste para la variable altura de la planta de los materiales vegetales estudiados se calculó la velocidad de crecimiento de dicha variable mediante las curvas de evolución en el tiempo del incremento corriente diario (ICD) según Kiviste *et al.,* (2002) la cual se define como:

donde:

$$ICD = \frac{dy}{dt}$$

ICD: Incremento corriente diario.

$\frac{dy}{dt}$: Primera derivada del modelo con respecto al tiempo.

Posteriormente se calculó la segunda derivada del modelo en el paquete estadístico Derive 6 y se determinó el punto de inflexión para conocer el momento en que se alcanza la mayor velocidad del crecimiento y donde se producía el cambio de concavidad en la función mediante las fórmulas:

Punto de inflexión

$$\frac{d^2W}{dt^2} = \left[\frac{ln(b)}{c}; \frac{a}{e}\right]$$

Para conocer el momento en que la planta disminuye su ritmo de crecimiento se utilizó el criterio de Parsons *et al.,* (1988) y su expresión es la siguiente:

$$IMD = \frac{W_{t1} - W_{t0}}{t_1 - t_0}$$

donde:

IMD: Incremento medio diario

W_{t0}: valor del modelo en el tiempo inicial

W_{t1}: valor del modelo en el tiempo final

$T_{0:}$ tiempo inicial

$T_{1:}$ tiempo final

Para el procesamiento de la información se utilizaron los softwares estadísticos, SPSS versión 22 (2013), con el objetivo de caracterizar los materiales de *Tithonia diversifolia* y seleccionar dos de las variables que más aportaron a la variabilidad de dichos materiales; InfoStat (Di Rienzo *et al*., 2012) con el fin de conocer los valores iniciales de los parámetros y sus valores de probabilidad y para la selección adecuada del modelo de mejor bondad de ajuste el Statgraphics Plus (Anon, 1995) por aportar mayor cantidad de criterios estadísticos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de las pruebas de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) y Bartlett, los resultados mostraron valores de 0,554 lo que evidencia que los datos son adecuados para realizar el análisis de componentes principales. Según Pérez (2008) cuando el valor de esta prueba muestra valores superiores a 0,5 se considera aceptable la adecuación de los datos a un modelo de análisis factorial. Mientras más cerca esté de 1 el valor de KMO mejor es la adecuación de los datos. Del análisis de componentes principales se concluyó que con tres componentes es posible explicar el 75,08 % de la variabilidad del sistema (tabla 2).

La CP1 explicó el 36,82% de la varianza total, se identificaron que las variables con mayor relevancia fueron: número de tallos/plantón que se correlaciona de manera negativa con la altura del tallo, altura de la primera hoja verde y hoja tallo/plantón, lo cual indica que en la medida que aumentan estas variables, disminuye el número de tallos por plantón. En la CP2 se identificaron que las variables con mayor preponderancia fueron número de hojas amarilla/plantón que se correlaciona de forma positiva con el grosor del tallo, lo que indica que existe cierta relación entre estas dos variables. La CP3 explicó un 18,07 % de la varianza total, siendo la variable de mayor peso el número de flores/plantón cuyo valor es negativo, lo que se evidencia que existe una disminución de las flores de los materiales estudiados. En un análisis similar realizado por Ruiz *et al.,* (2010) para evaluar las características morfológicas encontraron que estas mismas variables fueron las que caracterizaron otros materiales vegetales de Tithonia.

Tabla 2. Varianza total explicada y matriz de componentes principales de los 29 materiales vegetales

Variables	Componentes		
	CP1	CP2	CP3
Números de tallos/ plantón	**-,762**	,141	,050
Números de hojas verdes/ plantón	,648	,379	,150
Números de hojas amarillas/ plantón	,106	**,774**	,116
Números hojas secas/plantón	,615	-,153	-,133
Número de flores/plantón	,023	,066	**-,934**
Número de hojas caídas/plantón	,645	,200	,586
Altura del tallo	**,802**	,423	,316
Grosor del tallo	-,008	**,893**	-,089
Altura de la primera hoja verde	**,811**	,358	,371
Hoja tallo/plantón	**,759**	,290	,537
Valor propio	4,89	1,48	11,33
% de la varianza	36,82	20,19	18,07
% de varianza acumulada	36,82	57,01	**75,08**

CP: Componente principal

En la tabla 3 se presentan los resultados de los criterios estadísticos y parámetros de los modelos que describen la relación entre la edad y la altura del tallo para los materiales vegetales 5 y 25 en el período lluvioso. Los modelos evaluados explicaron la alta variabilidad presente en los datos con valores superiores al 92% de R^2aj.

Al analizar la significación de los parámetros se observó que en el modelo lineal el parámetro "a" fue no significativo, no así en el resto de los modelos analizados, para ambos materiales vegetales. En este caso se pudo haber seleccionado el Polinomial de 2do orden, por presentar mayor R^2aj de 99,41% y 99,24% respectivamente y mejores valores de los criterios estadísticos empleados, pero al carecer sus parámetros de interpretación biológica (Jansen, 1995) para los resultados obtenidos, no se selecciona. Sin embargo, el Gompertz fue el que le siguió con mayor integralidad en los criterios estadísticos, para los materiales evaluados, pues presentó los menores valores de CME, EE de estimación y MAE, lo cual repercutió en los elevados valores de significación de sus parámetros. Además, el valor del estadístico DW fue mayor en ambos materiales. Es importante señalar que este estadístico proporciona información sobre el grado de independencia existente entre los residuos, que es otro de los requisitos que indica que el modelo presenta un buen ajuste. Durbin y Watson (1971) señalan que este valor oscila entre 0 y 4, si toma valor 2 los residuos son independientes, si son menores que 2 indican autocorrelación positiva y los mayores que 2 autocorrelación negativa. Al realizar este análisis se puede asumir independencia entre los residuos cuando este estadístico toma valores entre 1,5 y 2,5.

En el caso de la modelación Ruiz *et al.,* (2012) evaluaron el crecimiento de la colecta 10 de *Tithonia diversifolia,* y para esta misma variable encontraron que el modelo Gompertz fue el de mejor ajuste a los datos el que permitió conocer la tendencia de dicha variable en el tiempo. Estudios realizados por Medina (2022) donde evaluó el material vegetal 12 encontró que este mismo modelo fue el de mejor comportamiento. Además, obtuvo que el parámetro "c" alcanzó un valor de 0,03, sin embargo, en los materiales evaluados este parámetro mostró valores superiores. Según Villegas *et al.* (2019) este se relaciona con la tasa intrínseca de crecimiento y muestra la velocidad de crecimiento para alcanzar el desarrollo pleno del cultivo, además, es un indicativo de su desarrollo precoz, pues cuanto mayor sea el valor de "c", más rápido el pasto alcanza su desarrollo (Rodríguez 2015). Considerando lo planteado con anterioridad, se puede definir que estos materiales presentan un rápido crecimiento, por lo que para alcanzar la altura correspondiente se demoran entre 0,19 y 0,24 cm/semana respectivamente; lo que podría dar un indicio de que los mismos presentan un ciclo de crecimiento más corto. En el caso del parámetro "b" estos autores refieren que es un factor de integración que ajusta los valores de la variable que se estudia.

Tabla 3. Modelos ajustados entre la edad y la altura del tallo para los materiales vegetales evaluados.

Materiales vegetales	Criterios Modelos	R^2 (%)	R^2aj (%)	CME	EE estimac	MAE	DW	Parámetros, EE y Signif. a	b	c
5	Lineal	96,83	96,31	498,99	22,34	16,0	1,08	13,70 ±20,54 p=0,5295	23,35 ±1,72 p=0,0000	
	Polinomial de 2do orden	99,58	99,41	80,22	8,96	6,07	2,34	-84,51 ±19,14 p=0,0069	44,95 ±3,86 p=0,0001	-0,98 ±0,17 p=0,0023
	Gompertz	**99,31**	**99,03**	**130,81**	**11,44**	**7,98**	**2,14**	**454,48 ±24,62 p<0,0001**	**3,55 ±0,49 p=0,0005**	**0,19 ±0,03 p=0,0005**
	Logístico	98,88	98,43	211,54	14,54	9,87	1,90	424,63 ±20,36 p<0,0001	11,3 ±2,92 p=0,0085	0,29 ±0,04 p=0,0006
25	Lineal	93,42	92,32	632,59	25,15	17,23	0,79	38,11 ±23,12 p=0,1505	17,91 ±1,94 p=0,0001	
	Polinomial de 2do orden	99,46	99,24	62,41	7,90	5,30	1,64	-75,73 ±16,88 p=0,0065	42,96 ±3,41 p=0,0001	-1,14 ±0,15 p=0,0007
	Gompertz	**99,39**	**99,14**	**70,71**	**8,41**	**5,96**	**1,72**	**343,60 ±10,76 p<0,0001**	**3,88 ±0,55 p=0,0006**	**0,24 ±0,03 p=0,0002**
	Logístico	98,71	98,19	149,00	12,21	8,74	1,55	330,61 ±11,53 p<0,0001	11,58 ±3,46 p=0,0162	0,35 ±0,05 p=0,0006

Investigaciones realizadas por Ruiz *et al.* (2016) al evaluar indicadores de crecimiento de estos materiales encontraron que el 5 presentó un crecimiento alto, por lo que esta información se pone en conocimiento para el desarrollo de futuros trabajos relacionados con la producción de biomasa, ya sea para corte o pastoreo. De acuerdo al valor encontrado en el parámetro "c" se puede considerar que este resultado está en correspondencia con lo que plantearon dichos autores.

En la figura 1 se muestra los incrementos de la altura del tallo para el material vegetal 5. Se observó que la planta mostró un crecimiento rápido hasta las 6 semanas con una tasa de incremento estimada de 31,50 cm/semanas. Posteriormente se produjo un cambio de concavidad de la función y a partir de ese momento la velocidad de crecimiento comenzó a disminuir con tendencia a la formación de la asíntota horizontal posterior a los 18 semanas. A las 6 semanas aproximadamente se alcanzó el punto de inflexión del modelo con una altura máxima aproximadamente de 146,03 cm. Según Villegas *et al.* (2018) este comportamiento pudiera estar dado a que en el período lluvioso existe una mayor velocidad de crecimiento de este cultivo.



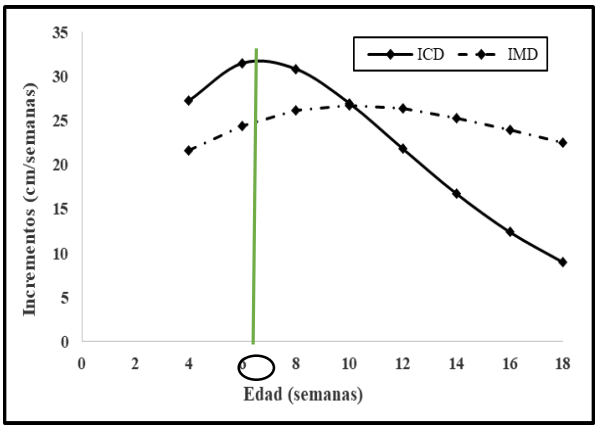


Figura 1. Incrementos de la altura del tallo MV-5

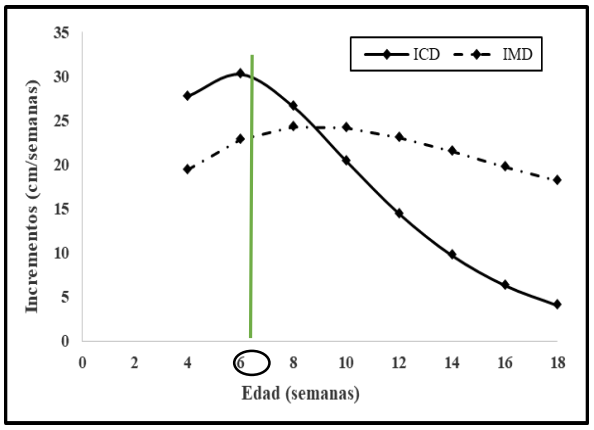


Figura 2. Incremento de la altura tallo MV-25

El punto de intersección de ambas curvas, indica que a las 10 semanas aproximadamente la planta disminuye su ritmo de crecimiento con valores de altura promedio de 267,25 cm. En este momento el follaje de la planta se concentra en la parte superior donde es poco aprovechado por los animales. A partir de esa edad las tasas de incremento descienden y comienzan a estabilizarse en el tiempo.

En la figura 2 se presenta la máxima velocidad de crecimiento, punto de inflexión y la intercepción de las dos curvas para el material vegetal 25. Se apreció un rápido crecimiento en las primeras semanas de muestreo similar a la del material vegetal 5 alcanzando un valor estimado en su tasa de crecimiento alrededor de 30,23 cm/semanas. Por otra parte, se observó que este material vegetal alcanzó el punto de inflexión a las 6 semanas con una altura máxima aproximada de 137,03 cm. Este sería desde el punto de vista matemático el momento en el que la planta logra una mayor velocidad de crecimiento. Este comportamiento pudiera estar dado a las características fenotípicas que presenta dicho material, así como las condiciones del suelo y manejo del cultivo.

Además, se evidenció un cambio de concavidad de la función después del punto de inflexión y la velocidad de crecimiento comienza a disminuir de forma brusca para posteriormente estabilizarse en el tiempo. El punto de intersección de ambas curvas se obtuvo alrededor de las 9 semanas aproximadamente con una altura promedio de 219,64 cm, una semana antes a la del material vegetal 5. Según Jama *et al*. (2000) el desarrollo y velocidad de crecimiento de la tithonia puede variar en función del material usado para su establecimiento, pudiendo ser semilla sexual o estacas, este último método el más común.

En la tabla 4 se presentan los criterios estadísticos para la variable grosor del tallo. Los modelos explicaron una alta variabilidad entre la variable en estudio y la edad de la planta en semanas en el período lluvioso, con valores superiores al 97% de R^2aj. Se observó que el modelo que mejor describió la relación entre la edad y el grosor del tallo para el material vegetal 5 fue el Polinomial de 2do orden, sin embargo, no se seleccionó por lo que se planteó con anterioridad y presentar un parámetro no significativo. Por otra parte, se podía elegir el modelo Logístico, sin embargo, se sobreestiman los parámetros "a" y "b" de dicho modelo. Otro modelo que pudo ser seleccionado fue el Gompertz, sin embargo, el parámetro "a" también fue sobreestimado lo que influyó en un elevado valor de su CME, además de que el mismo fue no significativo, lo que carece de interpretación biológica.

Por tales motivos se elige el modelo lineal como el de mejor bondad de ajuste con un coeficiente de determinación ajustado de 97,55%. Sus resultados indican que por cada unidad de aumento de la edad en semanas existe un incremento en el grosor del tallo de 0,90 mm/semanas. En el caso del material vegetal 25 el modelo que cumplió en la integridad de los criterios estadísticos fue el Logístico, con mayores coeficientes de determinación, menores errores estándar, sin embargo, no se selecciona porque se sobreestiman los parámetros "a" y "b" de dicho modelo, por tal motivo se elige el modelo Gompertz como el que mejor describió la relación entre la edad de la planta y el grosor del tallo a partir de los criterios estadísticos evaluados.

Según Pérez *et al*. (2004) y Thornley y France (2007) los modelos Logístico y Gompertz se caracterizan por formar una curva sigmoidea que se ajusta al crecimiento típico de las plantas. Rodríguez (2015) informa que para la selección de los modelos no solo se debe tener en cuenta los criterios estadísticos, sino aquellos procesos fisiológicos que se relacionan con cada una de las etapas del crecimiento y desarrollo de la planta. Por otra parte, García *et al*. (2007) y Rodríguez *et al*. (2007) confirmaron que estos modelos presentaron buen ajuste con respecto a los datos experimentales de rendimiento y altura de otras especies y variedades de pastos, como *Megathyrsus maximus* vc. Mombaza y *Cenchrus purpureus* vc. Cuba CT-115.

Tabla 4. Modelos ajustados entre la edad y el grosor del tallo para los materiales vegetales evaluados

Materiales vegetales	Criterios / Modelos	R^2 (%)	R^2aj (%)	CME	EE estimac	MAE	DW	Parámetros, EE y Signif. a	b	c
5	Lineal	97,90	97,55	0,48	0,69	0,54	0,85	-1,17 ±0,64 p=0,1158	0,90 ±0,05 p=0,0000	
	Polinomial de 2do orden	99,73	99,63	0,07	0,27	0,18	2,51	1,89 ±0,58 p=0,0220	0,22 ±0,12 p=0,1167	0,03 ±0,01 p=0,0020
	Gompertz	99,64	99,49	0,45	0,32	0,21	2,09	64,42 ±30,13 p=0,3912	3,77 ±0,37 p=0,0045	0,05 ±0,01 p=0,0377
	Logístico	99,71	99,59	0,08	0,28	0,19	2,38	38,93 ±11,82 p=0,0234	18,37 ±4,55 p=0,0093	0,14 ±0,01 p=0,0003
25	Lineal	97,53	97,11	0,35	0.59	0,39	1,05	0,32 ±0,54 p=0,5801	0,70 ±0,05 p=0,0000	
	Polinomial de 2do orden	98,55	97,98	0,25	0,50	0,36	1,26	-1,48 ±1,06 p=0,2201	1,10 ±0,21 p=0,0036	-0,02 ±0,01 p=0,1182
	Gompertz	**99,09**	**98,73**	**0,15**	**0,39**	**0,27**	**1,31**	**15,12 ±1,35 p=0,0001**	**3,17 ±0,41 p=0,0003**	**0,15 ±0,03 p=0,0019**
	Logístico	99,53	99,34	0,08	0,28	0,19	1,43	13,39 ±0,51 p<0,0001	10,74 ±1,63 p=0,0008	0,27 ±0,02 p=0,0001

En la figura 3 se muestra los incrementos del grosor del tallo para el material vegetal 25. Se observó un rápido crecimiento desde el inicio del estudio hasta alcanzar las 8 semanas con una tasa de incremento estimada de 0,83 mm/semanas. Posteriormente se produjo un cambio de concavidad de la función y a partir de ese momento la velocidad de crecimiento comenzó a disminuir con tendencia a la formación de la asíntota horizontal posterior a los 18 semanas. A las 6 semanas aproximadamente se alcanzó el punto de inflexión del modelo con una altura máxima aproximadamente de 5,81 mm. Casas *et al.* (2010) plantean que este modelo presenta un punto que corresponde a la máxima tasa de crecimiento con la edad y una asíntota, Además, genera asimetría alrededor del punto de inflexión, con rápidos crecimientos tempranos, pero más lentos en la medida que crece la planta, en que se aproxima a la asíntota.

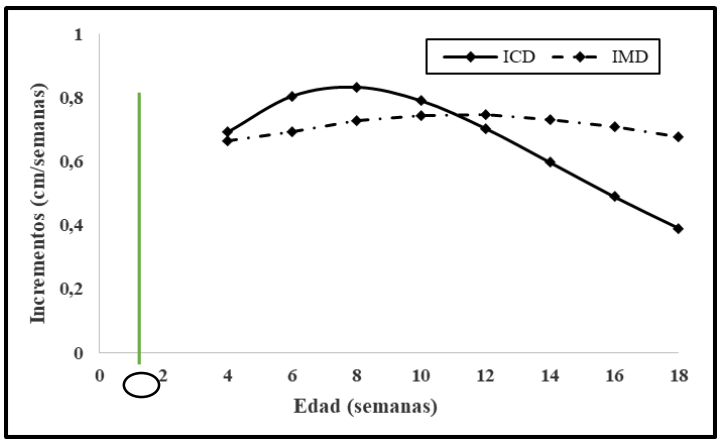


Figura 3. Incrementos del grosor del tallo para el material vegetal 25

CONCLUSIONES

Se concluye que el modelo Gompertz fue el que mejor explicó la dinámica de crecimiento de la altura del tallo de *T. diversifolia* para ambos materiales vegetales y para el grosor del tallo el lineal fue el de mejor ajuste para el material vegetal 5 y el Gompertz para el 25, por lo que pueden ser utilizados para la producción de alimentos.

BIBLIOGRAFÍA

Anon., 1989. Atlas Nacional de Cuba. (ed.). Instituto de Geografía de la Academia de Ciencias de Cuba e Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía. Impreso por el Instituto Geográfico Nacional de España.

Anon., 1995. Software estadístico Statgraphics Plus. versión 5.1 sobre Windows.

Casas, G.A., Rodríguez, D. y Afanador, G., 2010. Mathematical properties of the Gompertz model and its application to the growing pig. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 23(3): 349-358. http://doi.org/10.17533/udea.rccp.324596.

Chávez, E.D., Sabín, R.Y., Toledo, D.V. y Jiménez, Á.Y., 2013. La Matemática: una herramienta aplicable a la Ingeniería Agrícola. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 22(3): 81-84. ISSN 2071-054.

Di Rienzo, J.A., Balzarini, M., Casanoves, F., González, L., Tablada, M., Guzmán, W. y Robledo, C.W., 2012. InfoStat, versión 2012. Grupo InfoStat, FCA. Universidad Nacional de Córdoba. Argentina.

Durbin, J. & Watson, G.S., 1971. Testing for serial correlation in least squares regression. III. Biometrika 58:19.

Gallego, L., Mahecha, L. y Angulo, J., 2014. Potencial forrajero de *Tithonia diversifolia* Hemsl. A Gray en la producción de vacas lecheras. *Agronomía Mesoamericana*, 25(2): 393-403. ISSN: 2215-3608.

García, C.R., Martínez, R.O., Tuero, R., Cruz, A.M., Romero, A., Estanquero, L. & Noda, A., 2007. Caracterización de la dinámica de crecimiento y calidad del *Panicum maximum* vc. Mombaza en un suelo ferralítico de provincia La Habana. II Congreso de Producción Animal Tropical. Eds. M.F. Díaz, R.S. Herrera, T. Ruíz. Cuba. p. 231

Guerra, C.W., Cabrera, A. y Fernández, L., 2003. Criterios para la selección de modelos estadísticos en la investigación científica. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 37(3): 3-10. ISSN: 0034-7485

Hernández, A., Pérez, J.M., Bosch, D. y Castro, N., 2015. Clasificación de los Suelos de Cuba 2015. Ediciones INCA. Mayabeque, Cuba. 64 p. ISBN: 978-959-7023-77-7.

Jama, B.A., Palm, C.A., Buresh, R.J., Niang, A.I, Gachengo, C.N., Nziguheba, G. y Amadalo, B.A., 2000. *Tithonia diversifolia* as a green manure for soil fertility improvement in western Kenya a review. *Agroforestry Systems*, 49(2): 201–221. http://doi.org/10.1023/A:1006339025728.

Jansen, D.M., 1995. Uso de integración según Gauss para calcular la fotosíntesis en modelos de simulación de crecimiento de cultivos. *Revista de Matemática: Teoría y Aplicaciones*, 2(1): 1-15.

Kiviste, A., Álvarez, J.G., Rojo, A. y Ruíz, A.D., 2002. Funciones de crecimiento de aplicación en el ámbito forestal. Ministerio de Ciencia y Tecnología. Monografías INIA: Forestal No.4. Ministerio de Ciencia y Tecnología. Madrid. 190p.

Medina, Y., 2022. Modelación estadística-matemática de la dinámica de crecimiento de *Tithonia diversifolia* en el período lluvioso. Tesis de Maestría en Biomatemática. Universidad Agraria de La Habana. Cuba.

Microsoft Excel versión 2013. Microsoft Corporación. USA.

Pan, A., Mazón, B.E., Serrano, B., Serrano, B., Escudero, C., Loor, C., Rivero, D., Villaseñor, D., Hernández, D.L., Tusa, E.A., Rodríguez, I., Ramírez, I., Tinoco, R., Berrezueta, S., 2018. Análisis de Datos Agropecuarios. Primera edición. Editorial Universidad Técnica de Machala, Ecuador. Digital. ISBN: 978-9942-24-120-7.

Parsons, A.J., Johnson, I. R. & Harvey, A., 1988. Use of a model to optimize the interaction between frequency and severity of intermittent defoliation and to provide a fundamental comparison of the continuous and intermittent defoliation of grass. *Grass and Forage Science*, 43(1): 49-59.

Pérez, A.J.A., García, M.E., Enríquez, Q.J.F., Quero, C.A.R., Pérez, P.J. y Hernández, G.A., 2004. A growth analisys, specific leaf area and leaf nitrogen concentration in "mulato" grass (*Brachiaria híbrido* cv.). *Técnica Pecuaria en México,* 42(3): 447- 458.

Pérez, C., 2008. Técnicas de análisis multivariantes de datos. Editorial autorizado PEARSON EDUCACIÓN, S.A. Madrid. España. p. 672. ISBN: 978-84-205-4104-4.

Rodríguez, L., 2015. Modelación y simulación de la producción de biomasa de *Pennisetum purpureum* Schum vc. King Grass y su aplicación en la alimentación animal. Tesis en opción al título de Doctor en Ciencias Veterinarias. Instituto de Ciencia Animal. Cuba.

Rodríguez, L., Torres, V., Martínez, O., Herrera, M., Noda, A. & Jay, O., 2007. Modelación matemática de la dinámica de producción del pasto *Pennisetum purpureum* Cuba CT-115 en época de lluvia. II Congreso de Producción Animal Tropical. I Taller de Informática y Bioestadística Aplicada a las Ciencias Agropecuarias. Eds. M.F. Díaz, R.S. Herrera, T. Ruíz. 368 p.

Ruiz, T.E., Alonso, J., Febles, G., Galindo, J.L, Savón, L.L., Chongo, B.B., Torres, V., Martínez, Y., La O, O., Gutiérrez, D., Crespo, G.J., Cino, D.M., Scull, I. y González, J., 2016. *Tithonia diversifolia:* I. Integral study of different materials for their potential biomass production and nutritional quality. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 20(3): 63-82. ISSN: 0188789-0.

Ruiz, T.E., Febles, G., Torres, V., González, J., Achang, G., Sarduy, L., Díaz, H., 2010. Assessment of collected materials of Tithonia diversifolia (Hemsl) Gray in the center-western region of Cuba. *Cuban Journal of Agricultural Science,* 44(3): 291-296.

Ruiz, T.E., Torres, V., Febles, G., Díaz, H., Sarduy, L. y González, J., 2012. Use of modeling for studying the growth of *Tithonia diversifolia* collection 10. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 46(3): 237-242.

SPSS versión 22, 2013. Statistical Package for the Social Sciences. IBM SPSS for Windows.

Thornley, J.H.M., y France, J., 2007. Mathematical Models in Agriculture, Quantitative Methods for Plant, Animal and Ecological Sciences. Second edition. CAB International, London U. K. 435 p.

Torres, V., Ortiz, J., Crespo, G., Rodríguez, I. y Mederos, R.E., 2001. Simulación del balance anual en Sistemas de Pastoreo Bovino. VI Reunión Regional de Biometría. Costa Rica.

Torres, V., Barbosa, I., Meyer, R., Noda, A., y Sarduy, L., 2012. Criteria of goodness of fit test in the selection of non-linear models for the description of biological performances. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 46(4): 345-350.

Vázquez, A.Y., Guerra, B.C.W. y Sánchez, L.O.E. 2011. Modelación Estadístico-Matemática para el estudio de la sostenibilidad socioeconómica en el sector agrícola-pecuario del municipio San José de las Lajas, provincia Mayabeque. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 20(4): 69-74. Versión *On-line* ISSN 2071-0054.

Villegas, D.A., Valbuena, N. & Milla, M.E., 2019. Applied models evaluation to dry matter production of *Brachiaria brizantha* in rainy season. *Revista de Ciencias Agrícolas*. 36(1): 33-45: http://dx.doi.org/10.22267/rcia.193601.96.

Villegas, D.A., Valbuena, N. y Milla, M.E., 2018. An algorithm in the R environment to model the dry matter yield in pastures with nitrogened fertilization. *Revista de investigación de agroproducción sustentable*, 2(3): 91-100. ISSN: 2520-9760 http://dx.doi.org/10.25127/aps.20182.397.



TD-11. Indicadores del valor nutritivo *in vitro* de la harina del follaje de 10 procedencias de *Tithonia diversiolia* (Hemsl.) Gray.

Indicators on the *in vitro* nutritive value of the foliage flour of 10 provenances of *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray.

R. M. Pedraza Olivera[*1]*; Y. Díaz Avilés*[2]*; M. León González*[1]*; S. J. Martínez Saez*[1]*; R. Pérez Yaqui*[3]*; C. A. Ordoñez Gómez*[4]*; P. Cortes Salgado*[4]*.*

[1] Centro de Estudio de Producción Animal (CEDEPA). Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad de Camagüey Ignacio Agramonte Loynaz. Carretera circunvalación Norte km 5.5, entre Camino Viejo a Nuevitas y Avenida Ignacio Agramonte. Camagüey 74650, Cuba.

[2] UEB Fábrica de Piensos Camagüey. Empresa Productora Pienso Centro. MINAG. Camagüey, Cuba.

[3] Estación de Pastos y Forrajes. MINAG. Jimaguayú. Camagüey, Cuba.

[4] SELMET, MUSE Université Montpellier, CIRAD, INRAE, Institut Agro Montpellier. Montpellier, France.

Correspondencia: redimio.pedraza@reduc.edu.cu

RESUMEN

Se evaluaron los indicadores de valor nutricional in vitro de la harina de follaje de 10 procedencias de Tithonia diversifolia (Hemsl.) Gray. Las procedencias se originaron en siete municipios de dos provincias de Cuba (Camagüey y Ciego de Ávila). Las plantas se establecieron en hileras y, tras un corte de establecimiento, se cosecharon después de 60 días de rebrote. La fracción constituida por hojas, pecíolos y tallos menores de 5 mm se secó y se molió a través de un tamiz de 1 mm. Se empleó espectroscopía de infrarrojo cercano (NIRS) con un rango espectral de 350 a 2500 nm. Se obtuvieron datos sobre los contenidos de materia seca (MS), cenizas, proteína bruta (PB), fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente ácida (FDA) y lignina detergente ácida (LDA), así como sobre la digestibilidad enzimática in vitro de la materia seca (DIVMS) y de la materia orgánica (DIVMO). No se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre procedencias en el contenido de fibra cruda (FC) ni en la digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS). Los valores de ceniza oscilaron entre 12.9 y 22.9%, la proteína bruta (PB) entre 14.2 y 22.8%, y la fibra detergente neutra (FDN) entre 30.7 y 48.4%. La digestibilidad in vitro de la materia orgánica (DIVMO) varió entre 49.2 y 72.9%. Los indicadores de valor nutricional confirman que la harina de follaje de T. diversifolia es una opción viable para la alimentación animal. Las diferencias entre procedencias, junto con su producción de biomasa, deben considerarse al decidir qué procedencia utilizar en cada ubicación, basándose en las condiciones edafoclimáticas y en las prácticas de manejo de la especie.

Palabras claves: *forraje, composición química, NIRS, digestibilidad, nutrición animal*

SUMMARY

The *in vitro* nutritional value indicators of foliage meal from 10 provenances of *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray were evaluated. The provenances originated from seven municipalities of two provinces of Cuba (Camagüey and Ciego de Ávila). Plants were established in rows and, following an establishment cut, were harvested at 60-day regrowth. The fraction consisting of leaves, petioles, and stems under 5 mm was dried and ground through a 1 mm sieve. Near-infrared spectroscopy (NIRS) was employed with a spectral range of 350 to 2500 nm. Data were obtained for the contents of dry matter (DM), ash, crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), and acid detergent lignin (ADL), as well as for the *in vitro* enzymatic digestibility of dry matter (IVDMD) and organic matter (IVOMD). No significant differences ($P < 0.05$) were found among provenances for crude fiber (CF) content or *in vitro* dry matter digestibility (IVDMD). Ash values ranged from 12.9 to 22.9%, crude protein (CP) from 14.2 to 22.8%, and neutral detergent fiber (NDF) from 30.7 to 48.4%. *In vitro* organic matter digestibility (IVOMD) varied between 49.2 and 72.9%. The nutritional value indicators confirm *T. diversifolia* foliage meal as a viable option for animal feeding. Differences among provenances, combined with their biomass production, should be considered when deciding which provenance to use in each location, based on edaphoclimatic conditions and the specie management practices.

Key words: *forage, chemical composition, NIRS, digestibility, animal nutrition*

INTRODUCCIÓN

La evaluación agronómica y nutricional de los recursos alimenticios locales, para la producción animal, es necesaria para contribuir a la sostenibilidad de los sistemas de alimentación. La posibilidad de incluir estos alimentos, fundamentalmente forrajes, en la ración de los animales de granja, incluso los monogástricos, menos aptos para digerir los carbohidratos insolubles, puede abaratar las raciones. *Tithonia diversifolia*, comúnmente se conoce como girasol mexicano, falso girasol, botón de oro, etc., es una planta forrajera que ha mostrado un gran potencial debido a su alto valor nutritivo y su adaptabilidad a diferentes condiciones ecológicas (Pérez *et al*. 2009). Se ha trabajado en la diferenciación genética de procedencias geográficas para iniciativas de selección y mejoramiento genético (Ruiz *et al*. 2014, Rivera *et al*. 2017, Santos-Gally y Boege 2022 y Ziegler *et al*. 2022, citados por Murgueitio 2023).

Se evaluaron indicadores del valor nutritivo *in vitro* de la harina del follaje de 10 procedencias de *Tithonia diversiolia* (Hemsl.) Gray.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las diez procedencias se colectaron en junio del 2016 en siete municipios de dos provincias de Cuba (Camagüey y Ciego de Ávila). Se sembraron por esquejes acostados, en un suelo pardo sin carbonatos, en la Estación de Pastos y Forrajes del MINAG en Jimaguayú, Camagüey (21° 17' 25" N 77° 47' 05" W a 121 msnm) el 6 de junio del 2016. Se usó un diseño al azar, con un solo surco, por procedencia, de aproximadamente 5 m de largo, separados a 3 m, con una densidad de 3333 plantas/ha y orientados de Norte a Sur.

Se fertilizaron con estiércol fresco, a razón de 30 t/ha/año, cada 90 días, después de cada corte, hasta enero del año 2018; después se cortaba el follaje cada 90 a 120 días para ser usado como alimento para los animales y/o abono verde, y no recibía ninguna fertilización. Nunca se usó riego, y se realizaron aporques regularmente.

Se les hizo un corte de establecimiento, el 2 de junio del 2022, a unos 10 cm del suelo, con un machete, y luego a los 60 días de rebrote; se dividió longitudinalmente el surco, y se tomaron tres replicas, cada una de 0.75 m lineal; se desecharon las plantas que quedaron al inicio y final de cada unidad experimental (0.75 cm x 3 réplicas). De cada réplica se tomaron muestras compuestas, que se pusieron a secar a la sombra durante diez días. Luego se separaron manualmente la fracción hojas peciolos (incluido la parte distal del tallo hasta 0,5 cm de diámetro), que se molieron, en un molino, hasta un tamaño de partícula de 1 mm y se conservaron debidamente para su análisis.

Como indicadores químicos y de digestibilidad *in vitro* se determinaron los contenidos de materia seca, cenizas, proteína bruta (PB), fibra detergente neutra, fibra detergente ácido y lignina detergente ácido, así como de la digestibilidad enzimática de la materia seca y la materia orgánica. Los análisis se basaron en las técnicas clásicas, y los métodos de digestibilidad con pepsina y celulosa, todos aceptadas por la AOAC (1995). Se empleó la espectrometría del infrarrojo cercano (NIRS), con un equipo LabSpec® (Analytical Spectral Devices Inc.), y un rango de espectro entre 350 a 2500 nm. Las mediciones se hicieron por réplica, cada muestra fue escaneada cinco veces; la toma de los espectros y su manipulación inicial se realizó con el programa IndicoPro (Analytical Spectral Devices - ASD Inc). Los espectros obtenidos fueron analizados en el laboratorio de la UMR SELMET, perteneciente al CIRAD, de Francia; la estimación de los indicadores del valor nutritivo se hizo con ecuaciones de la plataforma *@dopredict* y se tuvo en consideración los índices correspondientes de validez de los análisis.

Se realizó análisis de los datos con estadística descriptiva, se hicieron pruebas de normalidad y análisis de varianza simple; la comparación de medias diferentes significativamente ($p < 0.05$) se hizo por la Prueba de Tukey, para 0,05 de nivel de significación. Se empleó el paquete estadístico SPSS 21.0.

RESULTADOS

En la tabla 1 se muestran los estadísticos descriptivos de los indicadores del valor nutritivo de la harina de follajes de *T. diversifolia.* Se observa en todos los indicadores valores variables.

Tabla 1. Estadísticos descriptivos de los indicadores del valor nutritivo de la harina de follajes de *T. diversifolia*

Indicadores	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Error. Media	Desviación Estándar
Materia seca (MS), %	81,08	90,60	86,5	0,47	2,58
Cenizas, % MS	12,96	26,91	20,3	0,68	3,75
Proteína bruta, % MS	14,17	22,84	18,7	0,40	2,23
Fibra Bruta, % MS	12,33	24,27	15,7	0,45	2,50
FND, % MS	30,72	48,37	39,7	0,90	4,96
FDA, % MS	22,58	33,96	26,1	0,46	2,52
LDA, % MS	6,27	14,64	10,1	0,44	2,43
DIVMS, %	56,47	77,33	67,2	1,04	5,74
DIVMO, %	49,23	72,99	59,2	1,41	7,76

FND fibra detergente neutra, FDA fibra detergente ácido, LDA lignina detergente ácido, DIVMS digestibilidad *in vitro* de la materia seca, DIVMO digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica, Desv. Desviación

La tabla 2 informa del efecto de la procedencia en indicadores de la composición química de la harina del follaje de *T. diversifolia*. Todas las procedencias difieren entre sí, con excepción para el contenido de fibra bruta. El mayor valor de proteína bruta ($p < 0,05$) lo tiene la procedencia 10, seguidas por las 3, 5, 6, 7, 8 y 9, que no se diferencian entre ellas. Las concentraciones más elevadas ($p < 0,05$) de fibra neutro detergente son de las procedencias de la 6 a la 10, que son diferentes entre ellas, pero superiores a los valores de las procedencias de la 1 a la 5. La lignina detergente acido fue muy superior ($p < 0,05$) en la procedencia 7.

Tabla 2. Efecto de la procedencia en indicadores de la composición química de la harina del follaje de *T. diversifolia*

	Procedencias										
Indicadores	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**P**
Materia seca (MS), %	88,0^{b}	87,9^{b}	90,6^{a}	89,1^{a}	88,5^{ab}	86,4^{c}	83,4^{d}	85,0^{c}	84,3^{d}	83,7^{d}	0,000
Cenizas, % MS	15,7^{e}	18,8^{c}	16,0^{e}	18,1^{c}	17,0^{d}	20,7^{b}	20,9^{b}	22,9^{a}	22,7^{a}	23,6^{a}	0,001
Proteína bruta, % MS	17,1^{c}	15,7^{d}	18,3^{b}	16,1^{d}	19,2^{b}	18,3^{b}	21,1^{a}	19,0^{b}	20,4^{b}	21,0^{a}	0,000
Fibra Bruta, % MS	14,0	19,9	19,0	16,5	17,2	15,1	14,4	14,2	14,3	13,8	0,068
FND, % MS	35,5^{e}	38,7^{d}	34,2^{f}	36,0^{e}	33,6^{f}	41,8^{c}	43,3^{b}	44,8^{a}	44,3^{ab}	45,6^{a}	0,000
FDA, % MS	27,8^{ab}	24,2^{cd}	23,7^{d}	25,3^{c}	24,4^{cd}	23,9^{d}	30,4^{a}	26,7^{b}	27,0^{b}	27,3^{b}	0,001
LDA, % MS	8,6^{c}	8,7^{c}	5,8^{e}	7,0^{d}	6,0^{de}	9,1^{c}	15,1^{a}	12,4^{b}	12,7^{b}	13,5^{b}	0,000

FND fibra detergente neutra, FDA fibra detergente ácido, LDA lignina detergente ácido,

La digestibilidad *in vitro* de la materia seca fue similar en todas las procedencias, mientras que la digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica fue diferente ($p < 0,05$); la digestibilidad superior la tuvieron las procedencias 5 y 3, mientras que las menores fueron para la 6, la 8 y la 10, que no difirieron entre ellas.

Tabla 3. Efecto de la procedencia en indicadores de la digestibilidad *in vitro* de la harina del follaje de *T. diversifolia*.

	Procedencias										
Indicadores	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**P**
DIVMS, %	60,4	67,8	77,3	69,1	73,9	64,6	68,4	66,4	66,4	64,0	0,212
DIVMO, %	57,7^{c}	63,7^{b}	69,5^{a}	65,7^{b}	70,6^{a}	51,3^{e}	57,7^{c}	52,2^{e}	55,3^{d}	51,3^{e}	0,000

DIVMS, digestibilidad *in vitro* de la materia seca. DIVMO, digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica

DISCUSIÓN

El estudio de las variaciones genéticas en los forrajes es clave para seleccionar individuos con potencial para desarrollarse en diversas condiciones edafoclimáticas y expresar adecuadamente su valor forrajero, en tal sentido se han realizados diversos estudios en Cuba (Ruiz *et al*. 2010, Ruiz *et al*. 2013) con materiales recolectados de *Tithonia diversifolia*.

T. diversifolia puede adaptarse a diversos ambientes, pero las características genéticas de cada procedencia condicionan su perfil nutricional. En Colombia Rivera *et al*. (2023) encontraron que *T. diversifolia* se puede utilizar como arbustiva forrajera en diferentes condiciones edafoclimáticas, gracias a su alta diversidad genética, y a pesar de que se identificó una alta calidad nutricional en todos los genotipos que evaluaron, basados en altos contenido de PB (>25 %), energía y Ca y P, además de brindar bajos valores de FDN y FDA (49 y 46 %, respectivamente) y alta degradabilidad *in vitro,* existe la posibilidad de seleccionar materiales superiores para aumentar su crecimiento y producción de biomasa en condiciones específicas de producción.

Al estar todas las procedencias estudiadas sometidas a las mismas condiciones edafoclimáticas y de manejo, y estar establecidas desde hace varios años, las diferencias que se encontraron, en indicadores de la composición química y digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica, están relacionadas con la diversidad genética de las procedencias. Los contrastes en el valor nutritivo de procedencias de *Tithonia diversifolia*, cultivadas en un mismo sitio, son el resultado de la interacción entre genotipo, fenología y manejo agronómico.

La calidad nutritiva de las procedencias, medida en sus contenidos de proteína bruta y fibras, es inferior a la de algunos ecotipos estudiados por otros investigadores (Rivera *et al*. 2023, Hernández-Arboleda *et al*. 2024), por un lado, pueden existir diferencias en los días de rebrote o de la fracción analizada del follaje; sin embargo, no cabe duda que el manejo, sin fertilización, a las que fueron sometidas las procedencias de este estudio, pudieron ejercen una sólida influencia. Se ha demostrado el efecto de la fertilización en la morfología y rendimiento de esta especie (Astua Ureña *et al*. 2021). No obstante, el contenido de fibras resulta ser bajo en comparación con lo reportado por algunos de estos mismos autores, al parecer debido a la composición física del follaje estudiado en cada caso.

Los indicadores muestran que la harina de las procedencias estudiadas pueden ser sustituto parcial de los concentrados para animales de granja, como lo han demostrado para vacas lecheras (Ribeiro *et al*. 2016), para gallinas ponedoras (Rodríguez *et al*. 2018), para pollos de engorde (Gutiérrez-Castro *et al*. 2019), para conejos (Cabera Diaz *et al*. 2020), para cerdos (Scull *et al*. 2022), etc. Los indicadores del valor nutritivo son solo una parte para decidir la elección de una u otra procedencia, el estudio de su persistencia y rendimiento en biomasa (Ruiz *et al*. 2013) son fundamentales para la elección concluyente de una procedencia.

CONCLUSIONES

Los indicadores del valor nutritivo confirman que la harina del follaje de *T. diversiolia* es una opción para la alimentación animal, y las diferencias entre cultivares, unido a su producción de biomasa, deben ser tenidas en cuenta para decidir qué procedencia usar en cada lugar, según las condiciones edafoclimáticas y de manejo de la especie.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue posible por el apoyo del proyecto PROYLAIF Agro Verde, financiado por la Comunidad Europea, y el Proyecto Contribución al desarrollo sostenible de fincas diversificadas con ganadería vacuna de Camagüey para un futuro más verde (PT223CM002-013), del Programa Territorial de Producción de alimentos con encadenamiento productivo, financiado por el CITMA en Camagüey.

BIBLIOGRAFÍA

AOAC (Association of Official Analytical Chemist). 1995. Official Methods of Analysis. 16th Edition. Association of Official Analytical Chemist. AOAC International. Washington, DC.

Astua Ureña, M., Campos Granado, C M, Rojas Bourillon, A. 2021. Efecto de la fertilización nitrogenada y la edad de rebrote sobre las características morfológicas y rendimiento agronómico del botón de oro (*Tithonia diversifolia*) ecotipo INTA Quepos. *Nutrición Animal Tropical*, 15 (1) 1-18.

Cabrera Díaz, L.R., Álvarez Sánchez, A. & Casanovas Cosío, E. 2020. Sustitución parcial del concentrado por harina de forraje deshidratado de *Tithonia diversifolia* como alternativa en la ceba de conejos Pardo Cubano. *Revista Científica Agroecosistemas*, 7(3): 123-127, ISSN: 2415-2862.

Gutiérrez-Castro, L. & Hurtado-Nery, V. 2019. Uso de harina de follaje de Tithonia diversifolia en la alimentación de pollos de engorde. *Orinoquia*, 23(2):56-62, ISSN: 2011-2629. https://doi.org/10.22579/20112629.569.

Hernández-Arboleda, X., Ortiz-Grisales, S., Vivas-Arturo, W., Fernández-Romay, Y., La O-León, O., Luiz-Abdalla, A., Pérez-Márquez, S., & Ledea Rodríguez, J. (2024). NUTRITIONAL VALUE AND IN VITRO DRY MATTER DEGRADABILITY IN MEXICAN SUNFLOWER: Tithonia diversifolia Helms (Gray). *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 27(3). http://dx.doi.org/10.56369/tsaes.5211

Murgueitio, E. 2023. *Tithonia diversifolia*, una Asterácea diferente: su función en los sistemas sostenibles de producción agropecuaria. II Simposio Internacional de *Tithonia diversifolia*. *Cuban Journal of Agricultural Science*, Volume 57, 2023.

Pérez, A, Montejo, I, Iglesias, J.M, López, O, Martín, G.J, García, D.E, Milián, Idolkis, & Hernández, A. (2009). *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray. *Pastos y Forrajes*, 32(1), 1.

Ribeiro, R.S., Terry, S.A., Sacramento, J.P., Silveira, S.R., Bento, C.B.P., da Silva, E.F., Montovani, H.C., da Gama, M.A.S., Pereira, L.G.R., Tomich, T.R., Mauricio, R.M. & Chaves A.V. 2016. *Tithonia diversifolia* as a supplementary feed for dairy cows. *PLoS ONE*, 11(12): e0165751, ISSN: 1932-6203. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0165751.

Rivera, E A, Chará, J., Gómez-Leyva, J.F., Ruíz, T., Murgueitio E & Barahona, R. 2018bet al (2023) Variabilidad genética y fenotípica de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray. en Colombia. II Simposio Internacional de *Tithonia diversifolia*. *Cuban Journal of Agricultural Science*, Volume 57, 2023.



Ruiz, T. E., Febles, G., Torres, V., González, J., Achan, G., Sarduy, L. & Díaz, H. 2010. Evaluación de materiales recolectados de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray en la zona centro-occidental de Cuba. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola,* 44(3): 291-296, ISSN: 0034-7485.

Ruiz, T.E., Torres, V., Febles, G., Díaz, H. & González, J. 2013. Estudio del comportamiento de genotipos destacados de *Tithonia diversifolia* en relación con algunos componentes morfológicos. *Livestock Research for Rural Development*, 25(9), Article #154, ISSN: 2521-9952. http://www.lrrd.org/lrrd25/9/ruiz25154.htm.

Scull, I., Savón, L., Ruíz, T.E. & Rodríguez, Y .2022. Componentes químicos y efecto de la harina de forraje de *Tithonia diversifolia* (Hemsl) en la calidad de la carne de cerdos en crecimiento-ceba. *Livestock Research for Rural Development*, Volume 34, Article #33, ISSN: 2521-9952. http://www.lrrd.org/lrrd34/4/3433idan.html.

Rodríguez, B., Savón, L., Vázquez, Y., Ruiz, T.E. & Herrera, M. 2018. Evaluación de la harina de forraje de *Tithonia diversifolia* para la alimentación de gallinas ponedoras. *Livestock Research for Rural Development*, Volume 30, Article #56, ISSN: 2521-9952. http://www.lrrd.org/lrrd30/3/brod30056.html.

TD-12. Efecto de nanopartículas de zeolita en la fertilización sobre la eficiencia del uso del nitrógeno, calidad nutricional y captura de carbono en *Tithonia diversifolia*

Impact of Zeolite Nanoparticle-Based Fertilization on Nitrogen Use Efficiency, Nutritional Quality, and Carbon Sequestration in *Tithonia diversifolia*

Julián Mauricio Botero Londoño[1], Laura Yiceth Sanabria Medina[1], Mónica Andrea Botero Londoño2, Erika Mayerly Celis Celis[1]

1Universidad Industrial de Santander Sede Málaga, Calle 20 #06 – 20.

2Universidad Industrial de Santander- Bucaramanga, Calle 9 Cra 27.

RESUMEN

Tithonia diversifolia, planta herbácea de la familia Asteraceae, originaria de México y Centroamérica, presenta alta plasticidad ecológica y valor nutricional, lo que la convierte en una opción prometedora para su inclusión en sistemas de pastoreo, silvopastoriles y bancos mixtos de forraje. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de nanopartículas de zeolita sobre la producción de biomasa, calidad nutricional, captura de carbono y eficiencia en la recuperación de nitrógeno (ERN) en *T. diversifolia*, bajo condiciones de invernadero.

Se empleó un diseño completamente al azar con cinco tratamientos y cuatro réplicas por tratamiento. Asimismo, se realizaron cuatro cortes cada 40 días. Cada unidad experimental consistió en 16 plantas, de las cuales se muestrearon aleatoriamente cuatro por cada corte. Los tratamientos fueron: T1: control; T2: 30 g de fertilizante; T3: 30 g de fertilizante + 2% de nanozeolita; T4: 60 g de fertilizante; T5: 60 g de fertilizante + 2% de nanozeolita. El fertilizante utilizado contenía 31.65% N, 10.35% P, 10.32% K, 2.94% Mg y 2.19% S.

Los datos fueron analizados mediante análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de significancia de 0.05, y las diferencias entre medias se determinaron utilizando la prueba de comparación múltiple de Tukey.

La biomasa se cuantificó tras realizar cortes a 30 cm de altura. Las muestras fueron pesadas, deshidratadas y almacenadas para determinar el contenido de materia seca y estimar la biomasa en base fresca y seca. La calidad nutricional se evaluó mediante análisis bromatológicos (cenizas, proteína y energía) siguiendo protocolos del Laboratorio de Reconversión Ganadera de la Universidad Industrial de Santander, Colombia. La proteína se calculó por contenido de N multiplicado por 6.25; la energía se determinó mediante calorimetría; el contenido de carbono se midió con un analizador elemental CHNS/O. La captura de carbono se estimó multiplicando el contenido de carbono por la biomasa seca. La eficiencia en la recuperación de nitrógeno se calculó como:

$$ERN\ (\%) = \frac{(N\ absorbido\ tratamiento\ con\ fertilización - N\ absorbido\ en\ tratamiento\ control)}{N\ suministrado\ en\ la\ fertilización} \times 100$$

La adición de nanozeolita con 30 g de fertilizante (T3) incrementó la biomasa en un 10.8%. No obstante, la combinación de 60 g de fertilizante con nanozeolita (T5) redujo significativamente la producción, probablemente por efectos de toxicidad. Los contenidos de proteína aumentaron con la fertilización y el uso de nanozeolita, alcanzando valores de 25.58% (control) a 35.75% (60 g + nanozeolita, T5). La energía osciló entre 4028 y 4088 kcal/kg y las cenizas entre 9.48 y 12.77%. La mayor captura de carbono se obtuvo con 30 g de fertilizante + nanozeolita (T3) (13,489 kg C ha^{-1} $año^{-1}$). La ERN aumentó 21.8% con la adición de nanozeolita a la dosis de 30 g (T3), pero disminuyó significativamente con la dosis de 60 g (T5).Estos resultados confirman que *T. diversifolia* posee alto potencial productivo y nutricional, y que el uso adecuado de nanozeolita como enmienda puede mejorar la eficiencia del uso de nitrógeno y la captura de carbono. Sin embargo, es necesario ajustar las dosis de fertilización para evitar efectos adversos y maximizar la productividad.

Palabras clave: *análisis bromatológico, absorción de nitrógeno, nanofertilizantes, sistemas silvopastoriles*

ABSTRACT

Tithonia diversifolia, an herbaceous plant of the Asteraceae family native to Mexico and Central America, exhibits high ecological adaptability and nutritional value, making it a promising candidate for integration into grazing systems, silvopastoral systems, and mixed forage banks. This study aimed to evaluate the effect of zeolite nanoparticles on biomass production, nutritional quality, carbon sequestration, and nitrogen recovery efficiency (NRE) in *T. diversifolia* under greenhouse conditions.

A completely randomized design was used, with five treatments and four replicates per treatment. Four harvests were conducted at 40-day intervals. Each experimental unit comprised 16 plants, from which four were randomly sampled at each cut. Treatments included: T1: control; T2: 30 g of fertilizer; T3: 30 g fertilizer + 2% zeolite nanoparticles; T4: 60 g fertilizer; and T5: 60 g fertilizer + 2% zeolite nanoparticles. The fertilizer contained 31.65% N, 10.35% P, 10.32% K, 2.94% Mg, and 2.19% S.

Data were analyzed using analysis of variance (ANOVA) at a 0.05 significance level, and means were compared using Tukey's multiple comparison test.



Biomass was measured after cutting plants at 30 cm height. Samples were weighed, dried, and stored individually to determine dry matter content and estimate fresh and dry biomass. Nutritional quality was assessed through proximate analysis (ash, protein, and energy), following the protocols of the Livestock Conversion Laboratory at the Universidad Industrial de Santander, Colombia. Protein was estimated by nitrogen content multiplied by 6.25; energy was determined using a bomb calorimeter, and carbon content was measured with a CHNS/O elemental analyzer. Carbon sequestration was calculated by multiplying carbon content by dry biomass. Nitrogen recovery efficiency was estimated as:

$$NRE\ (\%) = \frac{(N\ in\ fertilized\ treatment - N\ in\ control\ treatment)}{N\ applied\ in\ fertilization} \times 100$$

Biomass production increased by 10.8% with 30 g of fertilizer plus zeolite nanoparticles (T3). However, applying 60 g of fertilizer with nanoparticles (T5) reduced biomass significantly, likely due to toxicity. Protein content increased with fertilization and nanoparticle addition, ranging from 25.58% (control) to 35.75% (60 g + nanoparticles). Energy content ranged from 4028 to 4088 kcal/kg, and ash content from 9.48% to 12.77%. The highest carbon sequestration was recorded in the 30 g + nanoparticles treatment (T3) (13,489 kg C ha^{-1} yr^{-1}). NRE increased by 21.8% with 30 g + nanoparticles (T3) but decreased significantly with 60 g + nanoparticles (T5).These results confirm that *T. diversifolia* has high productive and nutritional potential, and that the proper use of zeolite nanoparticles can enhance nitrogen use efficiency and carbon sequestration. However, fertilization strategies must be carefully balanced to avoid adverse effects and ensure maximum productivity.

Keywords: *proximate analysis, nitrogen uptake, nanofertilizers, silvopastoral systems*

TD-13. *Tithonia diversifolia* en la alimentación bovina: beneficios nutricionales y efectos en en productividad y salud animal

Tithonia diversifolia in cattle feed: nutritional benefits and effects on productivity and animal health

J. Chará[1]

[1]CIPAV, Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria. Carrera 25 # 6-62, Cali, Colombia

Correspondencia: julian@fun.cipav.org.co

INTRODUCCIÓN

Tithonia diversifolia (Hemsl.) A. Gray, conocida comúnmente como botón de oro, ha emergido en el trópico como un arbusto multipropósito con alta producción de biomasa y destacado valor nutritivo para rumiantes. Aunque es originaria de México y Centro América, se ha dispersado por el resto de América Latina y el Caribe, y tiene presencia en África, Asia, Oceanía, Europa y Norte América. Esta dispersión se ha dado principalmente por su valor ornamental, aunque también ha jugado un rol importante su uso en apicultura, sus beneficios en la restauración de suelos, su valor medicinal y su potencial forrajero (Kriticos & Kriticos 2021). Es una planta de gran versatilidad que tolera suelos de mediana y baja fertilidad, y puede encontrarse en el trópico desde el nivel del mar hasta 2600 m de altitud. Numerosos estudios resaltan el potencial de esta especie en la industria farmacéutica debido a la gran cantidad de compuestos que posee entre los que se destacan flavonoides, saponinas, fenoles, alcaloides, lactonas sesquiterpénicas y cumarinas (Mabou Tagne 2018).

En Colombia, diversos estudios agronómicos y de alimentación han mostrado que esta especie permite aumentar de manera significativa la disponibilidad de forraje por hectárea, mejorar el suministro de proteína y energía en dietas basadas en pastos, incrementar la producción de leche y carne, y aportar beneficios adicionales en salud animal y mitigación de gases de efecto invernadero. Este resumen sintetiza hallazgos recientes en el país y en regiones afines, con énfasis en los impactos productivos y prácticos de su integración a los sistemas ganaderos.

Desempeño agronómico y producción de biomasa

Tithonia diversifolia es un arbusto perenne de rápido crecimiento que se adapta a una amplia gama de condiciones edafoclimáticas presentes en Colombia, desde piedemonte llanero hasta zonas de montaña por encima de 2400 m de altitud. En cuanto a la producción de forraje, se reportan rendimientos que oscilan entre 30 y 70 toneladas por hectárea por corte de forraje verde, con producciones de 6–12 t de materia seca·ha^{-1}·corte^{-1}, dependiendo de la edad de rebrote, la variedad, el tipo de suelo, la fertilización y la época del año (Ríos 1999). Estos valores superan ampliamente la oferta de gramíneas tropicales bajo pastoreo extensivo, que rara vez sobrepasan 3–5 t MS·ha^{-1}·año^{-1} en condiciones de sequía.

Aspectos productivos

Diversos análisis bromatológicos realizados en el país muestran que el botón de oro contiene entre 18 y 28 % de proteína cruda, valores muy superiores a los de gramíneas tropicales cuyo contenido de proteína oscila entre 6 y 10 %. La digestibilidad *in vitro* de la materia seca suele encontrarse en el rango de 55–65 %, y la fracción de fibra detergente neutro es relativamente baja (35–45 %), lo cual favorece la fermentación ruminal (Rivera et al. 2021). Estos atributos lo convierten en un suplemento proteico-energético de gran utilidad para balancear dietas basadas en pastos de baja calidad, que mejora el balance entre energía y nitrógeno en el rumen y estimula la síntesis de proteína microbiana (Mahecha et al. 2007).

En relación con su impacto en la producción animal, ensayos con vacas lecheras en Colombia y Centroamérica muestran incrementos consistentes en la producción cuando se suplementa con *Tithonia diversifolia* (Gallego-Castro et al. 2014) e incrementos en la calidad de la leche (Lopera-Marín et al. 2025). En sistemas de doble propósito en el piedemonte del Caquetá, en dietas con pasto brachiaria y urochloa, el suministro de 20–30 % de la dieta como botón de oro generó incrementos del 12 al 20 % en la producción láctea, además de mejoras en el contenido de proteína y grasa de la leche. Adicionalmente, su inclusión en sistemas de pastoreo permitió incrementar la carga animal con lo cual la producción total de leche y de sólidos por hectárea fue mayor (Rivera et al. 2015).

Beneficios para la salud animal y la sostenibilidad

Gracias a algunos de los compuestos secundarios mencionados atrás, el botón de oro contribuye no solo a la nutrición animal sino que se ha demostrado también un efecto antiinflamatorio, de refuerzo del sistema inmune y de mejora en la resistencia a enfermedades metabólicas en vacas de alto rendimiento. Existen además reportes de reducción de la supervivencia de parásitos internos en estudios de laboratorio y de menor incidencia de parásitos gastrointestinales en hatos suplementados regularmente con esta planta (Buyi et al. 2024). Posee además un potencial efecto modulador sobre la fermentación ruminal. Ensayos *in vitro* e *in vivo* en Colombia han mostrado reducciones de 8 al 20 % en la emisión de metano entérico al incluir *Tithonia* en proporciones moderadas de la dieta, sin comprometer la productividad (Rivera et al. 2022).



Tithonia diversifolia representa una alternativa estratégica para la intensificación sostenible de la ganadería en Colombia. Sus altos rendimientos de biomasa permiten aumentar la oferta de forraje por hectárea, su valor nutritivo mejora de forma significativa la productividad de leche y sus compuestos bioactivos contribuyen a la salud animal y a la mitigación de metano entérico. Integrada en setos forrajeros, bancos de forraje o sistemas silvopastoriles, la especie puede mejorar la resiliencia productiva de pequeños y medianos productores, reduciendo costos y aumentando la competitividad del sector ganadero colombiano.

BIBLIOGRAFIA

Buyi L, Owoyesigire BB, Idibu J, Odoch T, and Owere L (2024). Effects of Ethanolic Extracts of *Tithonia diversifolia* and *Azadirachta indica* on *Haemonchus contortus* in Goats. *World Veterinary Journal*, 14(4): 611-616. DOI: https://dx.doi.org/10.54203/scil.2024.wvj69.

Chagas-Paula D., Oliveira R., Rocha B., Da Costa F. (2012). Ethnobotany, Chemistry, and Biological Activities of the Genus *Tithonia* (Asteraceae)- *Chemistry & Biodiversity*, 9: 210-235.

Gallego-Castro, L. A., Mahecha-Ledesma, L., & Angulo-Arizala, J. (2014). *Potencial forrajero de Tithonia diversifolia Hemsl. A. Gray en la producción de vacas lecheras. Agronomía Mesoamericana*, 25(2), 393-403. https://doi.org/10.15517/am.v25i2.15454.

Kriticos JM., and Kriticos DJ., (2021). Pretty (and) invasive: The potential global distribution of Tithonia diversifolia under current and future climates. *Invasive Plant Science Management*, https://doi.org/10.1017/inp.2021.29.

Lopera-Marín J., Angulo J., Mahecha L. (2025). Silvopastoral systems with wild sunflower (Tithonia diversifolia (Hemsl.) A. Gray) and lipid supplementation: a strategy to improve the fatty acid profile of milk in dairy livestock systems. *Agroforestry Systems*, 99:106. https://doi.org/10.1007/s10457-025-01195-8.

Mabou Tagne A., Marino F., Cosentino M., (2018). *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray as a medicinal plant: A comprehensive review of its ethnopharmacology, phytochemistry, pharmacotoxicology and clinical relevance. *Journal of Ethnopharmacology*, 220: 94-116, https://doi.org/10.1016/j.jep.2018.03.025.

Mahecha, L., Escobar, J. P., Suárez, J. F., & Restrepo, L. F. (2007). *Tithonia diversifolia (Hemsl.) Gray (Botón de oro) como suplemento forrajero de vacas F1 (Holstein por Cebú). Livestock Research for Rural Development*, 19(2). Recuperado de https://www.lrrd.org/lrrd19/2/mahe19016.html.

Ríos C. (1999). *Tithonia diversifolia*, una planta con potencial para la producción sostenible en el trópico. EN: Sánchez M & Rosales M. (eds) Agroforestería para la producción animal en América Latina. FAO 143 Roma.

Rivera J., Villegas G., Chará J., Durango S., Romero M., Verchot L. 2022. Effect of *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray intake on in vivo methane (CH_4) emission and milk production in dual-purpose cows in the Colombian Amazonian piedmont. *Translational Animal Science*, 6: 1-12. https://doi.org/10.1093/tas/txac139.

Rivera J., Villegas G., Chará J., Durango S., Romero M., Verchot L. 2024. Silvopastoral systems with *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray reduce N_2O-N and CH_4 emissions from cattle manure deposited on grasslands in the Amazon piedmont. Agroforesty Systems 98:1091-1104. https://doi.org/10.1007/s10457-023-00859-7.

Rivera J., Ruiz T., Chará J., Gómez-Leyva J.F., Barahona R. 2021. Biomass production and nutritional properties of promising genotypes of Tithonia diversifolia (Hemsl.) A. Gray under different environments. *Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales*, 9(3):280–291. https://doi.org/10.17138/TGFT(9)280-291.

Rivera J. E, Cuartas C. A., Naranjo J. F., Tafur O., Hurtado E. A., Arenas F. A., Chará J. y Murgueitio E. 2015: Efecto de la oferta y el consumo de *Tithonia diversifolia* en un sistema silvopastoril intensivo (SSPi), en la calidad y productividad de leche bovina en el piedemonte Amazónico colombiano. *Livestock Research for Rural Development*, Volume 27, Article #189. Retrieved January 30, 2017, from http://www.lrrd.org/lrrd27/10/rive27189.html.

TD-14. *Tithonia diversifolia*: más de dos décadas de investigación que respaldan la productividad ganadera sostenible en el trópico

Tithonia diversifolia: more than two decades of research supporting sustainable livestock productivity in the tropics

L. Mahecha Ledesma y J. Angulo Arizala*

Universidad de Antioquia, Facultad de Ciencias Agrarias, Grupo de Investigación en Ciencias Agrarias (GRICA), Medellín Colombia.

Correspondencia*: liliana.mahecha@udea.edu.co

RESUMEN

Durante más de dos décadas de investigación, *Tithonia diversifolia* ha surgido como una alternativa estratégica para los sistemas ganaderos tropicales. Este arbusto forrajero mejora tanto la cantidad como la calidad de los recursos alimenticios, lo que se traduce en una mayor capacidad de carga y un incremento en la producción de leche por hectárea. Más allá de la productividad, la composición de la leche se ve favorecida mediante un mejor perfil de ácidos grasos y una reducción del conteo de células somáticas, mientras que la eficiencia en el procesamiento también mejora, evidenciado por menores tiempos de transformación y mayores rendimientos en la producción de ghee. Además, el desempeño animal se beneficia con un mayor incremento de peso corporal cuando *Tithonia diversifolia* se incluye en la dieta. Estas respuestas se asocian con su favorable balance de nutrientes, la presencia de metabolitos secundarios bioactivos y su aporte de minerales, que respaldan tanto la salud animal como la sostenibilidad ambiental. Asimismo, la evaluación de otras especies de la familia Asteraceae, como *Piptocoma discolor*, resalta el potencial más amplio de esta familia botánica para mejorar la resiliencia y la productividad de los sistemas de producción bovina. En conjunto, la evidencia posiciona a *Tithonia diversifolia* como un componente clave de estrategias forrajeras y silvopastoriles innovadoras que integran la productividad animal con la sostenibilidad ecológica en las regiones tropicales.

Palabras clave: *Arbustiva, Asteraceae, Botón de oro, Producción animal*

ABSTRACT

Over more than two decades of research, *Tithonia diversifolia* has emerged as a strategic alternative for tropical livestock systems. This forage shrub improves both the quantity and quality of feed resources, leading to higher carrying capacity and increased milk yield per hectare. Beyond productivity, milk composition is positively influenced through enhanced fatty acid profiles and reduced somatic cell counts, while processing efficiency is improved, as evidenced by shorter transformation times and higher yields in ghee production. In addition, animal performance benefits from increased body weight gain when *Tithonia diversifolia* is included in diets. These responses are associated with its favorable balance of nutrients, the presence of bioactive secondary metabolites, and its mineral contributions, which support both animal health and environmental sustainability. Moreover, the evaluation of other Asteraceae species, such as *Piptocoma discolor*, highlights the broader potential of this botanical family to enhance the resilience and productivity of cattle production systems. Taken together, the evidence positions *Tithonia diversifolia* as a key component of innovative silvopastoral and forage strategies that align animal productivity with ecological sustainability in tropical regions.

Key words: *Shrub, Asteraceae, Mexican sunflower, Animal production*

INTRODUCCIÓN

La ganadería tropical constituye uno de los principales sistemas de producción de alimentos en América Latina, desde el punto de vista económico, social y de seguridad alimentaria, pero enfrenta grandes desafíos asociados a la sostenibilidad ambiental, la baja productividad de las pasturas y la vulnerabilidad frente al cambio climático (Murgueitio *et al.* 2015, Mahecha *et al.* 2022). Los sistemas ganaderos convencionales, basados en monocultivos de gramíneas, suelen presentar limitaciones en la oferta de biomasa durante épocas críticas y deficiencias nutricionales que repercuten en la productividad animal y en la presión sobre los ecosistemas (Van Soest 1994). Ante esta situación, la diversificación forrajera y la incorporación de especies arbustivas y arbóreas han sido promovidas como alternativas para mejorar la eficiencia productiva y avanzar hacia sistemas ganaderos más sostenibles (Murgueitio *et al.* 2011, Mahecha *et al.* 2022).

Entre las especies arbustivas evaluadas, el botón de oro (*Tithonia diversifolia*) ha despertado un interés creciente en los sistemas tropicales debido a su rápida tasa de crecimiento, buena capacidad de rebrote, amplia adaptabilidad a diferentes pisos térmicos y su potencial como fuente de biomasa y nutrientes de alta calidad (Mejía *et al.* 2017, Argüello *et al.* 2020). No obstante, su productividad y calidad forrajera dependen de factores agroecológicos y de manejo, lo que ha impulsado la necesidad de profundizar en investigaciones que evalúen sus aportes bajo diferentes condiciones de trópico.

El grupo de investigación GRICA, de la Universidad de Antioquia, a través de su línea de sistemas sostenibles de producción agropecuaria, ha trabajado durante los últimos 25 años en la evaluación integral del botón de oro en diferentes sistemas ganaderos. Estos estudios han abarcado aspectos relacionados con la producción de biomasa, la calidad nutricional del forraje y el impacto sobre la productividad animal, incluyendo parámetros de ganancia de peso y producción y calidad de leche. Esta trayectoria investigativa ha permitido consolidar una base de conocimiento que contribuye a comprender el papel de *T. diversifolia* en la ganadería tropical sostenible.





En este sentido, el presente artículo tiene como objetivo sistematizar y analizar los hallazgos obtenidos por el grupo GRICA en torno al uso del botón de oro en sistemas ganaderos tropicales, con énfasis en su manejo agronómico, el valor nutritivo del forraje y la respuesta animal. La integración de estos resultados, se busca aportar elementos técnicos y científicos que orienten el uso estratégico de esta especie en sistemas de producción bovina más sostenibles y resilientes en el trópico.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una revisión sistemática sobre aspectos nutricionales y de alimentación de bovinos de leche y carne, encontrados en investigaciones realizadas por el grupo de investigación en ciencias agrarias (GRICA), en la línea sistemas sostenibles de producción agropecuaria de la Universidad de Antioquia, en los últimos 25 años, que hayan sido publicados o que estén en proceso de publicación, relacionados con la arbustiva forrajera botón de oro (*Tithonia diversifolia*). La información recopilada se clasificó en dos partes, la primera parte se enfocó en aspectos agronómicos y nutricionales relacionados con el manejo del cultivo y el tiempo óptimo de cosecha, y la segunda parte, sobre resultados productivos obtenidos en la alimentación de bovinos de leche y carne.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Aspectos agronómicos y nutricionales del botón de oro relacionados con el manejo del cultivo

Aspectos agronómicos

El botón de oro (*Tithonia diversifolia*) ha sido ampliamente utilizado en sistemas ganaderos tropicales como bancos forrajeros, setos, cercas vivas y en sistemas silvopastoriles (SSP) para ramoneo (Foto 1), debido a su capacidad de producir biomasa en diferentes condiciones de altitud y clima. La producción de forraje oscila entre 0.055 y 0.186 kg de materia seca (MS) por planta en cada corte, siendo mayor en trópico medio y alto que en trópico bajo (Tabla 1). Factores de manejo como la edad y la altura de corte tienen una fuerte influencia sobre el rendimiento. Mahecha *et al.* (2021), reportaron mayores producciones a 60 días frente a 40 y 50 días, en trópico medio; mientras que Gastón *et al.* (2025) observaron en trópico medio valores de 104 g/planta/corte a 20 días frente a 1.62 g/planta/corte a 60 días, y en trópico alto entre 24.5 g/planta/corte a 40 días y 113 g/planta/corte a 70 días. La altura de corte también modifica la respuesta: en trópico alto se alcanzaron 130 g/planta/corte con cortes a 30 cm frente a 96 g/planta/corte a 70 cm. A nivel fisiológico, Angulo *et al.* (2024a) encontraron que la máxima producción en trópico alto se obtiene con un tiempo térmico cercano a los 340 °C, lo que confirma la necesidad de considerar el desarrollo fisiológico de la planta más allá del calendario cronológico. En contraste, en trópico bajo (26 °C promedio, suelos ácidos con alta toxicidad de aluminio) se han reportado rendimientos de apenas 55 g/planta/corte frente a valores de hasta 303 g/planta/corte en trópico alto, lo que demuestra la interacción entre altitud, fertilidad y clima. A pesar de estas limitaciones, el botón de oro sigue teniendo relevancia en trópico bajo por su aporte complementario en la dieta y su contribución a la restauración de suelos. Sin embargo, observaciones de campo evidencian su susceptibilidad a radiación solar excesiva y sequías prolongadas, situación que puede mitigarse mediante sombra moderada, por ejemplo, intercalándolo con árboles como *Gliricidia sepium*. Nuevas asteráceas se vislumbran como potenciales en trópico bajo como el palo negro (*Piptocoma discolor*). Narváez *et al.* (2025) encontraron que esta asterácea, tuvo una producción de 0.143 kg MS/planta/corte a 296 m.s.n.m, en condiciones de bosque húmedo tropical, a 26 °C y 85% humedad, en suelos ácidos de baja fertilidad, lo que equivale a una producción en ton MS/ha/año de 24.87.

En sistemas silvopastoriles, el aporte de *T. diversifolia* es relevante no solo por la cantidad de biomasa producida sino también por los beneficios asociados al reciclaje de nutrientes. Se ha reportado que su inclusión mejora los balances de N y P frente a monocultivos de gramíneas (Cardona *et al.* 2022, Lopera *et al.* 2025a), lo cual se refleja en mayor productividad del sistema. Mahecha *et al.* (2021), encontraron incrementos de hasta 0.5 t MS/ha/año en SSP de ramoneo de trópico medio, comparado con el monocultivo de gramíneas, mientras que Mejía *et al.* (2017) reportaron aumentos de alrededor de 3 t MS/ha/año, en SSP de ramoneo en trópico alto, con mejoras en la capacidad de carga animal (4.64 vs. 4.29 vacas/ha). Adicionalmente, Serna *et al.* (2025) encontraron que, asociando botón de oro con avena forrajera en bancos mixtos, lograba una producción de MS/ha/año de 6.85 ton, más 34.05 ton MS/ha/año de avena altoandina, para un total de 40.09 tn MS/ha/año en el sistema. Estos hallazgos muestran que la integración estratégica del botón de oro en SSP no solo incrementa la oferta forrajera, sino que también fortalece la sostenibilidad del sistema, mejorando la disponibilidad de nutrientes y la resiliencia frente a variaciones climáticas.

Calidad nutricional

Los resultados de la composición química del botón de oro, en diferentes estudios, se presenta en la Tabla 2. Esta especie muestra una amplia variación entre estudios: materia seca entre 11.2 y 26.1%, proteína cruda entre 13.4 y 26.3%, extracto etéreo de 1.3 a 3.5%, FDN de 31.5 a 55.7%, FDA de 14.4 a 48.5%, lignina de 1.1 a 15.8%, carbohidratos no estructurales de 8.2 a 19.8%, energía bruta de 3886 a 4183 cal/kg, energía neta de lactancia de 1.1 a 1.5 Mcal/kg, cenizas de 11.9 a 16.1%, calcio de 0.55 a 2.7% y fósforo de 0.3 a 0.72%. Entre los componentes más estables se destacan la energía, la digestibilidad, las cenizas y el calcio, mientras que presentan mayor variación, la materia seca, la FDA, la lignina, los carbohidratos no estructurales y el fósforo. Esta variabilidad se asocia con factores como la época climática (Arguello *et al.*, 2020a), la altitud y la fertilidad del suelo (Gallego *et al.* 2017, Gastón *et al.* 2025). A pesar de su variación, la calidad nutricional del botón de oro se mantiene elevada, lo que refuerza su potencial como recurso estratégico en la alimentación bovina.

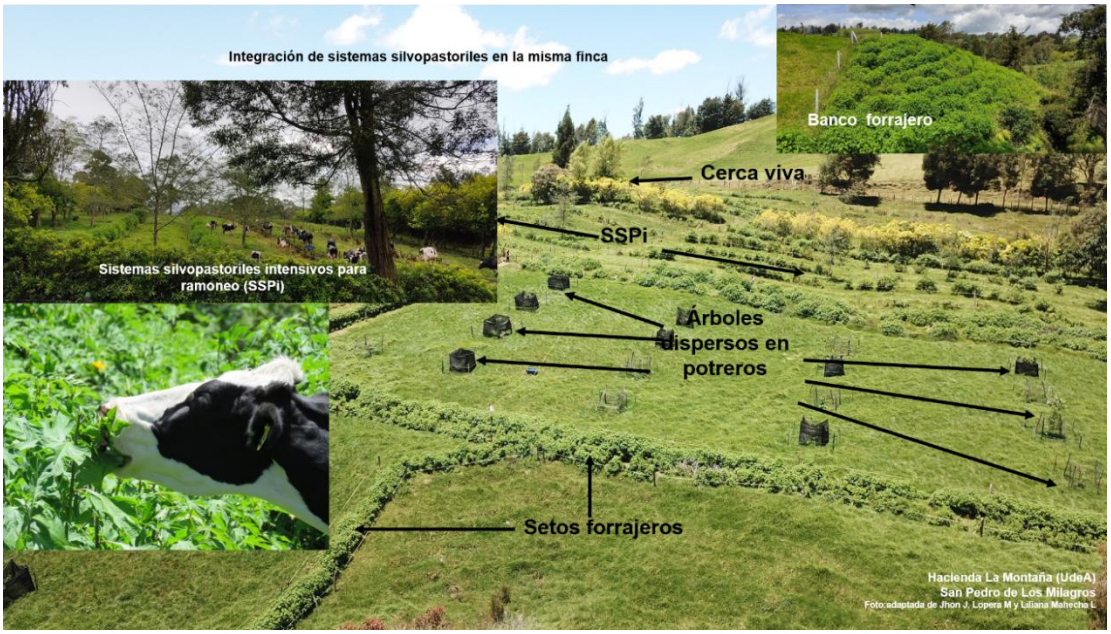


Foto 1. Modelos silvopastoriles para la ganadería sostenible

Se ha documentado, además, que el botón de oro aumenta sus contenidos de materia seca, extracto etéreo, proteína cruda, FDN y FDA a medida que se incrementa la temperatura interna de la planta (Angulo *et al.* 2024a). Un comportamiento similar ha sido reportado para la morera (*Morus alba*), donde el tiempo térmico de la planta influye en el aprovechamiento de nutrientes bajo condiciones de fertilización orgánica (Angulo *et al.* 2024b). En este sentido, el tiempo térmico aparece como un factor clave que podría explicar buena parte de la variabilidad forrajera y nutricional del botón de oro, lo que merece ser estudiado con mayor profundidad en futuros estudios, bajo diferentes condiciones de manejo.

El botón de oro no solo se considera una importante estrategia forrajera por su aporte nutricional individual en la dieta, sino por aporte complementario nutricional con otras forrajeras en bancos mixtos y por el efecto positivo sobre la calidad de la pastura acompañante en el sistema silvopastoril. Serna *et al.* (2025) en un banco forrajero mixto de botón de oro sembrado en surcos triples cada 10 m, y avena altoandina sembrada en esos espacios intermedios entre surcos triples, más árboles de chachafruto (*Erythrina edulis*) y aliso, encontraron que el botón de oro compensa el bajo contenido de proteína, el mayor contenido de fibra, la menor digestibilidad y la menor energía obtenida de la avena, mientras que la avena le complementa el menor contenido de MS del botón de oro (Tabla 2). Estas sinergias son importantes en sistemas forrajeros orientados a la suplementación bovina. En condiciones de trópico medio, Mahecha *et al.* (2021) evaluaron un sistema silvopastoril conformado por arbustos de botón de oro y tilo (*Sambucus nigra*), árboles de aliso (*Alnus acuminata*), pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) y pasto brachipará (*Urochloa plantaginea*). Los resultados mostraron que el botón de oro presentó un mayor contenido de proteína cruda (22.3% vs. 11.9%), menor FDN (35.9% vs. 70.1%) y mayor contenido de cenizas (13.7% vs. 12.0%) en comparación con la pastura acompañante, lo que confirma su papel como suplemento de alta calidad en estos sistemas. En el trópico alto, donde predomina el kikuyo (*Cenchrus clandestinum*), también se han observado ventajas importantes del botón de oro, incremento de 2-3 puntos porcentuales en materia seca, más del doble de carbohidratos no estructurales, mayor contenido de cenizas, una digestibilidad superior y valores de energía que, aunque variables, suelen ser similares o ligeramente mayores a los del kikuyo (Mejía *et al.* 2017, Cardona *et al.* 2019). De igual manera, Lopera *et al.* (2025b), en trópico alto, reportaron que el pasto en sistemas silvopastoriles con botón de oro y árboles de aliso, presentó un mayor contenido de proteína que en monocultivo, efecto que se ha relacionado con la sombra y con la movilización y fijación de nutrientes generada por las especies arbóreas y arbustivas. En este sentido, Shelton *et al.* (1987) ya había planteado que la mejora de la humedad en la capa superior del suelo y las condiciones ambientales bajo sombra favorecen la descomposición de residuos vegetales, la actividad microbiana y la liberación de nitrógeno mineralizable, disponible posteriormente por las gramíneas.

El alto contenido de proteína en el botón de oro ha suscitado interrogantes sobre su conveniencia en el trópico alto, donde el kikuyo ya aporta concentraciones elevadas de proteína cruda. Sin embargo, estudios externos evidencian que, más allá de la cantidad de proteína, el botón de oro ofrece un perfil de aminoácidos más balanceado que el kikuyo (Fasuyi & Ibitayon 2011, Correa *et al.* 2008). Este atributo sumado a un mayor contenido de carbohidratos no estructurales (CNE) y a la presencia de metabolitos secundarios aún poco explorados, entre ellos taninos condensados en concentraciones moderadas (1.4 g catequinas/kg MS) y saponinas (4.53 g diogenina/kg MS) (Cardona *et al.* 2017), puede generar efectos positivos en la alimentación de vacas de alta producción, porque favorecen el aporte de proteínas de sobrepaso, y contribuyen a optimizar el balance ruminal de energía : proteína, promoviendo una mayor síntesis de proteína microbiana. Asimismo, los taninos y las saponinas, reducen la población de microorganismos metanogénicos en el rumen, lo que se traduce en menores pérdidas



energéticas por excreción de amoniaco, metano y CO2, además de un impacto ambiental favorable (Cardona *et al.* 2019). No obstante, tanto el perfil de aminoácidos como la diversidad y los efectos complementarios de los metabolitos secundarios del botón de oro en la nutrición bovina requieren ser estudiados con mayor detalle en condiciones locales, pues podrían explicar parte de la respuesta positiva observada en la producción animal cuando se incluye esta especie en la dieta.

PRODUCCIÓN ANIMAL

Suplementación de botón de oro

El uso de *Tithonia diversifolia* como sustituto parcial del concentrado ha sido ampliamente evaluado en diferentes condiciones de trópico alto y bajo, mostrando resultados consistentes en cuanto a estabilidad en la producción de leche, reducción de costos y beneficios adicionales en calidad e indicadores de salud.

Castaño *et al.* (2025) evaluaron vacas holstein en pastoreo de kikuyo (*Cenchrus clandestinum*), reemplazando el 15 y 30% del concentrado por ensilaje mixto de botón de oro y bagazo de yuca también conocido como afrecho de yuca (residuo obtenido de la producción de almidón, el cual contiene altas cantidades de fibra dietaria dentro de su composición). No se observaron diferencias en producción de leche (23.20, 22.80 y 22.04 L/vaca/día, respectivamente), composición ni condición corporal, pero sí una reducción de costos cercana al 5 y 9% para los niveles de reemplazo, respectivamente. De manera similar, Serna *et al.* (2025) suplementaron vacas holstein con ensilajes de avena altoandina y botón de oro, reemplazando el 20% de la materia seca del concentrado. Aunque la producción de leche se mantuvo estable (27.6, 28.6 y 26.9 L/vaca/día en los tratamientos con 100% concentrado, 70:30 y 50:50 de avena:botón de oro, respectivamente), el recuento de células somáticas disminuyó significativamente en el tratamiento con mayor proporción de botón de oro, acompañado de una reducción en los costos de suplementación.

Angulo *et al.* (2022) encontraron incluso ventajas productivas al comparar ensilaje de botón de oro frente a ensilaje de maíz. El tratamiento con botón de oro alcanzó mayor producción de leche corregida al 4% de grasa (25.20 vs 24.03 L/vaca/día), así como mayores rendimientos de grasa y proteína. Además, el costo por litro de leche fue inferior, generando un ahorro cercano a USD 0.01/L. De manera complementaria, Lopera *et al.* (2025b) evaluaron un sistema silvopastoril intensivo con botón de oro y suplementación con ensilaje de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) (20% de reemplazo del concentrado) comparado con un monocultivo de pasto kikuyo con suplementación tradicional de 100% concentrado. La producción de leche y su composición no difirieron frente al monocultivo de kikuyo (21.4 vs 20.7 L/vaca/día), pero el recuento de células somáticas se redujo significativamente y el costo de producción se disminuyó en USD 0.013/L.

En etapas tempranas, Arguello *et al.* (2021) evaluaron la suplementación estratégica con ensilajes de arbustivas forrajeras (incluyendo botón de oro) en terneros BON × Cebú bajo destete precoz. Los terneros no perdieron peso y mostraron ganancias comparables a los destetados permanentemente, mientras que las vacas madres mejoraron de manera significativa en peso y fertilidad (72.4% vs 28.5% preñez en tratamientos con y sin suplementación, respectivamente).

Finalmente, Peña *et al.* (2024) reportaron beneficios en la calidad tecnológica de la leche al suplementar vacas con concentrado formulado con harina de botón de oro. La leche presentó mayor concentración de ácidos grasos, lo que incrementó en 18.7% el rendimiento en la elaboración de ghee y redujo en 10.9% el tiempo de preparación, en comparación con vacas alimentadas con concentrado convencional.

Sistemas silvopastoriles de ramoneo con botón de oro

El botón de oro también se ha evaluado como componente clave en sistemas silvopastoriles (SSP), donde su inclusión ha mostrado efectos positivos en productividad, calidad de la leche y eficiencia del sistema.

Mejía *et al.* (2017) compararon un SSP con kikuyo y ramoneo de botón de oro frente a un monocultivo de kikuyo fertilizado con 550 kg N/ha/año. Aunque la producción de leche por vaca/día fue similar entre tratamientos (27.3 vs 27.2l en ausencia de ramoneo y 25.5 vs 25.6 l con ramoneo), el SSP permitió una mayor carga animal potencial (4.64 vs 4.29 animales/ha), lo que resultó en mayor producción de leche por hectárea/año y menores costos por litro (USD 0.25 vs 0.29). En este mismo sistema, Lopera *et al.* (2025a) reportaron un perfil lipídico más favorable en la leche, con mayor contenido de ácido transvaccénico, ácido linoleico y ácidos grasos omega-6.

Cardona *et al.* (2019) observaron que vacas en SSP de kikuyo y botón de oro suplementadas con diferentes fuentes de ácidos grasos poliinsaturados produjeron más leche (28.2 L/vaca/día), grasa (0.89 kg/d) y proteína (0.83 kg/d), además de presentar menor recuento de células somáticas que vacas en monocultivo. Asimismo, Lopera *et al.* (2025a) encontró un mayor contenido de TVA y CLA en la leche de las vacas del SSP. Estos resultados confirman el potencial de los SSP para potenciar la respuesta productiva cuando se combinan con suplementación lipídica estratégica.

Otros estudios resaltan la importancia de la diversificación en los SSP. Hoyos-Rojas *et al.* (2021) compararon praderas puras de kikuyo o ryegrass con sistemas silvopastoriles que integraban botón de oro y aliso. El SSP con ryegrass, botón de oro y aliso presentó la mayor producción de leche, así como mayores contenidos de lactosa, proteína y grasa, confirmando que la complementariedad nutricional de especies de alta calidad se traduce en ventajas productivas.

En trópico bajo, Arguello *et al.* (2020b) evaluaron un SSP con botón de oro, totumo (*Crescentia cujete*) y braquiarias, encontrando mejoras significativas en ganancia de peso, peso corporal y altura a la cruz de hembras BON × Cebú, frente a monocultivos de braquiaria (Urochloa). Estos resultados confirman que el botón de oro no solo beneficia la producción lechera en trópico alto, sino también el desarrollo de animales de reemplazo en condiciones más cálidas.

Finalmente, Narváez *et al.* (2025) mostraron el potencial de otras asteráceas en SSP en las estribaciones amazónicas. En su estudio, el uso de *Piptocoma discolor* (palo negro) combinado con árboles nativos incrementó la producción de leche (14.13 vs 12.92 L/vaca/día en SSP vs sistema tradicional), manteniendo la composición, con un ligero aumento en el costo por litro (USD 0.37 vs 0.36). No obstante, el SSP presentó mayor rentabilidad, con relación beneficio/costo superior y un periodo de recuperación de la inversión más corto.

La incorporación de botón de oro ofrecido en la suplementación de dietas o ramoneado directamente por los animales en sistemas silvopastoriles, explica sus efectos positivos a través de varios mecanismos complementarios. La reducción del recuento de células somáticas parece asociarse tanto a la presencia de compuestos secundarios como taninos y fenoles, con reconocida acción antimicrobiana y moduladora de la inflamación (Mabou *et al.* 2018), como a su elevado contenido mineral, particularmente de Zn, Cu y B, que cumplen un papel fundamental en la integridad epitelial y en la respuesta inmunitaria de la glándula mamaria (Khaliq*et al.* 2018, Wang *et al.* 2021, Oconitrillo *et al.* 2024). El incremento en el contenido de grasa láctea observado en algunos estudios podría relacionarse con la mayor provisión de ácidos grasos precursores en el rumen y con un patrón fermentativo más favorable para la síntesis de ácido acético, asociado a la digestión de la fracción fibrosa y a la presencia de metabolitos secundarios moduladores de la microbiota (Jayanegara *et al.* 2012, Vargas *et al.* 2022). A nivel de sistema, el aumento en la producción de leche por hectárea responde a la mayor oferta y calidad del forraje en los sistemas silvopastoriles con botón de oro, los cuales no solo mantienen rendimientos por vaca, sino que permiten incrementar la carga animal sin deteriorar el pastizal, generando así una mayor productividad y eficiencia en el uso de la tierra (Murgueitio *et al.* 2015, Mahecha *et al.* 2022). Estos resultados sugieren que los beneficios del botón de oro derivan de una interacción multifactorial entre calidad nutricional, metabolitos bioactivos y mejora en la sostenibilidad del sistema productivo.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos durante más de dos décadas de investigación demuestran que el botón de oro (*Tithonia diversifolia*) representa una alternativa estratégica para la ganadería tropical al mejorar la oferta y calidad del forraje, incrementar la capacidad de carga, incrementar la producción de leche por hectárea, mejorar su contenido de ácidos grasos, disminuir el recuento de células somáticas en la leche, mejorar los tiempos y el rendimiento de la transformación de la leche en ghee y favorecer las ganancias de peso en bovinos. Sus metabolitos secundarios y aporte mineral contribuyen tanto a la salud animal como a la sostenibilidad ambiental, mientras que otras especies de Asteraceae, como *Piptocoma discolor*, confirman el potencial de esta familia en sistemas ganaderos más productivos y resilientes.

BIBLIOGRAFÍA

Angulo-Arizala, J., Nemocón-Cobos, A.M., Posada-Ochoa, S.L. & Mahecha-Ledesma, L. (2022). Producción, calidad de leche y análisis económico de vacas Holstein suplementadas con ensilaje de botón de oro (Tithonia diversifolia) o ensilaje de maíz. *Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial*, 20(1): 27-40, ISSN: 1909-9959. https://doi.org/10.18684/rbsaa.v20.n1.2022.1535.

Angulo-Arizala, Joaquín, Barragán-Hernández, Wilson, Casas-Toro, Nancy, & Mahecha-Ledesma, Liliana. (2024a). Evaluación agronómica de Tithonia diversifolia (Hemsl.) A. Gray basado en criterio de corte con tiempo térmico. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, *35*(5), e29287. Epub 31 de octubre de 2024. https://doi.org/10.15381/rivep.v35i5.29287.

Angulo-Arizala J, Barragán-Hernández W, Castañeda Villegas D y Mahecha-Ledesma L. (2024b). Efecto de la frecuencia de corte y nivel de fertilización nitrogenada orgánica sobre la producción y calidad de forraje de morera (*Morus alba* L.) y determinación del tiempo térmico de cosecha en trópico de altura. *Livestock Research for Rural Development.* Volume 36, Article #76. Retrieved August 25, 2025, from http://www.lrrd.org/lrrd36/6/3676lili.html.

Argüello-Rangel, J., Mahecha-Ledesma, L., & Angulo-Arizala, J. (2020a). Perfil nutricional y productivo de especies arbustivas en trópico bajo, Antioquia (Colombia). *Ciencia & Tecnología Agropecuaria*, 21(3), 1–20. https://doi.org/10.21930/rcta.vol21_num3_art:1700.

Argüello-Rangel, J., Mahecha-Ledesma, L., & Angulo-Arizala, J. (2020b). Desarrollo de novillas BON x Cebú en un silvopastoril de Tithonia diversifolia, en Antioquia, Colombia. Biotecnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial, 18(2), 48–59.

Arguello Rangel, J. ., Mahecha Ledesma, L. ., & Angulo Arizala, J. (2021). Suplementación estratégica con arbustivas forrajeras en el destete precoz de terneros BON x Cebú en Antioquia, Colombia . *Biotecnología En El Sector Agropecuario Y Agroindustrial*, *19*(2), 108–118. https://doi.org/10.18684/bsaa.v19.n2.2021.1603.

Cardona JL, Angulo J, Mahecha L. 2022. Less nitrogen losses to the environment and more efficiency in dairy cows grazing on silvopastoral systems with *Tithonia diversifolia* supplemented with polyunsaturated fatty acids. Agroforest Systems 96: 343-357. https://doi.org/10.1007/s10457-021-00722-7.

Cardona-Iglesias, J., Mahecha-Ledesma, L., & Angulo-Arizala, J. (2017). Efecto sobre la fermentación in vitro de mezclas de Tithonia diversifolia, Cenchrus clandestinum y grasas poliinsaturadas. Agronomía Mesoamericana, 28(2), 405–426. https://doi.org/10.15517/ma.v28i2.25697.

Cardona-Iglesias, J., Mahecha-Ledesma, L., & Angulo-Arizala, J. (2019). Consumo y productividad en vacas Holstein pastoreando un sistema silvopastoril vs mo-nocultivo de kikuyo y suplementadas con grasas insaturadas. Revista Científica FVC-LUZ, 29(1), 20–33.

Castaño, G., Mahecha, L., Barragán, W., y Angulo, J. (2025). Evaluación del ensilado mixto de botón de oro (Tithonia diversifolia) y afrecho de yuca como sustituto parcial del alimento concentrado en la dieta de vacas lecheras y crías lactantes. Tesis de doctorado en Ciencias Animales. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad de Antioquia, Colombia.

Correa, H.J., Carulla, J.E. & Pabón, M.L. (2008). Valor nutricional del pasto kikuyo (Pennisetum clandestinum Hoechst Ex Chiov.). *Livestock Research for Rural Development*.

Fasuyi, A.O. & Ibitayo, F.J. (2011). Preliminary analyses and amino acid profile of wild sunflower (Tithonia diversifolia) leaves. Int. J. Biol. Chem. Sci. 5 (1), 164-170. https://doi.org/10.4314/ijbcs.v5i1.68094.

Gallego, L., Mahecha, L., & Angulo, J. (2017). Calidad nutricional de Tithonia diversifolia Hemsl. A Gray bajo tres sistemas de siembra en el trópico alto. *Agronomía Meso-americana*, 28(1), 213–222. https://doi.org/10.15517/am.v28i1.21671.

Hoyos-Rojas., Jhon Edwin; Angulo-Arizala., Joaquín; Mahecha-Ledesma., Liliana; Houwers-Wageningen, Hendrick Willem; Cerón-Muñoz., Mario Fernando. (2021). Comparación productiva y de calidad en leche de vacas Holstein pastoreando en diferentes sistemas del trópico alto. *Acta Agronómica*, vol. 70, núm. 1, 2021, Enero-Marzo, pp. 35-41.Universidad Nacional de Colombia. https://doi.org/10.14482/INDES.30.1.303.661.

Jayanegara A, Leiber F, Kreuzer M. (2012). Meta-analysis of the relationship between dietary tannin level and methane formation in ruminants from in vivo and in vitro experiments. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, (Berl). 2012 Jun;96(3):365-75. https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.2011.01172.x. Epub 2011 Jun 3. PMID: 21635574.

Khaliq H, Juming Z, Ke-Mei P. (2018). The Physiological Role of Boron on Health. *Biological Trace Element Research*, Nov;186(1):31-51. https://doi.org/10.1007/s12011-018-1284-3. Epub 2018 Mar 15. PMID: 29546541.

Lopera-Marín, J.J., Angulo-Arizala, J. & Mahecha-Ledesma, L. Silvopastoral systems with wild sunflower (Tithonia diversifolia (Hemsl.) A. Gray) and lipid supplementation: a strategy to improve the fatty acid profile of milk in dairy livestock systems. *Agroforestry Systems*, 99, 106 (2025a). https://doi.org/10.1007/s10457-025-01195-8.

Lopera-Marín, J.J., Murguetitio, E., Angulo-Arizala, J & Mahecha-Ledesma, L. (2025b). Evaluación productiva de sistemas silvopastoriles intensivos (SSPi) en lechería de trópico alto, con suplementación de recursos forrajeros criollos y fuentes lipídicas. Tesis de doctorado en Ciencias Animales. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad de Antioquia, Colombia.

Mahecha-Ledesma, L., Angulo-Arizala, J. & Argüello-Rangel, J. (2022). Sistemas silvopastoriles: estrategia para la articulación de la ganadería bovina a desafíos del siglo XXI. En: H. Rodríguez Espinosa (Ed.), Innovación en la investigación agropecuaria (pp. 103-143). Universidad de Antioquia, Colombia. Fondo Editorial Biogénesis. https://revistas.udea.edu.co/index.php/biogenesis/article/view/349667/20808174.

Mabou, A., Marino, F., Cosentino, M. (2018).Tithonia diversifolia (Hemsl.) A. Gray as a medicinal plant: A comprehensive review of its ethnopharmacology, phytochemistry, pharmacotoxicology and clinical relevance. *Journal of Ethnopharmacology*, 220. https://doi.org/10.1016/j.jep.2018.03.025.

Mahecha, L., Londoño, J., & Angulo, J. (2021). Agronomic and Nutritional Assessment of an Intensive Silvopastoral System: Tithonia Diversifolia, Sambucus nigra, Cynodon nlemfuensis, and Urochloa plantaginea. *Proceedings of the National Academy of Sciences India Section B - Biological Sciences*, 1–11. https://doi.org/10.1007/s40011-021-01282-7.

Mejía-Díaz, E., Mahecha-Ledesma, L., & Angulo-Arizala, J. (2017). Productividad de un sistema silvopastoril con ramoneo de Tithonia diversifolia en trópico alto. In J. Chará, P. Peri, J. Rivera, E. Murgueitio, & K. Castaño (Eds.), Sistemas silvopastoriles: Aportes a los objetivos de desarrollo sostenible (pp. 399–405). CIPAV.

Murgueitio, E.; Barahona, R.; Chará, J. D.; Flores, M. X.; Mauricio, R.M.; Molina, J. J. (2015). The intensive silvopastoral systems in Latin America sustainable alternative to face climatic change in animal husbandry *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 49(4), 541-554.

Narvaez, J.P.; Angulo, J.; Barragán, W.; Mahecha, L. (2025 sometido). Agronomic performance and nutritional value of native forage tres and shrubs for silvopastoral systems in the colombian Amazonian Foothills.

Narvaez, J.P.; Angulo, J.; Barragán, W.; Mahecha, L. (2025b). Silvopastoral systems with native forage species and their impact on milk production and quality: a case study on a farm in the Colombian Amazonian foothills. *Journal of Agroforestry Systems*, https://doi.org/10.1007/s10457-025-01292-8.

Oconitrillo, M., Wickramasinghe, J., Omale, S., Beitz, D., & Appuhamy, R. (2024). Effects of elevating zinc supplementation on the health and production parameters of high-producing dairy cows. *Animals,* 14(3), 395. https://doi.org/10.3390/ani14030395.

Peña, C., Angulo, J, Mahecha, L. (2024). Nutritional and productive aspects of Ghee: Effect of including Tithonia diversifolia flour in the concéntrate of lactating cows. Capítulo 4. P 73-88.

Serna, F.; Mahecha, L., Gallego, L., Barragán, W., Angulo, J. (2025). Evaluación de un sistema silvopastoril de avena altoandina (Avena sativa L.E) y botón de oro (Tithonia diversifolia (Hemsl.) A. Gray), la obtención de ensilaje mixto, y su

uso en la suplementación de vacas lecheras en el trópico alto antioqueño. Trabajo de grado de Maestría en Ciencias Animales. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad de Antioquia, Colombia

Shelton, H. M. , Humphreys, L. R. ; Batello, C. (1987). Pastures in the plantations of Asia and the Pacific: performance and prospect. *Tropical Grassland*, 21 (4):159-168.

Van Soest, P.J. (1994). Nutritional ecology of the ruminant. 2nd Edition, Cornell University Press, Ithaca, 476

Vargas, J., Ungerfeld, E., Muñoz, C., & DiLorenzo, N. (2022). Feeding Strategies to Mitigate Enteric Methane Emission from Ruminants in Grassland Systems. *Animals*, *12*(9), 1132. https://doi.org/10.3390/ani12091132.

Wang H, Lv G, Lian S, Wang J, Wu R. (2021). Effect of Copper, Zinc, and Selenium on the Migration of Bovine Neutrophils. *Vet Sci.*, 8(11): 281. https://doi.org/10.3390/vetsci8110281. PMID: 34822654; PMC8618487.





TD-15. Uso de *Tithonia diversifolia* vc IcaCuba-10 en el engorde de vacunos y búfalos de agua

Use of *Tithonia diversifolia* vc IcaCuba-10 in the finished of bovine and water buffalos

J. Iraola

Instituto de Ciencia Animal, Apartado Postal 24, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba

Correspondencia: jiraola@ica.edu.cu

RESUMEN

Se desarrolló esta conferencia con el objetivo de mostrar los principales resultados sobre el comportamiento productivo de vacunos y búfalos de agua finalizados en un sistema silvopastoril con *T. diversifolia* vc IcaCuba Oc-10. Durante dos ciclos productivos consecutivos fueron evaluados 12 animales machos de la raza Siboney de Cuba (5/8*Holstein* x 3/8*Cebú*) y posteriormente, 12 machos *buffalipsos* mestizos. Se analizaron varios indicadores en ambas especies, ganancia diaria, balance alimentario, rasgos de la canal y la carne. Así como, la utilización de la energía metabolizable. Estos resultados contribuyeron al desarrollo de una variante tecnológica para el engorde de estas especies, con potencial para su introducción y utilización en la actividad ganadera del país.

Palabras clave: *ganadería tropical, sistema silvopastoril, T. diversifolia*

ABSTRACT

This conference was developed with the objective to show the main results the productive behavior of males and water buffalos finished in a silvopastoral system with *T. diversifolia* vc IcaCuba Oc-10. During two serial productive cycles of 12 male animals of the race Siboney of Cuba (5/8*Holstein* x 3/8*Cebú*) and later on 12 male mestizo buffalipsos were evaluated. Several indicators were analyzed in both species, daily gain, alimentary balance, carcass and the meat. As well as, the use of the energy metabolizable. These results contributed to the development of a technological variant for the one it puts on weight of these species, with potential for their introduction and use in the cattle activity of the country.

Keywords: *tropical livestock, silvopastoral system, T. diversifolia*

INTRODUCCIÓN

Los sistemas agroforestales, dentro de ellos los sistemas silvopastoriles (SSP) con una adecuada organización del espacio físico de su comunidad de plantas, con diferentes especies y un manejo apropiado, constituyen excelentes herramientas para el propósito de mejorar el agronegocio pecuario y el medio ambiente. Las especies de *T. diversifolia* son muy promisorias para ser utilizadas en sistemas silvopastoriles de alta o baja densidad, la cual por su calidad composicional ha sido informada como una arbustiva con potencial para ser utilizada en la nutrición de rumiantes, con un posible efecto positivo sobre los índices productivos y económicos (Murgueitio *et al*. 2015, Mejía-Díaz *et al*. 2017, Lezcano *et al*. 2020).

No obstante, uno de los elementos limitantes que puede afectar la productividad animal de los rumiantes en estos sistemas, lo constituye el aporte de energía metabolizable (EM) presente en la dieta de los animales como consecuencia de los altos contenidos de proteína soluble en rumen (Mejía-Díaz *et al.* 2017). Esto hace necesario buscar estrategias forrajeras que realicen un mayor aporte energético, que permita un mejor balance ruminal y una mayor síntesis de proteína microbiana.

El Instituto de Ciencia Animal (ICA) ha desarrollado un grupo de investigaciones en campo con diferentes materiales vegetativos de *T. diversifolia*. En ese sentido, se utilizó la arbustiva *T. diversifolia* vc IcaCuba Oc-10, propuesta por Ruiz *et al.* (2010) para su utilización en pastoreo y registrada como variedad por el ICA. Así, Alonso *et al*. (2012), Alonso *et al.* (2013) y Alonso *et al.* (2015), realizaron diferentes estudios básicos donde evaluaron distancias de siembra, momento de inicio del pastoreo y frecuencia de pastoreo, respectivamente.

Esto indicó la utilización de la variedad para su evaluación y validación en SSP inicialmente en el engorde de bovinos y posteriormente en la ceba de búfalos de agua, que en los últimos años existe un marcado interés por el estudio de los sistemas de producción de búfalos en término ambiental, productivo y económico en la región tropical en sistemas silvopastoriles. Con lo cual, basado en estos elementos se utilizó *T. diversifolia vc* IcaCuba Oc-10 como variante tecnológica, con el propósito de evaluar el comportamiento productivo de bovinos de engorde y búfalos de agua.

MATERIALES Y MÉTODOS GENERALES

Los estudios se realizaron en áreas productivas del ICA, localizado a 22º 53' de latitud norte, a los 82º 02' de longitud oeste y 92 m.s.n.m., Municipio San José de las Lajas, Mayabeque, República de Cuba. Este trabajo respondió a las normas de ética de la comisión de la granja de atención a los experimentos del ICA para el trabajo con animales, fue aprobado bajo el código del proyecto PN131LH001.49 y los animales no tuvieron intervención sanitaria. Para esta conferencia se utilizaron los resultados publicados por Iraola *et al.* (2022), Iraola *et al.* (2024) con vacunos y búfalos de agua, respectivamente.

La variante tecnológica que posibilitó los resultados informados para ambas especies, se desarrolló bajo condiciones de pastoreo 24 horas, con gramíneas mejoradas (*Cynodon nlemfuensis)* y *T. diversifolia* vc IcaCuba Oc-10 asociada en el 100% del área. Se evaluaron 12 machos enteros de un grupo genético Siboney de Cuba (5/8*Holstein x* 3/8*Cebú)* y posteriormente, 12 animales machos buffalipsos mestizos en la etapa de engorde (Figura 1).

El pastoreo de los animales se estableció con 42 días de reposo, seis días de ocupación en cada potrero y carga de 2.40 animal/ha. El SSP se dividió en ocho potreros o lotes de 0.63 ha, con libre acceso a los abrevaderos y saleros (60 g/animal/día). A continuación, en este trabajo se relacionan los principales resultados para vacunos y búfalos, respectivamente.



Figura 1. Pastoreo de machos mestizos (*Holstein* x *Cebú*) y buffalipsos mestizos en un SSP con *T. diversifolia vc* IcaCuba OC-10. (Fotos: Jorge Iraola).

Los animales al momento del sacrificio se trasladaron al frigorífico del ICA a un kilómetro de distancia de la finca donde fueron finalizados y cada especie permaneció 24 horas (h) en una corraleta con sombra y agua a voluntad. Se sacrificaron según las normas técnicas y de calidad establecidas en el frigorífico. Al terminar el faenado las canales se conservaron durante 24 h entre 0 – 5.5 °C (Tabla 3). A partir del peso vivo al sacrificio por especie, se determinó el peso y rendimiento de la canal fría, carne comestible total (primera y segunda) con respecto al peso al sacrificio. Se adaptó la metodología descrita por Alvarez *et al*. (2014), para el análisis instrumental a muestras tomadas del lomo entre la 10ª y 13ª costillas posterior a las 24 h de sacrificados los animales. Las lecturas de color para carne, se efectuaron en al menos cinco puntos de cada muestra, registrándose las coordenadas luminosidad (L*), color rojo-verde (a*) y pigmentación amarilla (b*); las cuales indican luminosidad e índices de color rojo y amarillo, respectivamente. Así, la determinación de estas lecturas se hizo con ayuda de un colorímetro (modelo CROMA-MATER®).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 1 se muestra el comportamiento productivo de los animales en pastoreo (vacunos y búfalos). Los datos refieren crecimiento y engorde de los vacunos, así como la fase final en el engorde de búfalos. Se observó en ambas especies, que los animales lograron ganancias diarias cercanas y superiores a los 700 gramos sin suplementación alimentaria.

Tabla 1. Comportamiento productivo de animales en SSP con *T. diversifolia vc* IcaCuba Oc-10.

Categoría	Vacunos	Búfalos
Peso inicial, kg	198.17	306.50
Peso final, kg	414.00	385.20
Duración, días	327	86
Incremento de peso, kg	210.10	68.70
Ganancia acumulada, g	0.660	0.915
Rendimiento, kg,ha^{-1}	993.60	900.48
Conversión ración, kg de MS.kgPV^{-1}	11.51	9.28



Estos estudios desarrollados en el ICA, confirman la posibilidad de utilización de la *T. diversifolia* vc IcaCuba Oc-10 en asociación de gramíneas en pastoreo sin suplementación de concentrados en el contexto actual de la ganadería cubana. Los animales vacunos y búfalos utilizados en esta investigación, predominan en la ganadería comercial cubana, lo que le confiere mayor posibilidad para su utilización.

Con relación a la carga utilizada, superior a los sugerido por Stuar *et al.* (2018) para evitar afectaciones en el pastizal e incrementar la ganancia individual, se observó en ambas especies un rendimiento por hectárea superior a los 900 kg. Con lo cual, se sugiere nuevos estudios en estos sistemas donde se ponga en evidencia la relación ganancia individual-rendimiento por hectárea y la persistencia del pastizal. Referente a los balances alimentarios energético – proteicos, se encontró que la GMD en los dos ciclos productivos evaluados con *T. diversifolia* IcaCuba Oc-10 permitió cubrir los requerimientos nutricionales de PB y EM para la ganancia estimada (Tabla 2).

Tabla 2. Balance alimentario por especie durante el engorde en el SSP con *T. diversifolia* IcaCuba Oc-10

Categoría		Especie	
		vacunos	búfalos
Consumo	kg MS día^{-1}	7.60	9.01
	g MS kg PV $^{0.75}$	75.56	82.81
Aportes	EM, Mcal	17.8	17.9
	PB, g	920	990
Concentración energética de la ración	Mcal kg MS $^{-1}$	2.34	2.33
Concentración proteica de la ración	g PB kg MS^{-1}	121	110
Relación PB:EM, g PB Mcal^{-1}		51.68	49.60
Relación EM:PB, Mcal g PB^{-1}		0.019	0.020
Requerimientos	EM, Mcal	16.5	17.1
	PB, g	816	761
Diferencia	EM, Mcal	(+) 1.30	(+) 0.80
	PB, g	(+) 104	(+) 229
Relación N: EM del aporte, g. Mcal^{-1}		8.26	7.53

EM: energía metabolizable, N: nitrógeno total

Evidentemente, de acuerdo con lo informado por Iraola *et al.* (2017) y Lamela-López *et al.* (2022), se precisan de otras variantes de alimentación en este SSP con estas especie, que posibiliten incrementos de GMD superiores a las encontradas en estos estudios. Por consiguiente, se debe considerar en el balance nutricional el aporte de EM con fuentes energéticas que permita optimizar el exceso porcentual de PB observada con relación a los requerimientos, para lograr una mayor sincronización energía-proteína y una mayor respuesta productiva.

Concerniente a la utilización de la proteína y la energía metabolizable entre las especies que se evaluaron en este SSP, existió una marcada diferencia de 38.5% en la ganancia individual a favor de los búfalos, aunque la misma fue lograda en un periodo de tiempo más corto que los vacunos (Tabla 1). Lo cual, entre varios factores y de acuerdo con Zava (2022), esto pudiera explicarse porque el búfalo aprovecha más el nitrógeno no proteico y lo transforma en nitrógeno proteico en relación con los vacunos. En adición, la diferencia en la utilización de la energía metabolizable entre las especies puede atribuirse a los diferentes requerimientos de mantenimiento y ganancia de peso según las tablas que se utilizaron para estos estudios, descritas por Martin y Palma (2017). Así como, los requerimientos nutricionales referidos por Paul *et al.* (2011) para búfalos.

Con relación a la caracterización a la canal y la calidad de la carne en machos vacunos y búfalos de agua en SSP de *T. diversifolia* vc IcaCuba Oc-10. En la tabla 3 se muestra los principales aspectos que se evaluaron en la canal.

Tabla 3. Rendimiento porcentual de canales de vacunos y búfalos en SSP con *T. diversifolia* vc IcaCuba Oc-10.

Categoría	Especie	
	vacunos	búfalos
Peso canal fría, kg	212.75 (51.36)	192.70 (49.15)
Carne comestible, kg	130.77 (61.46)	118.64 (61.56)
(), Rendimiento en valores porcentuales		

Relacionado a la coloración de la carne en las muestras del lomo (Tabla 4), no se encontró diferencias porcentuales notables entre especies para los valores de L* y pH. No obstante, para el índice b* y a* porcentualmente fueron superiores los valores para la carne de búfalos. No obstante, las dos especies alcanzaron puntuaciones de L* superiores a 33, las cuales son consideradas aceptables para su comercialización según lo informado por De la Cruz *et al.* (2019).

Tabla 4. Resumen de los parámetros de color y pH a muestras de lomo de vacunos y búfalos en SSP con *T. diversifolia* vc IcaCuba Oc-10.

Indicadores	Especie	
	vacunos	búfalos
L* (carne)	35.12	34.16
a* (carne)	12.15	14.80
b* (carne)	5.74	7.31
pH	5.82	5.80

Estos resultados con animales mestizos provenientes de rebaños lecheros y búfalos mestizos, apoyan la posibilidad de introducir en la práctica, sistemas productivos capaces de aprovechar las limitaciones ambientales. Esto, podría contribuir a encontrar soluciones factibles de adecuar a cada contexto del agro cubano.

A partir de los resultados productivos y nutricionales informados en este SSP con *T. diversifolia* vc IcaCuba Oc-10 para vacunos y búfalos, se presentan a continuación las bases tecnológicas en las cuales se sustenta esta propuesta; para su introducción en la actividad ganadera del país.

- Se realiza la introducción de *T. diversifolia* vc IcaCuba Oc-10, con la adecuación de los conceptos y metodologías desarrolladas en el ICA mediante la preparación de suelo en franjas para establecer *Leucaena leucocephala* en áreas de pastizales mejorados; consistente labor de aradura, dos pases de grada y surcado en las áreas franjeadas.
- Las franjas con *T. diversifolia* vc IcaCuba Oc-10 se orientan de este a oeste para reducir el efecto de la sombra sobre el pasto base.
- La siembra se realiza por estacas de 30-40 cm de largo con 90 días (d) de edad, sin riego y sin fertilización. Con lo cual, se efectúa en secano una vez establecidas las lluvias a partir del mes de junio.
- Las estacas se plantan a una profundidad de 15 cm en doble surcos a 0.50 m y 0.40 cm entre plantas. Se utiliza 5.0 m de distancia entre los doble surcos para el pastoreo de los animales.





Tecnología para la ceba vacuna y bubalina

- Se diseñarán sistemas divididos en potreros de pastos mejoradas en SSP con *T. diversifolia* que posibiliten entre 42 y 46 días de reposo, con cinco o seis días de ocupación y se adecuará según el tamaño de cada finca, en todo caso el diseño debe facilitar el manejo de los pastos y los animales.
- Se utilizó para esta propuesta una carga animal de 2.4 animal/ha en pastoreo ad libitum, mas sales minerales y agua a voluntad
- Entrada de los animales en el sistema: se sugiere durante el periodo seco de Cuba (diciembre-marzo)
- Peso de inicio de los animales: 198-250 kg
- Permanencia en pastoreo: 10-11 meses aproximadamente
- Ganancia promedio diaria entre 600-700 g por animal
- Peso de salida de los animales: +400 kg
- Se pueden obtener para venta en finca 12 animales/cinco hectáreas, con rendimiento de +900 kg/ha, con 5.10 t de peso vivo (PV) y 2.65 t de rendimiento en canal. Se pueden obtener beneficios por la venta en pie superiores a los 3000000 CUP de valor de la producción.

CONSIDERACIONES GENERALES

Los resultados que se presentaron en esta conferencia forman parte de una tecnología con su validación productiva y económica destinada al engorde de bovinos y búfalos de agua en SSP con *T. diversifolia* vc IcaCuba Oc-10. Asimismo, constituyen los primeros estudios con bases científicas que se obtuvieron en Cuba. Esto, reviste de gran interés por especialistas, productores y empresarios para su introducción en la actividad ganadera. Además, forman parte del programa de capacitación en diferentes cursos y talleres sobre la temática y asesorías a directivos, especialistas, técnicos y productores.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Programa Nacional de Alimento y su Agroindustria de Cuba, por el financiamiento al proyecto PN131LH001.49 para la realización de esta investigación en el Instituto de Ciencia Animal.

BIBLIOGRAFIA

Alonso, J., Ruiz, T., Achang, G., Santos, L. & Arruda, R. 2012. Producción de biomasa y comportamiento animal en pastoreo con Tithonia diversifolia a diferentes distancias de plantación. *Livestock Research for Rural Development*, 24(9). http://www.lrrd.org/lrrd24/9/cont2409.html.

Alonso, J., Achang, G., Santos, L. & Arruda, R. 2013. Productividad de *Tithonia diversifolia* y conducta animal a diferentes momentos de comenzar el pastoreo. *Livestock Research for Rural Development*, 25 (9). http://www.lrrd.org/lrrd25/11/alon25192.htm.

Alonso, J., Achang, G., Tuffi, L. D. & Arruda, R. 2015. Comportamiento productivo de *Tithonia diversifolia* en pastoreo con reposos diferentes en ambas épocas del año. *Livestock Research for Rural Development*, 27(6). http://www.lrrd.org/lrrd27/6/alon27115.html.

Álvarez, R., Valera, M., & Alcalde, M. J. (2014). Nota técnica. Carne de vacuno normal vs. DFD: valoración por un panel de consumidores y comparación mediante pH y color. *Revista ITEA*, 110(4): 368-373. http://dx.doi.org/10.12706/itea.2014.023.

De La Cruz, L.A., Romero-Peñuela, M., Gustavo, C., Berdugo-Gutiérrez, J., Reyes, J., Roldan, P. 2019. Características fisicoquímicas y organolépticas en la carne de búfalo de agua y sus diferencias con la carne del ganado cebú. *Entorno Ganadero*, 93, 84-96. https://bmeditores.mx/ganaderia/caracteristicas-fisicoquimicas-y-organolepticas-en-la-carne-del-bufalo-de-agua-y-sus-diferencias-con-la-carne-del-ganado-cebu-2014/.

Iraola, J., Elías, A., Gutiérrez, D., García, Y., Fraga, LM., Vázquez, A, Barros-Rodríguez, M., Hernández, J.L. & Herrera, F, 2017. Efecto de microorganismos beneficiosos activados en la finalización de toros en silvopastoreo con leucaena complementados con caña de azúcar. *Revista Científica FCV-LUZ*, 27(6), 403-410. http://www.redalyc.org.

Iraola, J., García, Yenny., Fraga, L.M., Gutiérrez, D., Barros-Rodríguez, M., Hernández, J.L., Albelo, D. 2022. Comportamiento productivo de machos vacunos en silvopastoreo con *Tithonia diversifolia*. *Livestock Research for Rural Development*, 34(11). http://www.lrrd.org/lrrd34/11/34100dirao.html

Iraola, J., García, Y., Hernández, J.L. 2024.Evaluación del crecimiento de búfalos de rio (bubalus bubalis) de la raza buffalipsos mestizos en un sistema silvopastoril de *Tithonia diversifolia* vc IcaCuba Oc-10. (Nota Técnica). *Livestock Research for Rural Development*, 36(5).

Lamela, L., Ramón, L., Lenin, I., García-Fernández, D. & Lay-Ramos, M.T. 2022. Producción de carne bovina a partir de pastos naturales y suplementación con concentrados de harina de plantas proteicas. Pastos y Forrajes, 45(1), 202-219. https://payfo.ihatuey.cu/index.php?journal=pasto&page=article&op=view&path%5B%5D=2265&path%5B%5D=4087

Lezcano, M.I., Rios, J.R., Moreno, H. y Vera de Ortiz, M.L. 2020. Contenido de carbono en un sistema silvopastorildel Chaco central paraguayo. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, 8 (2). Pp 344-357. Epub 11-Ago-2020. Recuperado 26/7/2025, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?scrip=sci-arttext&pid=S2310-34692020000200344&Ing=es&tlng=es.

Martín, P.C., Palma, J.M. 2017. Manual de alimentación y manejo para fincas y ranchos ganaderos. Universidad de Colima. México, pp. 146. ISBN: 978-607-8356-89-8.

Mejía-Díaz. E., Mahecha, L. & Angulo, J. 2017. *Tithonia diversifolia*: Especie para ramoneo en sistemas silvopastoriles y métodos para estimar su consumo. *Agronomía Mesoamericana*, 28(1): 289-302. https://doi.org/10.15517/am.v28i1.22673.

Murgueitio, R.E., Barahona, R., Chará, J., Flores, M.F., Mauricio, R.M., Molina, J.J. 2015. Los Sistemas Silvopastoriles Intensivos en América Latina. Alternativa sostenible para enfrentar el cambio climático en la ganadería. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 49(4). 541-554. http://cjascience.com/index.php/CJAS/article/view/500.

Oficina Nacional de Estadísticas de Cuba (ONEI). 2022. Sector agropecuario. Indicadores seleccionados, Enero – Diciembre 2022, pp. 12. http://www.one.gob.cu.

Paul, S.S. 2011. Nutrient requirenments of buffaloes. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40, 93-97. ISSN1806-9290, www.abz.org.br.

Ruiz, T.E., Febles, G., Torres, V., González, J., Achang, G., Sarduy, L., Díaz, H. 2010. Evaluación de materiales recolectados de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray en la zona centro-occidental de Cuba. *Cuban Journal of Agricultural Science,* 44(3), 291-296.

Stuart, J.R., Alonso, J., Iraola, J. 2018. ¿Ganancia por animal o por hectárea? VI Congreso do de Producción Animal Tropical, noviembre, pp. 1595-1598. ISBN: 9789-959-7171-80-5. http://www.veteinariaargentina.com.

Zava, M. (2022). El búfalo: ventajas comparativas, mayor rentabilidad y eficiencia productiva facilitada por su fisiología nutricional. XX Simposio de Búfalos de las Américas. Pp 52-56. https://youtu.be/9aA-0NaWdPw.



TD-16. Los aprendizajes de la utilización de la *Tithonia diversifolia* en Misiones, Argentina.

Tithonia diversifolia's use learnings in Misiones, Argentina

Luis Colcombet[1], Paola González[1], Mauro Loto[1], Adrian Moller[1], Alejandra Von Wallis[1], Norberto Pahr[1]; Eliseo Cornelius, Paola Sanz[2]; German Kimmich, Dionel Kimmich[3]; Jorge Esquivel[4]; María Belén Rossner[5], Enrique Murgueitio[6], Julián E. Rivera[6] Jhon Jairo Lopera[6]; Nahuel Pachas[7]; Ariana Ziegler[8].

[1] INTA - EEA Montecarlo, Arg.; [2] INTA - AER Santa Rita, Arg.; [3] MSc, E[to] "La Pendiente"; [4] asesor CREA "Tierra Colorada", Arg.; [5], Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad del Salvador- Sede Corrientes, coordinadora carrera de agronomía, Arg.; [6] Fund. CIPAV, Co; [7], Ex INTA, Arg., hoy DPI, Australia; [8] MSc, Ex INTA, hoy "Agrónoma en Producción de Semillas", Barenbrug Australia.

RESUMEN

El potencial de la *Tithonia diversifolia* para la alimentación de ganado vacuno de carne, leche y cerdos por parte de productores e investigadores argentinos fue conocida a través de viajes técnicos en 2010 y 2011 a América Central. El equipo silvopastoril del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), en alianza con algunos productores de la provincia de Misiones, han verificado el potencial productivo tanto en pastoreo directo como en "corte y acarreo". Las conclusiones, tras 15 años de estudio, son: a) Que es posible incrementar la concentración de proteína y la digestibilidad de la ingesta animal en sistemas silvopastoriles triestrato "árbol – arbusto *Tithonia diversifolia* – gramínea", permitiendo igualar la producción de la recría de terneros de rodeos para carne en dicho SSP, con la producción ganadera convencional a cielo abierto, bajo la condición de implementar un pastoreo rotativo mínimo semanal y que la proporción de Tithonia no supere el 25% de la oferta forrajera total; b) pequeños productores lecheros de 16 litros diarios por vaca y día en el período de lactancia, logran disminuir en aproximadamente un 50% el costo de la suplementación energético-proteica de vacas en lactancia, a través del suministro de *T. diversifolia* en el sistema de "corte y acarreo" de bancos de proteína, en cercanías a las instalaciones de ordeñe.

Palabras clave: *Forraje, calidad, sistema silvopastoril tri-estrato, corte y acarreo, desempeño animal*

ABSTRACT

The acquaintance by Argentine farmers and professionals, of the potential of *Tithonia diversifolia* to feed beef and milk cattle herds had been made in 2010 and 2011 technical trips to Colombia and México. The Argentine National Agricultural Institute silvopastoral team in alliance with farmers, took up the task of to verify the true potential for beef and milk herds productions in Misiones province. Both under direct grazing and "cut and carry". The conclusions are: a) It is possible to higher the protein concentration and digestibility of the forage grazed by beef cattle rearing calves, in tri stratum silvopastoral systems "tree – *Tithonia diversifolia* shrub -grass" compared to conventional grass open sky systems, provided that and minimum weekly rotary grazing system is implemented and that no more than 25% of the total forage offer is *Tithonia diversifolia*; b) small dairy 16 liters per day and per cow in milking faze, supplying "cut and carry" *Tithonia diversifolia* grown in nearby the milking facilities protein bank stands, have been able to cut costs by approximately 50% of the energy-protein feed they had been outsourcing.

Key words: *Forage, quality, tri-strata silvopastoral system, cut and carry, animal performance*

INTRODUCCIÓN

La *Tithonia diversifolia* (Hemsl. A. Gray), conocida comúnmente como "botón de oro", es una especie arbustiva forrajera de la familia Asteraceae, originaria de México y América Central.

El equipo técnico toma conocimiento del potencial forrajero y de mejoramiento de suelos de la TD en ocasión de visitas técnicas realizadas a Colombia en los años 2010 y 2011. Habiendo considerado el potencial de mejoría, tanto de la productividad como de la sustentabilidad de los sistemas silvopastoriles (SSP) sobre suelos ácidos, bajo un clima subtropical húmedo con régimen pluviométrico relativamente isohigro y presencia de heladas invernales, se procedió a evaluar cuatro aspectos considerados relevantes para proponer su inclusión en sistemas productivos silvopastoriles a escala comercial: **a)** Materiales genéticos; **b)** capacidad de producir semilla viable y multiplicación agámica; **c)** tolerancia al sombreamiento y a las heladas invernales, **d)** asociaciones con otras especies forrajeras, **e)** manejo de los sistemas y **f)** aportes a la sustentabilidad del suelo: P y materia orgánica.

a) Materiales genéticos

Al no ser una especie conocida en el Nordeste de Argentina, a pesar de ser mencionada como naturalizada, desde diversos actores locales se consiguieron materiales que habrían sido oriundas de: México, Colombia, Brasil y Paraguay. Estudios

realizados en la región Sur de Misiones y NE de Corriente por el INTA Montecarlo, INTA Cerro Azul y la USAL[1] (Sede Corrientes) determinaron diferencias entre las accesiones, principalmente en sobrevivencia y exomorfología. Las procedencias Brasil y Colombia presentaron los mayores valores de sobrevivencia, así como crecimiento en altura, número de brotes y producción de biomasa, además de tallos con mayor diámetro. En cambio, en el NE de Misiones la procedencia México presentó mayor crecimiento y altura.

Respecto al contenido de proteína bruta en tejidos, se encontraron valores promedios de 8 a 13%, en brotes de plantas que incluyen tallos finos y hojas (Rossner *et al.* 2018 y 2019).

b) Capacidad de producir semillas y multiplicación agámica

La capacidad de producir semillas es considerada un factor que facilita la multiplicación del material a utilizarse a escala comercial. Se ha observado producción seminal, más su viabilidad es realmente pequeña, lo que inviabiliza proyectos de cosecha de semilla para lograr nuevos lotes. Por otro lado, se consiguen buenos resultados de prendimientos de estacas con 3 nudos de varas color ceniza (maduros), con diámetros de 1,5 a 2,5 cm. Se puede optar por dos modalidades de implantación vegetativa: clavar las estacas, cuidando de enterrar el extremo basal; o bien acostar varas de tres nudos en surcos poco profundos de 5–10 cm. El primer método se caracteriza por ser más ágil y sencillo, mientras que el segundo ofrece mayor sobrevivencia de las estacas en períodos previos a heladas invernales o durante sequías cortas.

c) Tolerancia al sombreamiento y a las heladas invernales

Para el equipo interviniente, la capacidad de seguir produciendo en condiciones de sombreamiento bajo las especies forestales predominantes *Pinus sp.* y *Eucalyptus sp.*, es relevante para incluir la TD en sistemas silvopastoriles comerciales. El segundo semestre de 2013 se instaló, en la chacra experimental Laharrague dependiente del INTA – EEA Montecarlo, una parcela experimental con tres repeticiones de un testigo de TD a "cielo abierto" y dos niveles de sombreamiento (20% y 40%), bajo tela de sombra a 2,5 m de altura. La parcela fue evaluada a lo largo de tres años biológicos consecutivos. Complementariamente, se analizó el comportamiento ante las heladas invernales bajo esas mismas 3 condiciones. Los resultados indican que la Tithonia se comporta de manera óptima bajo esos dos niveles de sombreamiento, ya que sigue produciendo materia verde (fresca) hasta llegar al período de las heladas invernales y, a pesar de que toda la parte aérea es afectada por mismas, la especie dispone de la capacidad de rebrote rápido luego de aquellos episodios de temperatura entre 0ºC y -4,5ºC.

En lo que respecta a la variable productividad de la especie bajo distintos niveles de sombra (0, 20 y 40%), se observó que el rendimiento se mantiene incluso con un 40% de cobertura (20 t MS ha^{-1}). Este comportamiento indicaría su tolerancia y adaptación al sombreo en los sistemas silvopastoriles (SSP). Asimismo, la producción de forraje resulta mayor en primavera–verano que en otoño–invierno, debido al efecto negativo de las bajas temperaturas y heladas sobre el crecimiento vegetal (González *et al.* 2017).

d) Calidad nutricional bajo sombra

Las variables de calidad nutricional estudiadas (MS, Cz, PB, FDN) bajo los diferentes niveles de sombreamiento (0, 20, 40%) y en las distintas cosechas, no presentaron diferencias significativas al 5% de significancia. En cuanto a los porcentajes de PB, se pudo observar que osciló entre 23,5% a 14,5%, dependiendo de su estado vegetativo. Estos valores se encuentran dentro de los márgenes citados en la bibliografía para esta especie.

e) Efecto del manejo del rebrote de otoño en la respuesta al daño por heladas de T. diversifolia

A partir del año 2017, se evaluó la respuesta de *Tithonia diversifolia* al daño por temperaturas < 0 °C), utilizando el ensayo implantado en 2014, dentro del campo experimental del INTA Montecarlo. Para simular diferentes momentos de pastoreo previos a la fecha probable de helada (FPH, 16 de julio), se realizaron cortes manuales. Se establecieron tres tratamientos con cuatro repeticiones en un diseño completamente aleatorizado (DCA): T1 = crecimiento acumulado de 120 días antes de la FPH; T2 = corte 60 días antes de la FPH; y T3 = corte 30 días antes de la FPH. Las variables evaluadas fueron la persistencia de plantas, el crecimiento y la producción de biomasa en la temporada de crecimiento posterior. Se observó que, a mayor altura de corte, la arquitectura de la planta presentó modificaciones que generaron una mayor variabilidad en la disponibilidad de MS ha^{-1}, especialmente al superar los 2,2 m. En condiciones de un marco de plantación de 2,5 m entre líneos por 0,5 m entre plantas, se recomienda realizar el pastoreo cuando las plantas alcanzan entre 1,6 y 1,8 m de altura, lo que corresponde a una disponibilidad aproximada de 2.000 kg MS ha^{-1}.

f) Ensilaje

En mezclas ensiladas de *Tithonia diversifolia* (TD) y *Saccharum officinarum* (caña de azúcar) se observó que el contenido de proteína aumentó conforme se incrementó la proporción de TD (75% TD : 25% caña de azúcar = 11,3% PB), sin registrarse diferencias en MS, pH ni FDA (Loto *et al.*, 2015b). De manera similar, en silos de TD y *Cenchrus purpureus* (pasto elefante) se observó que, al aumentar la proporción de TD en la mezcla, se incrementó el contenido de proteína (10% PB con 75% TD) y disminuyó el porcentaje de FDN, lo que favoreció la calidad del silaje (González *et al.* 2022).

[1] USAL: Universidad del Salvador (Argentina).



g) Asociaciones con otras especies forrajeras

En la misma chacra experimental "Campo Anexo Laharrague" dependiente del INTA – EEA Montecarlo, se prosiguió con la instalación de una parcela para evaluar la productividad y calidad del sistema TD – Gramíneas usualmente utilizadas en la región. Las especies de Poáceas probadas fueron: *Urochloa decumbens cv.* Basilisk; *Urochloa brizantha cv.* Marandú, *Cynodon Nlemfuensis* (Pasto Estrella); *Cynodon sp*. Tifton 85; Urochloa híbrida MAVUNO; *Axonopus catarinensis* (Pasto Jesuita Gigante); y *Panicum maximum cv.* Aruana. En términos generales se observó que el contenido de proteína bruta en las Gramíneas estuvo dentro del rango de 8-10% en la temporada Primavera-Verano, mientras que TD presentó valores de 19 a 21 %. Ello indicaría que la complementación de la dieta: gramíneas + arbusto forrajero, permitiría aumentar la ingesta diaria de N. Es necesario evaluar los mecanismos que interfieren en el consumo de materia seca de TD a los fines de ajustar prácticas de manejo y diseño de los sistemas pastoriles con la misma.

h) Bienestar animal: 15 meses de observaciones de indicadores climáticos que hacen al bienestar animal

Desde febrero/2023 hasta mayo/2024, se registraron los datos (intervalos de registro de 30 minutos) de: temperatura ambiente (TA), temperatura de globo negro (TGN), humedad relativa ambiente (HRA) y velocidad del viento (VV) en las parcelas "espejo" Pasto estrella a "cielo abierto" y SSP triestrato de Pino híbrido – *Tithonia diversifolia* – Pasto estrella en el campo, de un productor ganadero, ubicado en Montecarlo, Misiones. Dichas variables fueron colectadas gracias a la instalación 2 minicabinas meteorológicas HOBO, una en cada sistema (SSP y CA). Con esos datos se estimó el Índice de Carga Térmica, ICT (Heat Load Index, HLI en inglés) que es más completo y preciso que el convencional Índice de Temperatura y Humedad (ITH) que solo contempla temperatura ambiente y humedad relativa ambiente. Los resultados durante el período más caliente del año (noviembre-marzo) y durante las horas de mayor temperatura (10:00 hs - 17:00 hs) se observan en la Tabla 1.

Tabla 1. Datos ambientales y proporción del tiempo entre las 10:00 y las 17:00 de noviembre a marzo, expuesto a distintas cargas térmicas

	Cielo abierto	SSP triestrato
Temp. Ambiente promedio y máximo (°C)	28,9 / 39,5	28,8 / 38,7
HR (%)	69,0 %	66,3 %
TGN (°C)	35,8	34,2
VV (m s^{-1})	1,7	1,0
ICT Leve y moderado:	**19,6%**	**91%**
ICT caliente, muy caliente:	**38,7%**	**9%**
ICT extremo	**42,7%**	**0,02%**

i) Manejo de los sistemas

i.1.- Manejo de TD en corte y acarreo en rodeos lecheros

Se han implementado sistemas silvopastoriles experimentales en campos comerciales de productores con *Cynodon Nemfluensis*, *Axonopus catarinensis* y *Urochloa brizantha*. En estos últimos casos, si bien no se cuenta con datos experimentales estadísticamente sólidos, los registros de producción diaria de leche, así como ventas y erogaciones de cuatro tamberos que proporcionaban una ración típica de 1,5 kg diarios de una ración en base a maíz (2/3 partes) y *expeller* de soja (1/3 parte), muestran una disminución del 50 % en los costos de suplementación de las vacas lecheras y un incremento en la producción del 15 al 20 % respecto a una base productiva de 16 litros diarios en el período de lactancia por vaca del biotipo Jersey. El primero de los cuatro productores adoptó la TD impulsado por la explicación de sus beneficios ofrecida por sus extensionistas de confianza (INTA). Un factor clave para dicha adopción fue su constatación en campo del excelente estado corporal de los animales de un rodeo de cría que ingerían una dieta pastoril con una composición de 20% TD y 80% *Cynodon nemfluensis*. Posteriormente, este grupo de cuatro tamberos compartió su experiencia con los extensionistas involucrados, enriqueciendo el proceso de incorporación de la tecnología.

i.2.- Recría de terneros de un rodeo de carne, las experiencias en el establecimiento ¨La Pendiente¨, Montecarlo, Misiones

Componente forrajero: Durante ambos ciclos productivos se observó la escasa tolerancia del *C. nlemfuensis* (pasto estrella) al estrés lumínico. Este comportamiento puede estar afectado en menor medida en otras latitudes por el efecto de una mayor radiación incidente a medida que se aproxima al ecuador. En este sentido la oferta forrajera del pasto estrella bajo el dosel arbóreo y arbustivo, fue en promedio inferior en un 55,7% para el ciclo 1 y 65,6 % para el ciclo 2, respecto a la oferta forrajera, de la misma especie, a cielo abierto. Sin embargo, el efecto del sombreamiento bajo SSP respecto a CA, tuvo una consecuencia positiva en cuanto a los parámetros nutricionales evaluados en pasto estrella, donde se observaron incrementos en promedio de 35 y 12 % en el contenido de PB y % DIVMS, respectivamente. El botón de oro participó en promedio en un 22,5 % de la oferta forrajera total del SSP. Si bien tuvo un efecto aditivo a la oferta forrajera del PE, no logró compensar en términos cuantitativos, ya que la biomasa forrajera total del SSP respecto al CA fue de 74 y 82 % durante el primer y segundo ciclo, respectivamente (Tabla 2).

Tabla 2. Promedio de oferta forrajera y parámetros nutricionales de los recursos forrajeros utilizados durante dos ciclos de recría, bajo Sistemas Silvopastoriles (SSP) y cielo abierto (CA)

	Ciclo	Oferta forrajera (kg MS.ha^{-1})	% PB	%FDN	%FDA	%DIVMS
Pasto Estrella Cielo Abierto	1	5.980 ± 1.671	8,1	76,1	39,1	50,1
	2	4.460 ± 972	9,4	72,3	34,2	57,5
Pasto Estrella SSP	1	3.331 ± 1.771	12,4	72,6	38,1	55,2
	2	2.930 ± 833	11,5	69,4	32,3	65,7
Botón de Oro SSP	1	1.130 ± 280	20,4	46,8	36,4	70,1
	2	754 ± 148	16,7	40,1	28,9	82,2

Componente Animal. Los resultados de la producción secundaria en ambos ciclos de recría no son comparables entre ciclos, dado que puede haber efectos confundidos por la influencia de la sequía en el segundo ciclo, además de la diferencia en el manejo del pastoreo, la carga, sexo y duración del periodo evaluado. No obstante, dentro de cada ciclo evaluado no se encontraron diferencias significativas en el Peso vivo (PV) final y la ganancia diaria de peso vivo (ADPV) entre los tratamientos SSP y CA (Tabla 3).

Tabla 3. Peso vivo inicial, peso vivo final, Aumento diario de peso vivo (ADPV) y producción de carne por hectárea durante el período de recría del primer y segundo ciclo bajo el Sistemas Silvopastoriles (SSP) y a cielo abierto (CA)

	Primer ciclo de recría			Segundo ciclo de recría		
	SSP	CA	P valor	SSP	CA	P valor
Peso vivo inicial , kg	242,6±25	234,4±23	0,19	245±17	248± 15	0,41
Peso vivo final , kg	332,4±26	321,7±32	0,17	296 ± 21	295 ± 18	0,88
ADPV kg.animal.día^{-1}	0,64±0,09	0,620±0,12	0,39	0,46 ± 0,1	0,42 ± 0,9	0,13
Producción de carne Kg PV.ha^{-1}	220	214		205	194	



j) Aportes a la sustentabilidad del suelo: P y materia orgánica.

Se ha intentado evaluar los aportes de fósforo (P) al sistema y las contribuciones de materia orgánica en un sistema silvopastoril triestrato Pino híbrido (*P. elliottii x P. caribaea*) – TD - *Cynodon nemfluensis*. Si bien cualitativamente se han observado coloraciones de suelo más oscuras en cercanías de las proyecciones de copa de las plantas de TD, los resultados de laboratorio no indican mayores concentraciones de materia orgánica relacionadas a la especie forrajera. En cuanto a la concentración de nutrientes P y K, se detectó mayor tenor en el suelo (hasta los 30 cm de profundidad) en presencia de TD. Esta información coincide con otros estudios en la región. Más se observó una altísima variabilidad entre las muestras analizadas, por lo que se recomienda realizar nuevos muestreo y análisis en laboratorio, para poder lograr unas conclusiones más fiables.

CONCLUSIONES

Los resultados demuestran que *Tithonia diversifolia* (TD) es tolerante a niveles de sombreamiento del 20% y 40%. Para facilitar el balance de la oferta forrajera, que representa entre el 20% y el 25% de la biomasa total, se recomienda implementar un sistema de pastoreo rotativo con una frecuencia mínima semanal. Asimismo, se registran reportes productivos a campo que señalan una mayor productividad lechera y/o la sustitución parcial de raciones concentradas energético-proteicas cuando la TD se incorpora en la dieta animal. Finalmente, si bien se observa de manera cualitativa un mayor contenido de materia orgánica en los suelos bajo la influencia de la copa de TD en sistemas silvopastoriles (SSP), este efecto aún requiere ser confirmado mediante estudios experimentales.

AGRADECIMIENTOS

El equipo agradece Al Señor el alegre y constructivo intercambio de ideas realizado tanto entre todos los participantes de las acciones con TD en Misiones, Argentina, como con los miembros de la Fundación CIPAV (Colombia) y la Fundación Michoacán Produce (México) que han entusiastamente acompañado y aconsejado los progresos a lo largo de estos tres lustros.

TD-17. Evaluación a la canal y la carne de *Buffalypsos* mestizos finalizados en sistemas silvopastoriles

Evaluation to the carcass and the meat of *Buffalypsos* mestizos finished in silvopastoral systems

J.L. Hernández, J. Iraola, Yenny García, P.L. Hernández*

Instituto de Ciencia Animal, Apartado Postal 24, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba

Correspondencia*: hernandezbaezjorgeluis@gmail.com

RESUMEN

Existe limitada información acerca de la caracterización y calidad de la carne de búfalos machos provenientes de rebaños lecheros de Buffalypso y sus mestizos finalizados en sistemas silvopastoriles en Cuba. El objetivo de este estudio fue evaluar indicadores de la calidad de la carne de búfalos machos enteros finalizados en silvopastoreo con T. diversifolia vc IcaCuba Oc-10. Materiales y Métodos: Fueron utilizados 12 animales, sacrificados en dos grupos de seis animales con edades diferentes 21 y 26 meses, de acuerdo a las normas técnicas del Centro Cárnico Experimental del Instituto de Ciencia Animal. Se realizó análisis de varianza para evaluar entre grupos el peso y rendimiento de la canal, carne comestible total hueso y grasa. Además, se determinó en muestras del *Longisimus dorsis* la coloración de la carne, luminosidad (L*), color rojo-verde (a*) y pigmentación amarilla (b*) y pH. Se encontraron diferencias ($p<0.01$) entre grupos para el peso de la canal y carne total. También, se observó diferencia ($p<0.01$) para los valores de L* en la carne de búfalos de menos edad. Aunque, se encontró diferencia ($p<0.01$) en el color rojo de la carne en el grupo de más edad. El grupo de más edad al sacrificio, mostró mayor peso de la canal y más carne total. Así como, menor luminosidad y mayor coloración roja de la carne en muestras del lomo, en comparación con el grupo sacrificados a los 21 meses de edad.

Palabras clave: *Ganadería, sistemas silvopastoriles, Búfalos de agua*

ABSTRACT

Limited information exists about the meat characterization and quality of male buffalos coming from milk production across *Buffalypso* finished in silvopastoril systems in Cuba. The aim in this study was to evaluate indicators of the meat quality in male buffalos concluded in silvopastoral with *T. diversifolia* vc IcaCuba Oc-10. 12 animals were used, sacrificed in two groups of six animals at different ages 21 and 26 months, according to the technical standards of the Meat Experimental Center of the Institute of Animal Science. Analysis of variance we performed to evaluate between groups the weight and carcass yield, total meat, bone and fat. Also, was determined in samples of the *Longisimus dorsis* the meat coloration, brightness (L *), red-green color (to *) and yellow pigmentation (b *) and pH. There were found differences ($p<0.05$) between groups to weight carcass and total meat. Also, were observed differences ($p<0.05$) in the luminosity indicator (L*) in the buffalo meat the youngest age. Although, was founded differences ($p<0.05$) in the red color of the meat in the group the more age. The group of more age to the sacrifice, showed bigger carcass weight and more total meat. As well as, smaller brightness and color red of the meat in the loin samples, in comparison with the group sacrificed to the 21 months of age.

Keywords: *Livestock, Silvopastoral systems, Water of Buffalo*

INTRODUCCIÓN

Según Mota (2024), varios autores han considerado que resulta trascendente valorar las ventajas del Búfalo de agua como productor de carne, como una alternativa de desarrollo que puede representar una fuente de ingresos para los ganaderos y una opción para contribuir al desarrollo de la región tropical.

En Cuba, desde su introducción en la década del 80 de pasado siglo (Mitat 2020a) ha constituido una especie con un enorme potencial para complementar la producción de carne roja. En la actualidad, el genotipo predominante es el *Buffalipso* mestizo destinado fundamentalmente a la producción de leche (García 2024). Con lo cual, existe limitada información científica acerca de la caracterización y calidad de la carne de los machos provenientes de los rebaños lecheros. En tal sentido, los primeros resultados fueron informados por Fundora *et al.* (2015) quienes compararon el rendimiento de la canal y otros aspectos químicos de la carne de búfalo vs vacunos acebuados, finalizados en pastoreo de gramíneas.

Sin embargo, es insuficiente la información sobre el peso vivo y la edad de sacrificio apropiado en este genotipo para establecer indicadores en la calidad de la carne en Cuba. Además, según Iraola *et al.* (2024) son escasos los resultados en la literatura científica sobre la utilización sistemas de sistemas silvopastoriles destinados al engorde de búfalos en las condiciones de Cuba. Con lo cual, basado en los elementos planteados este trabajo tuvo como objetico evaluar a la canal y la calidad de la carne en Buffalipso y sus mestizos finalizados en silvopastoreo con *T. diversifolia* vc IcaCuba Oc-10.



MATERIALES Y MÉTODOS

Localización y animales**.** La investigación se realizó en el Centro Cárnico Experimental (CCE) del Instituto de Ciencia Animal (ICA), localizado a 22º 53' de latitud norte, a los 82º 02' de longitud oeste y 92 m.s.n.m., Municipio San José de las Lajas, Mayabeque, República de Cuba. Se utilizaron 12 machos enteros, (*Buffalipso* mestizos), finalizados en pastoreo con *T. diversifolia* vc IcaCuba Oc-10 asociado a pastos mejorados (*Cynodum nlemfuensis*); con acceso libre a agua y suministro diario de 60 gramos de sales mineralizadas. La evaluación a la canal y la calidad de la carne se realizó en dos grupos de seis animales cada uno, correspondiente a dos edades al sacrificio de 21 y 26 meses, con pesos vivos promedios de 368 kg y 400 kg, respectivamente,

Condiciones experimentales. Los animales fueron trasladados al CCE del ICA según alcanzaron la edad y peso vivo mencionado, donde permanecieron 24 horas (h) en corraletas con sombra y agua a voluntad. Se sacrificaron los búfalos según las normas técnicas y de calidad establecidas en el CCE, de acuerdo a la comisión de ética de la granja experimental del ICA para el trabajo con animales. Al terminar el faenado se pesaron las canales, el peso en frío se obtuvo a las 24 horas después de su conservación entre 0 y 5.5 °C, donde la merma fue de 1.98 % por refrigeración. Inmediatamente, se trasladaron las canales hacia la sala de deshuese y se procedió a separar las piezas en carne, hueso y grasa total.

Análisis a la canal y la carne. A partir del peso vivo al sacrificio por grupo, se determinó el peso y rendimiento de la canal fría, carne comestible total (primera y segunda), hueso y grasa, respecto al peso al sacrificio. Se adaptó la metodología descrita por Álvarez *et al.* (2014), para el análisis instrumental a muestras tomadas del lomo entre la 10ª y 13ª costillas posterior a las 24 h de sacrificados los animales. Las lecturas de color para carne, se efectuaron en al menos cinco puntos de cada muestra, registrándose las coordenadas luminosidad (L*), color rojo-verde (a*) y pigmentación amarilla (b*); las cuales indican luminosidad e índices de color rojo y amarillo, respectivamente. Así, la determinación de estas lecturas se hizo con ayuda de un colorímetro (modelo CROMA-MATER®).

Análisis estadístico. Se aplicaron modelos mixtos a partir de un PROC MIXED. Se incluyó como efecto fijo la edad (tratamiento) y como efectos aleatorios: manejo al sacrificio de los animales y el error residual. A continuación, se describe el modelo general y sus efectos:

$$Y_{ijkl} = \mu + R_i + b_j + s_k + e_{ijkl}$$

donde:

Y_{ikl}= valor de los indicadores medidos;
μ= media general de las observaciones;
R_i= efecto del i-ésimo edad en meses al sacrificio (i=21 y 26);
b_i= efecto aleatorio al manejo de sacrificio de los animales (i=1, 2,…..12)
e_{ikl}= error aleatorio asociado a las observaciones.

Para los efectos que resultaron significativos en el modelo ($p<0.05$), se aplicó la prueba de comparación múltiple para las medias según la dócima de Tukey–Kramer (Kramer 1956). Se utilizó la función de enlace correspondiente en el modelo empleado para el análisis. El procesamiento de la información se realizó con la ayuda del software SAS (2013).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 1, se muestran los indicadores obtenidos en la evaluación a la canal de los animales. Se encontraron diferencias ($p<0.01$) entre tratamientos para el peso de la canal y carne total. Posiblemente, la edad y peso de sacrificio pudieron incidir en esta diferencia de 6.94 % para peso de la canal fría y 14.43 % de carne total, a favor del grupo que se sacrificó a los 26 meses de edad. El resto de los indicadores evaluados no mostraron diferencias.

Tabla 1. Resumen de los indicadores de la canal de *Buffalypsos* mestizos finalizados en silvopastoreo de *T. diversifolia* vc IcaCuba Oc-10

Indicadores	Edad al sacrificio		EE±	Valor p
	21 meses	26 meses		
Peso Canal Fría, kg	179.32	192.70	0.81	0.0060
Carne Total, kg	101.52	118.64	0.05	0.0240
Hueso, kg	51.71	55.98	0.28	0.4212
Grasa, kg	17.70	18.08	0.22	0.3110

EE: error estándar

Concerniente al rendimiento porcentual para cada una de las partes evaluadas, se reflejan a continuación en la tabla 2. El grupo de 26 meses de edad al sacrificio presentó un rendimiento de la canal fría cercana al 50 %. Sin embargo, se encontró que en ambos tratamientos no superaron el 50 % de rendimiento de la canal. Lo que permitió confirmar los resultados informados por Fundora (2015) sobre el rendimiento de canales en búfalos finalizados en pastoreo para estos grupos genéticos que son predominantes en la población bubalina del país.

De acuerdo con Mitat (2021), la raza *Buffalypso* fue obtenida para producir carne, pero dado el mestizaje desconocido con la raza *Carabao* en Cuba, no son suficientes los estudios de canales. Así, estudios preliminares en silvopastoreos, pueden contribuir a la comunidad científica sobre los resultados de rendimientos de la canal promedio con estos cruces. No obstante, Zava (2022) argumentó que animales más pesados al sacrificio y edades similares a este estudio con otras razas de búfalos pueden sobrepasar rendimiento del 50 % en la canal; tampoco son relevantes con respecto al rendimiento en canal de los vacunos; pero los búfalos pueden entregar más kilogramos de carne, dada su eficiencia de conversión alimenticia y otras ventajas fisiológicas como especie entre los rumiantes (Bernardes 2022).

Tabla 2. Valores porcentuales del rendimiento respecto al peso al sacrificio de *Buffalypsos* mestizos finalizados en silvopastoreo de *T. diversifolia* vc IcaCuba Oc-10

Indicadores	Edad al sacrificio		DE
	21 meses	26 meses	
Rendimiento Canal Fría, %	48.72	49.15	3.02
Carne total, %	27.58	29.66	4.15
Hueso, %	14.05	14.96	1.14
Grasa, %	4.80	4.53	0.72

DE: desviación estándar

Referente a los valores promedios de coloración de la carne en muestras del lomo (Tabla 3). Se encontró diferencia ($p<0.01$) para los valores de luminosidad y color rojo. En ese sentido, se observó que el grupo de más edad al sacrificio presentó un valor más oscuro y más rojo en las muestras de carne; el elemento de la coloración roja con el incremento de la edad es una característica esperada, sin que se demerite la calidad de la carne de búfalo al compararla con el color rojo de los vacunos. Lo que confirman los resultados están en correspondencia para búfalos con lo planteado por Cruz-Monterrosa *et al*. (2020) y Napolitano *et al*. (2020) concerniente a la presencia de una mayor cantidad de hierro en músculo respecto al vacuno. Los restantes valores de pH, índice b* no difirieron entre grupos.

Tabla 3. Parámetros de color y pH de la carne a muestras del lomo de *Buffalypsos* mestizos finalizados en silvopastoreo de *T. diversifolia* vc IcaCuba Oc-10

Indicadores	Edad al sacrificio		EE±	Valor P
	21 meses	26 meses		
L* (carne)	35.11	32.16	0.03	0.0012
a* (carne)	11.97	14.00	0.01	0.0060
b* (carne)	7.29	7.31	0.05	0.7240
pH	5.79	5.80	0.05	0.6232

EE: error estándar

El decrecimiento porcentual de luminosidad de un 8.40 % aproximadamente en el grupo de más edad al sacrificio, pudo estar relacionado con lo argumentado por Fiorentini *et al*. (2018), sobre la edad al sacrificio, entre otros factores. En ese sentido, varios trabajos en la literatura científica han referido que los búfalos finalizados en pastoreo, los componentes químicos contenidos en la fracción lipídica podrían pasar a la carne afectando su color con la edad; consecuencia de los componentes derivados de los carotenos que no son degradados totalmente en rumen.



Referente a los valores de pH encontrados a las muestras de lomo en este trabajo, concuerdan con los resultados informados por diferentes autores, acordes con lo esperado en la carne de búfalo que se encuentran comprendidos entre los valores de 5.3 y 5.9 (Legako *et al*. 2018, De la Cruz *et al*. 2019). Finalmente, los valores obtenidos en las muestras de lomo de animales finalizados en pastoreo de gramíneas, L*, a* y b* y pH entre 5.7 y 5.9 están dentro de los rangos aceptables para la caracterización de la carne de esta especie.

Se concluye que los *Buffalypsos* mestizos finalizados en silvopastoreo con *T. diversifolia* vc IcaCuba Oc-10, el grupo de más edad al sacrificio, mostró mayor peso de la canal fría y más carne comestible total. Así como, menor luminosidad y mayor coloración roja de la carne en muestras del lomo, en comparación con el grupo sacrificados a los 21 meses de edad.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a los técnicos del Departamento de Producción de Rumiantes y los trabajadores del Centro Cárnico Experimental del Instituto de Ciencia Animal por el apoyo brindado para realizar esta investigación.

BIBLIOGRAFÍA

Álvarez, R., Valera, M., Alcalde, M. J. 2014. Nota técnica. Carne de vacuno normal vs. DFD: valoración por un panel de consumidores y comparación mediante pH y color. *Rev ITEA*, 110(4), 368-373. http://dx.doi.org/10.12706/itea.2014.023.

Bernardes, O. 2022. El Búfalo en la región: retos y oportunidades para el búfalo en las Américas. XX Simposio de Búfalos de las Américas, pp. 13-18. https://youtu.be/C0QhgJJZeJk.

Cruz-Monterrosa, R. G., Mota-Rojas, D., Ramírez-Bribiesca, E., Mora-Medina P., Guerrero-Legarreta I. 2020. Scientific findings on the quality of river buffalo meat and it's prospects for future studies. *Journal of Buffalo Science*, 9, 170-180. https://doi.org/10.6000/1927-520X.2020.09.18.

De La Cruz, L. A., Romero-Peñuela, M., Gustavo, C., Berdugo-Gutiérrez, J., Reyes, J., Roldan, P. 2019. Características fisicoquímicas y organolépticas en la carne de búfalo de agua y sus diferencias con la carne del ganado cebú. Entorno Ganadero, 93, 84-96. https://bmeditores.mx/ganaderia/caracteristicas-fisicoquimicas-y-organolepticas-en-la-carne-del-bufalo-de-agua-y-sus-diferencias-con-la-carne-del-ganado-cebu-2014/.

Fiorentini, G., Santana, M.O., Messana, J.D., Valente, A.L.S., Arter, C.J.H., Rabelo, C.H.S., Barbero, R, Lanna, D.P.D., Reis, R.A., Berchielli, T.T. 2018. Effect of lipid sources on fatty acid profiles of meat from pasture and feedlot finished Nellore bulls. *Livestock Science*, 1-36. https://doi.org/10.1016/j.livsci.2018.03.006.

Fundora, O. 2015. Comportamiento del Búfalo de agua (*Bubalus bubalis*) de la raza Buffalipso en sistemas de alimentación basado en pastoreo: quince años en el Instituto de Ciencia Animal. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 49(2), 153-160. ISSN 0034-7485.

García, Y. 2024. Caracterización genética de la producción de leche y la reproducción para la selección de Buffalypsos mestizos. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Veterinarias, Universidad Agraria de la Habana, Cuba, pp. 96.

Iraola, J., García, Yenny., Hernández, J.L. 2024. Evaluación del crecimiento de búfalos de rio (bubalus bubalis) de la raza buffalipsos mestizos en un sistema silvopastoril de Tithonia diversifolia vc IcaCuba Oc-10. (Nota Técnica). *Livestock Research for Rural Development*, 36(5). http://www.lrrd.org/lrrd36/5/3650jira.html.

Kramer, C.Y. 1956. Extention of multiple range tests to group means with unequal numbers of replications. *Biometric*. 12, 307-310.

Legako, J.F., Cramer, T., Yardle, K., Murphy, T.J., Gardner, T., Chail, A., Pitche, L.R., MacAdam, J.W. 2018. Retail stability of three beef muscles from grass-legume and feedlot-finished cattle. *Journal of Animal Science*, 96: 2238–2248. http://doi.org/10.1093/jas/sky125.

Mitat, A. 2021. Búfalos de agua. Oro negro de la ganadería. Tomo I, pp. 191. ISBN: 978-959-7198-24-6

Napolitano, F., Mota-Rojas, D., Guerrero-Legarreta, I., Orihuela, A. 2020. El búfalo de agua en Latinoamérica, hallazgos recientes. Capítulo 8. 3ª Edición. BM Editores, derechos reservados pp. 309-358.

Statistical Analysis System Institute (SAS). 2013. Statistics. Version 9.1.3. Institute. INC, Cary, N.C., USA.

Zava, M. 2022. El búfalo: ventajas comparativas, mayor rentabilidad y eficiencia productiva facilitada por su fisiología nutricional. XX Simposio de Búfalos de las Américas. Pp 52-56. https://youtu.be/9aA-0NaWdPw.

TD-18. Evaluación de consumo en un sistema silvopastoril con *Tithonia diversifolia* en vacas Jersey en Costa Rica

Evaluation of consumption in a silvopastoral system with *Tithonia diversifolia* in Jersey cows in Costa Rica

M. Castillo Umaña[1]; E. Sánchez Brenes[1]; J. Padilla, Fallas[1]; L.M. Arias Gamboa[2]*

[1]Universidad Nacional de Costa Rica, [2]Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica

Correspondencia*: miguel.castillo.umana@una.cr

RESUMEN

Se realizó una evaluación en un sistema silvopastoril (SPS) con girasol silvestre (T. diversifolia) pastoreado por vacas lecheras Jersey ubicado en la Estación Experimental Santa Lucía de la Universidad Nacional en Costa Rica. Consistió en implementar el pastoreo en un sistema silvopastoril donde se suministró biomasa de girasol silvestre correspondiente al 15% de la materia seca del alimento balanceado comercial (ABC) comúnmente ofrecido a las vacas en sistemas lecheros intensivos. Para esto, se utilizaron 10 vacas lactantes multíparas, que pastorearon durante 3 medias jornadas en 5 potreros de 470 m², los cuales contaban con 3 hileras de 20 plantas de T. diversifolia para un total de 60 plantas por potrero, así como pasto estrella africano (Cynodon nlemfuensis) como cubierta del suelo. Antes del ingreso de los animales, los forrajes fueron estandarizados para proporcionar 56 días de rebrote para T. diversifolia y 28 días para C. nlemfuensis. El resto de la dieta de los animales consistió en Pasto Rey (Pennisetum purpureum) y CBF. Para esta validación, se determinó el comportamiento alimentario de los animales, así como su consumo de materia seca y consumo de nutrientes. El consumo de materia seca de pasto estrella africano y girasol silvestre fue de 0,96 y 0,74 kg de MS/animal/día, respectivamente. El consumo de nutrientes basado en la calidad bromatológica de los forrajes fue de 134 y 142 g de proteína cruda (PC) para pasto estrella africano y girasol silvestre, respectivamente. El consumo neto de energía para lactación (ENL) fue de 1,13 Mcal/kg y 0,87 Mcal/kg de pasto estrella africano y girasol silvestre, respectivamente.

Palabras clave: *forraje, rumiantes, pastoreo*

ABSTRACT

An assessment was carried out on a silvopastoral system (SPS) with wild sunflower (T. diversifolia) grazed by Jersey dairy cows located at the Santa Lucía Experimental Farm of the National University in Costa Rica. It consisted of implementing grazing in a silvopastoral system where wild sunflower biomass corresponding to 15% of the dry matter of commercial balanced feed (CBF) commonly offered to cows in intensive dairy systems was provided. For this, 10 multiparous lactating cows were used, which grazed for 3 half-days within 5 paddocks of 470 m2 , which had 3 rows of 20 T. diversifolia plants for a total of 60 plants per paddock, as well as African Stargrass (Cynodon nlemfuensis) as ground cover. Prior to the animals' entry, the forages were standardized to provide 56 days of regrowth for T. diversifolia and 28 days for C. nlemfuensis. The rest of the animals' diet consisted of King Grass (Pennisetum purpureum) and CBF. For this validation, the animals' feeding behavior was determined, as well as their dry matter intake and nutrient consumption. The dry matter consumption of african stargrass and wild sunflower was 0.96 and 0.74 kg DM/animal/day, respectively. Nutrient consumption based on the bromatological quality of the forages was 134 and 142 g of crude protein (CP) for african stargrass and wild sunflower, respectively. Net lactation energy consumption (ENL) was 1.13 Mcal/kg and 0.87 Mcal/kg from african stargrass and wild sunflower, respectively.

Keywords: *forage*, *ruminants, grazing*

INTRODUCCIÓN

La alimentación animal se ha convertido en un reto para los productores nacionales. El alto costo de la alimentación en sistemas de producción de leche es uno de los rubros más importantes a considerar debido a que este alcanza el 46,25% de los costos totales de un kilogramo de leche producido; además, la escasez de alimentos y altos costos de fuentes suplementarias como el alimento balanceado (AB) han incurrido en que los productores se encuentren frente a sistemas de producción no rentables.

El alza en AB es un punto clave en el desarrollo de las lecherías especializadas debido a la alta dependencia a estos insumos, especialmente en sistemas de alta producción en la cual el suplemento es aún mayor. Esta situación, sumada al alza de las fuentes proteicas y el uso de concentrados de forma poco eficiente causa que la producción no siempre sea mayor y que los costos vayan en aumento (Villarreal 2020).





Esta situación ha generado en los productores, el interés de buscar opciones alternativas a la alimentación animal en las fincas lecheras. Algunas de las alternativas que se pueden valorar, son los sistemas silvopastoriles, los cuales han sobresalido como una opción viable para la producción sustentable debido al aprovechamiento del forraje de distintas especies forrajeras en el mismo espacio, generando una mayor producción de biomasa disponible. Esta estrategia permite ofrecer al animal, especies forrajeras mejoradas como lo son pastos y complementar con uso de plantas de altos niveles de proteína que en conjunto brinden a los animales una alta calidad nutricional con la ventaja de que es el mismo animal el que lo cosecha, logrando así una disminución en los costos tanto de alimentación como de la mano de obra (Camero Rey 2020).

En los sistemas pastoriles destaca la utilización de la planta "Botón de oro" (*Tithonia diversifolia*) la cual se ha logrado establecer y evaluar en sistemas de producción silvopastoril, con valores de proteína cruda (PC) que oscilan dentro del 14,80% al 28,70% dependiendo del manejo que se le brinde. Evaluaciones realizadas señalan que, está planta puede llegar a suplementar hasta un 25% de la dieta en vacas lecheras sin detrimento en la producción, resultados que han sido asociados a su alto valor proteico y la alta digestibilidad *in vitro* de su materia seca (DIVMS), alcanzando valores de hasta 73,50% (Paniagua *et al*. 2019).

La *T. diversifolia* es una planta forrajera que cuenta con características que le brinda una alta robustez para su establecimiento y rebrote, permitiendo una alta producción de biomasa que puede variar de entre 30 y 70 ton/ha por año de materia fresca. Esto permite, que en sistemas silvopastoriles con inclusión de esta planta, se logren mayores contenidos de alimento disponible para los animales sumado a la alta calidad, lo que permite mantener una mayor producción (Vázquez *et al*. 2021).

La finalidad de este trabajo fue la evaluación del comportamiento ingestivo y consumo por parte de vacas lecheras de materia seca y nutrientes de un sistema silvopastoril con *T. diversifolia,* para la generación de estrategias de implementación en fincas ganaderas que permitan disminuir costos, aumentar la resiliencia y disminuir la dependencia a insumos externos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se desarrolló una prueba de comportamiento ingestivo y consumo en un sistema silvopastoril con *T. diversifolia*, en vacas de la raza Jersey en la Finca Experimental Santa Lucía de la Universidad Nacional de Costa Rica (FESL).

Ubicación:

La prueba de consumo y comportamiento ingestivo, se realizó en un silvopastoril con *T. diversifolia* ya establecido desde el año 2015 en la FESL ubicada en el cantón de Barva, provincia de Heredia, Costa Rica.

Sistema silvopastoril ha utilizado: El sistema silvopastoril utilizado constó de un área total de 2358 metros cuadrados, divididos en 5 potreros de 470 metros cuadrados. En cada uno de estos potreros existe un arreglo silvopastoril de tres franjas de 37 metros de longitud de *T. diversifolia* con pasto de piso estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*). Se contó con un total de 20 plantas por línea y 60 plantas por potrero con una producción media de 6 kg por planta para una oferta de 360 kg de forraje verde de *T. diversifolia* por potrero.

Previo a la prueba de consumo y comportamiento ingestivo las plantas fueron uniformizadas para que los animales tuvieran una oferta de material vegetal de *T. diversifolia* entre 56 y 60 días de rebrote. El pasto de piso también fue uniformizado para que los animales tuvieran una oferta de forraje de 28 días de rebrote.

Previo al ingreso de los animales se evaluó la calidad bromatológica de la *T. diversifolia* y pasto estrella para estimar la calidad nutricional y aporte de nutrientes de ambas especies al momento del consumo. El análisis bromatológico contempló la materia seca determinada en estufa a 60 °C durante 48 h, proteína cruda, extracto etéreo, cenizas, con la metodología del AOAC (1998). La fibra en solución detergente neutro (FDN), fibra en solución detergente ácida (FDA) y lignina (Van Soest y Robertson, 1985), energía metabolizable y energía neta de lactancia se estimó utilizando la metodología propuesta por Detmann, et al., (2008) y las ecuaciones propuestas por el NRC (2001). Realizados en el laboratorio de análisis de productos vegetales y animales de la Escuela de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Costa Rica (LAPAV).

Manejo y alimentación de los animales en el SSP:

Para el desarrollo de la prueba se utilizaron 10 vacas adultas de la raza Jersey multíparas que se encontraban en su segundo tercio de lactancia con un promedio de producción de 13 kg de leche por día. Las vacas mantuvieron una rutina de dos ordeños diarios a las 5:00 y 16:00 horas. Los animales tuvieron un tiempo de ocupación de pastoreo de 3 medios días por potrero para un total de 15 días de evaluación. Siendo el tiempo entre ordeños de 7:20 a 15:00, el utilizado para la evaluación.

Se realizó un análisis de la ración completa de los animales según el consumo para garantizar la satisfacción del requerimiento nutricional según las condiciones productivas individuales.

La alimentación de los animales fue a base de forrajes en el sistema silvopastoril y suplementación con AB comercial, pasto de corte King grass y *T. diversifolia*. La suplementación con AB (4,40 kg de MS) fue un 15% menor a la suplementación convencional y normal de las vacas en un sistema de pastoreo tradicional el cual es de normalmente 5,17 kg de MS de AB por animal por día, acompañado de 2,7 kg MS de pasto King Grass (*Pennisetum purpureum*) por día. La diferencia en la oferta de kg de materia seca de suplemento de AB (0,77 kg de materia seca por animal por día) se ofertó en el sistema silvopastoril con *T. diversifolia*, requiriéndose 5,27 kg de material verde por vaca por día considerando un 15% de materia seca. La oferta requerida para 10 vacas por día fue de 65,75 kg MS por día, lo cual es inferior a la oferta disponible de 85,20 kg MS de forraje y de *T. diversifolia* por potrero, lo que no limitó su consumo.

Determinación del consumo de materia seca y comportamiento ingestivo:

Para determinar el consumo de materia seca se realizó una medición de las 3 plantas en cada línea de T. diversifolia para determinar la oferta previa al pastoreo. Posterior a los 3 días de ocupación, se volvió a medir 3 plantas para determinar el remanente y por diferencia estimar el consumo.

Para determinar el consumo de proteína bruta y energía neta de lactancia, se multiplicó el consumo de materia seca de cada uno de los forrajes y se multiplicó por el valor bromatológico analizado en el laboratorio.

El comportamiento ingestivo se realizó mediante la observación visual de cada uno de los animales cada 20 minutos durante el periodo entre ordeños en el día una vez en cada potrero al tercer día de ocupación. La clasificación del comportamiento ingestivo fue la siguiente: de pie comiendo, de pie rumiando, de pie sin actividad ingestiva, echada comiendo, echada rumiando y echada sin actividad ingestiva. Con esta información se realizaron gráficos del forraje seleccionado al momento de consumo y de la distribución de la actividad ingestiva entre el periodo de ordeño del día.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Comportamiento Ingestivo

Como se observa en la tabla 1, en el comportamiento ingestivo predominó el comportamiento "De Pie Sin Actividad" (DPS) con un 37,10%, seguido de "De Pie Comiendo" (DPC) con un 28,10% y "De Pie Rumiando" (DPR) 13,30%. Además, como lo indica la figura 1 la actividad predominante en la primera hora (7:20 a las 8:20) fue la de DPC, posteriormente predominó DPS especialmente en el periodo de las 11:00 al mediodía.

Por otra parte, la rumia inició una hora posterior a la entrada de los animales al SSP, especialmente de pie, con un aumento de las 12:00 mediodía a las 13:40 y en horas de la tarde se logró observar un aumento en las vacas en rumia pero "Echadas Rumiando" (ER). De igual manera el comportamiento "De Pie Bebiendo" (DPB) se distribuyó de forma uniforme durante todas las horas de evaluación. En el caso del comportamiento en horas de la tarde se observó un aumento en las vacas "Echadas Sin Actividad" (ES).

Tabla 1. Distribución de frecuencias del comportamiento ingestivo de las vacas Jersey en el sistema silvopastoril

Frecuencia	Comportamiento ingestivo							Total
	DPC	DPR	DPB	DPS	EC	ER	ES	
Absoluta	328	155	69	434	1	56	126	1169
Relativa	28,10	13,30	5,90	37,10	0,10	4,80	10,80	100

DPC= De Pie Comiendo, DPR= De Pie Rumiando, DPB= De Pie Bebiendo, DPS= De Pie Sin Actividad, EC= Echada Comiendo, ER= Echada Rumiando, ES= Echada Sin Actividad



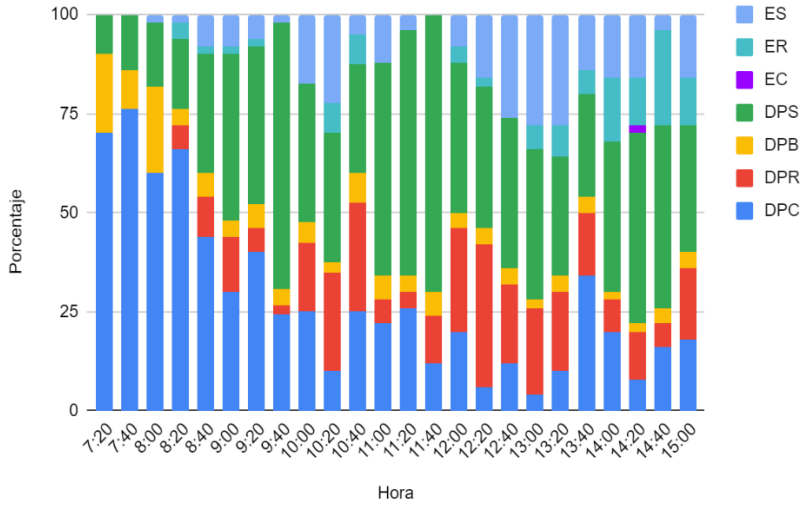


Figura 1. Distribución del comportamiento ingestivo por actividad comiendo, rumiando, bebiendo, sin actividad por hora del día

El comportamiento ingestivo está relacionado a las condiciones en la cual un animal se encuentra expuesto, en este caso el estrés calórico podría ser uno de los factores que afectó a los animales disminuyendo la actividad de los animales, así como aumentando el consumo de agua, esto especialmente en las horas de mayor temperatura y humedad al igual que la exposición de los animales a la radiación solar (Skonieski *et al.* 2021).

Como lo indica la figura 2, las temperaturas en la FESL alcanzaron la temperatura diaria más alta en las horas cercanas al mediodía 11:00 a 13:00, siendo mayor a los 25°C en la mayoría de los días de evaluación señalados como puntos en rojo en la gráfica. Como lo indican Correa *et al.* (2022), la zona de termoneutralidad de las principales genéticas lecheras se encuentra entre los 5 a 25°C en vacas lactantes. De igual manera NASEM (2021), indica que temperaturas mayores los 25°C causan respuestas fisiológicas debido al estrés calórico como una disminución del consumo de MS así como también la activación del sistema inmunológico, aumento en la frecuencia respiratoria y jadeos.

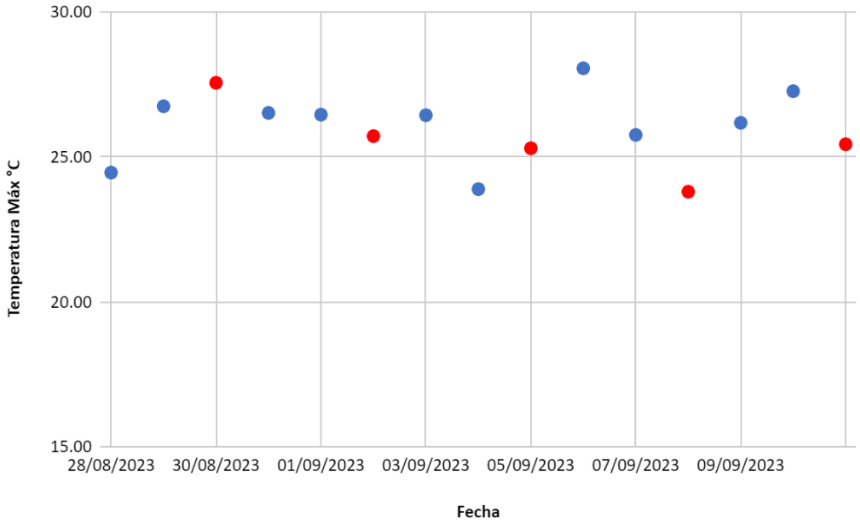


Figura 2. Temperaturas máximas registradas en grados Celsius por la estación meteorológica del Instituto Meteorológico Nacional (IMN) ubicada en la FESL, durante el periodo de evaluación de los animales

Como se mencionó previamente y en base en la figura 1 y 2, se logra observar que los animales en las horas más cálidas de 11:00 a 11:40 el porcentaje de animales DPS aumentó a 54% y hasta el 70% lo cual demuestra una disminución en el comportamiento ingestivo debido a las condiciones climáticas a los que fueron expuestos.

Por otra parte, en las primeras horas los animales se encontraban con un mayor comportamiento DPC y DPB, esto podría estar relacionado a que los animales vienen del proceso de ordeño y se encuentran nuevamente en el proceso de producción de leche y llenado de la ubre, así como la movilización del potrero a la sala de ordeño y nuevamente de regreso al potrero como lo indica Capelesso (2020), mostrando el aumento en la voracidad en este periodo.

En el caso del comportamiento DPS, ER y DPR se debe considerar que, en los SSP, se cuenta con diferentes fuentes de forraje para los animales así como sombra, lo cual permite que el animal pastoree y posteriormente inicie la rumia, esto es importante ya que al finalizar el consumo del forraje se puede presentar la rumia o descanso (Benavidez *et al.* 2020).

De igual manera Ortiz (2020), reporta cambios en el comportamiento ingestivo de animales que cuentan con sombra en relación con el índice de temperatura humedad (ITH) el cual al aumentar por las condiciones del clima puede afectar el tiempo de consumo o rumia siendo mayor el tiempo en descanso e iniciando la rumia en horas más frescas. Esto concuerda con lo obtenido en este estudio debido a que la rumia se presenta tras el consumo del forraje a las 10:00 horas; sin embargo, de 11:00 a 11:40 se presenta una disminución notable en la rumia la cual reanuda a las 12:00.

Consumo de materia seca y nutrientes

En la tabla 2, se logró observar que el aparto 4 fue el que contó con mayor disponibilidad de materia seca de ambas especies permitiendo un consumo grupal aproximado de 12,81 kg de MS de pasto estrella y 13,04 kg de MS de botón de oro.

Se observó que el consumo de materia seca fue diferente en los distintos apartos y esto pudo estar asociado a la diferencia en la oferta de los forrajes ya que en algunos apartos las plantas tuvieron diferente tasa de crecimiento. En el aparto 1 el consumo de MS de pasto estrella y botón de oro fue de 0,65 kg y 0,60 kg animal/día respectivamente. En el aparto 2 el consumo fue de 0,77 kg y 0,60 kg animal/día para pasto estrella y botón de oro.

Los mayores consumos de materia seca se presentaron en los apartos 3, 4 y 5. En el aparto 3 el consumo de MS fue de 1,30 kg y 0,58 kg animal/día para pasto estrella y botón de oro respectivamente, en el aparto 4 fue de 1,28 kg y 1,30 kg animal/día para pasto estrella y botón de oro respectivamente y el aparto 5 se presentó un consumo de MS de 0,84 kg animal/día de pasto estrella y 0,98 kg animal/día botón de oro.

Tabla 2. Cantidad de materia seca (MS) consumido por grupo y por animal en los distintos apartos

	Consumo de MS (kg/grupo/día)			Consumo de MS (kg/animal/día)		
# Aparto	**Estrella**	**Botón de oro**	**Total**	**Estrella**	**Botón de oro**	**Total**
1	6,21	4,13	10,34	0,62	0,41	1,03
2	7,34	4,12	11,46	0,73	0,41	1,15
3	13,01	5,83	18,83	1,30	0,58	1,88
4	12,81	13,04	25,85	1,28	1,30	2,58
5	8,40	9,81	18,20	0,84	0,98	1,82
Promedio	9,55	7,38	16,94	0,96	0,74	1,69

Los apartos 1 y 2 fueron los que contaron con una menor disponibilidad de MS tanto de pasto estrella como de botón de oro como se observa en el anexo 1, los apartos 3, 4 y 5 contaron con una mayor oferta de biomasa debido a la tasa de crecimiento de los forrajes. La variación entre la cantidad de biomasa disponible también está relacionada con su aprovechamiento, como se observa en el anexo 2, el aprovechamiento aumenta conforme aumenta la oferta del forraje.

En el caso del aprovechamiento del botón de oro, en promedio se encontró en un 54%, esto concuerda con lo descrito por Lazo *et al*. (2015), los cuales reporta valores de aprovechamiento de hasta un 53,10% con tiempos de rebrote de entre 60 a 90 días. Para esta evaluación se debe de tener en cuenta que la carga animal fue alta en un corto periodo de estancia en los apartos, así como una alta oferta de biomasa asociada a la fertilización aplicada (200 kg N/ha) a la *T. diversifolia*. Ambos factores podrían estar relacionados al alto porcentaje de aprovechamiento de la planta como lo menciona Lazo *et al*. (2015).

Calidad bromatológica y consumo de nutrientes

En la tabla 3, se muestra el análisis bromatológico de los forrajes utilizados en el SSP. Se determinó un contenido de materia seca de 21,97% en el pasto estrella y un 10,71% en el botón de oro, en el caso de la proteína cruda se obtuvo un valor de 13,78% en el pasto estrella el cual se encuentra sobre los valores reportados habitualmente para la FESL y un 19,47% en el botón de oro.

Tabla 3. Calidad bromatológica del pasto estrella (Cynodon nlemfuensis) y el botón de oro (Tithonia diversifolia) en los potreros previo al ingreso de los animales

Forraje	MS 60°C	MS 105°C	FND %	FAD%	LIG%	EE%	PC%	CE%	EM Mcal/kg	ENL Mcal/kg
Estrella	21,97	98,06	70,15	29,41	5,10	0,91	13,78	11,08	1,92	1,18
Botón de oro	10,71	97,30	45,06	27,34	14,66	2,54	19,47	16,23	1,92	1,18

MS: Materia seca, FND: Fibra neutro detergente, FAD: Fibra ácido detergente, LIG: Lignina, EE: Extracto etéreo, PC: Proteína cruda, CE: Cenizas, EM: Energía metabolizable, ENL: Energía neta de lactancia.

Se estimó la cantidad de proteína cruda (PC) y energía neta de lactancia (ENL) consumida por grupo de animales y de forma individual en los distintos apartos. En los dos últimos apartos, las plantas de botón de oro fueron la fuente principal de nutrientes para el animal, caso contrario en los 3 primeros apartos donde el pasto estrella fue el que aportó mayor PC y ENL. En la tabla 4 se puede observar el consumo de PC y ENL en cada aparto.

En promedio, los animales consumieron diariamente 142 g de PC y 0,87 Mcal/kg de ENL por parte de la *T. diversifolia* y 134 kg de PC y 1,13 Mcal/kg de ENL del *C. nlemfuensis,* cumpliendo en sustituir el 15% del AB que se retiró de la dieta para el ensayo, siendo 0,77 kg de MS del AB con 18% PC y 1,85 Mcal/kg MS ENL, con un aporte a la dieta de 138,6 g de PC y 1,42 Mcal/kg de ENL.

Tabla 4. Cantidad de proteína cruda (PC) y Energía Neta de Lactancia (ENL) consumido por animal en los distintos apartos

	Consumo de PC (g/animal/día)			Consumo de ENL (Mcal/kg/animal/día)		
# Aparto	Estrella	Botón de oro	Total	Estrella	Botón de oro	Total
1	90	80	170	0,73	0,49	1,22
2	100	80	180	0,87	0,49	1,36
3	180	110	290	1,53	0,69	2,22
4	180	250	430	1,51	1,54	3,05
5	120	190	310	0,99	1,16	2,15
Promedio	134	142	276	1,13	0,87	2,20

Como se muestra en la figura 3, cuando los animales se encontraban DPC, la selección del forraje se logró identificar que durante el minuto de observación consumieron tanto el pasto estrella como el botón de oro siendo con un 44,1% y 40,1% respectivamente del total de las 328 observaciones de animales DPC.

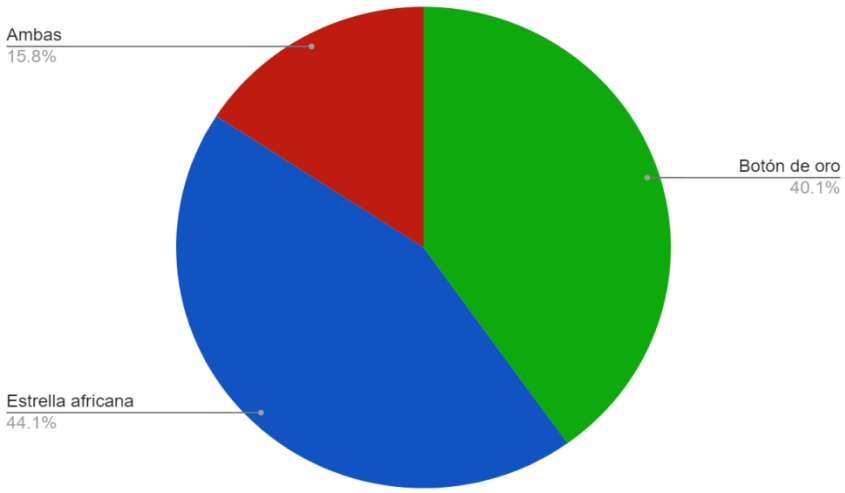


Figura 3. Distribución del forraje seleccionado por las vacas al momento de evaluar el comportamiento ingestivo (Comiendo) durante un minuto

Además, se contó con un 15,80% en el cual los animales consumieron tanto pasto estrella como botón de oro durante la observación, con estos porcentajes uniformes se logra identificar que a pesar de la selección realizada por los animales no se presentó en este estudio una diferencia en la preferencia de consumo.

CONCLUSIONES

Se identificó un comportamiento ingestivo favorable a la actividad de consumo de alimento forrajero mayormente en las primeras horas posteriores al ingreso al SSP, el cual fue disminuyendo para dar paso a un aumento en otras actividades como la rumia en vacas tanto echadas como de pie principalmente en las horas de la tarde y previo a la salida del SSP.

Se logró demostrar el consumo de la planta botón de oro (*T. diversifolia*) en un porcentaje similar al pasto estrella (*C. nlemfuensis*) dentro de SSP.

BIBLIOGRAFÍA

Benavides, A., López, E., López, F., y Vivas, G. 2020. Influencia de los sistemas silvopastoriles en la conducta alimentaria de vacas lecheras Holstein. *Sathiri: sembrador*, *15*(2), 199-206. https://doi.org/10.32645/13906925.988.

Camero Rey, L. A. 2020. Fijación de carbono en un sistema silvopastoril (*Erythrina berteroana* Urban y *Brachiaria brizantha* CV Toledo) de una explotación lechera en la Región Huetar Norte de Costa Rica. *Revista AgroInnovación en el Trópico Húmedo*, *2*(2), 19-26. https://revistas.tec.ac.cr/index.php/agroinn/article/view/5194/4921.

Capelesso, A. 2020. Alimentación de vacas lecheras en pastoreo: factores que impactan en la eficiencia del uso de los alimentos. [Tesis de doctorado]. Universidad de la República. Uruguay. https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/29097/1/Tesis%20doctorado%20Capelesso%20-%20Agosto%202021%20Udelar.pdf.

Correa-Calderón, A., Avendaño-Reyes, L., López-Baca, M., y Macías-Cruz, U. 2022. Estrés por calor en ganado lechero con énfasis en la producción de leche y los hábitos de consumo de alimento y agua. Revisión. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, *13*(2), 488-509.

Detmann, E., Valadares Filho, S. C., Pina, D. S., Henriques, L. T., Paulino, M. F., Magalhães, K. A., ... & Chizzotti, M. L. 2008. Prediction of the energy value of cattle diets based on the chemical composition of the feeds under tropical conditions. *Animal Feed Science and Technology*, *143*(1-4), 127-147.

Lazo, J. A., Fraga, G. A., Santos, L. T., y Sampaio, R. A. 2015. Comportamiento productivo de *Tithonia diversifolia* en pastoreo con reposos diferentes en ambas épocas del año. *Development*, *27*, 6. https://www.researchgate.net/profile/Jatnel-Alonso-Lazo/publication/283653241_Productivity_performance_of_*Tithonia_diversifolia*_in_grazing_with_different_rest_times_during_both_seasons_of_year/links/5b1845dbaca272021cee215e/Productivity-performance-of-*Tithonia-diversifolia*-in-grazing-with-different-rest-times-during-both-seasons-of-year.pdf.



National Academies of Sciences, Engineering and medicine (NASEM), 2021. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle: Eighth Revised Edition*. Washington, DC: The National Academies Press. https://doi.org/10.17226/25806

National Research Council (NRC). 2001. Nutrient requirements of dairy cattle. 7th ed. National Academy Press. Washington DC. 408 p.

Ortiz Texon, M. 2021. Indicadores de bienestar en vacas lecheras en pastoreo con acceso a sombra artificial.[Tesis doctoral]. Universidad Autónoma de Chapingo. https://repositorio.chapingo.edu.mx/server/api/core/bitstreams/4e2041b3-7775-4f7a-9522-1f60fafba992/content.

Paniagua Hernández, D., Castillo Umaña, M. Á., Arias Gamboa, L. M., Alpizar Naranjo, A., y Padilla Fallas, J. 2019. *Evaluación productiva y bromatológica del "Botón de oro" (Tithonia diversifolia) como suplemento alimenticio en rumiantes* (1, 1st ed.) [Boletín técnico]. Heredia, Costa Rica.

Skonieski, F.R., Souza, E.R.d., Gregolin, L.C.B. Fluck, A.C., Costa, O.A., Destri, J. y Neto, A. 2021. Physiological response to heat stress and ingestive behavior of lactating Jersey cows in silvopasture and conventional pasture grazing systems in a Brazilian subtropical climate zone. *Tropical Animal Health and Production*, *213*(53). . https://doi.org/10.1007/s11250-021-02648-9.

Van Soest, P.J. y Robertson, J.B. 1985. Analysis of forages and fibrous food. AS 613. Cornell University, A Laboratory Manual. Department of Animal Science. Ithaca NY. 613p.

Vázquez, A., Vázquez, Á. C., Iriban Díaz, C. A., Castillo Almeida, G., y Benítez Odio, M. 2021. Sistema silvopastoril con *Tithonia diversifolia* establecida con mínimo laboreo, alternativa tecnológica a fomentar en sistemas ganaderos. *Avances*, *23*(3). https://www.redalyc.org/journal/6378/637869395003/637869395003.pdf.

Villarreal, L. R. 2020*. Caracterización de la ganadería lechera familiar en los distritos de Tayutic, Tuis y La Suiza, Turrialba, Costa Rica.* [Tesis de Maestría]. Turrialba, Costa Rica. https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/11638/Caracterización_de_la_ganadería_lechera_familiar.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

TD-19. Evaluación de la *Tithonia diversifolia* Hemsl. A Gray como suplemento en la alimentación de caprinos y ovinos en Costa Rica

A. Alpízar Naranjo, A. Rodríguez Segura, M. Castillo Umaña, M.I. Camacho Cascante y J.A. Garro Quesada*

Escuela de Ciencias Agrarias, Facultad de Ciencias de la Tierra y el Mar, Universidad Nacional, Costa Rica.

Correspondencia*: aalpizar@una.ac.cr

RESUMEN

Se evaluó el efecto de la inclusión de *Tithonia diversifolia* como sustituto parcial del alimento balanceado en la dieta de cabras y ovinos de engorde sobre indicadores productivos, económicos y la calidad de la leche. Los ensayos se realizaron en la finca Experimental Santa Lucía de la Universidad Nacional de Costa Rica, en el primer ensayo se utilizaron 6 cabras adultas de la raza Saanen y en el segundo 9 ovinos con un peso promedio de 25 kg de la raza Kathadin/Dorper, ambos en un diseño de cuadrado latino 3x3, replicado y balanceado para efectos residuales. Las cabras se alimentaron con una dieta base (DB) en *Pennisetum purpureum*, melaza, minerales y semolina de arroz; los ovinos fue la misma, pero sin la semolina y con urea. En ambos ensayos se evaluaron tres tratamientos: en cabras el T0 (DB +1,04 kg de materia seca (MS) de alimento balanceado (AB)); T25 (DB + 0,78 kg MS de AB + 0,25 kg MS de *T. diversifolia*) y T50 (DB + 0.52 kg MS de AB + 0,45 kg MS de *T. diversifolia*), en ovinos el T0 (DB + 400g de AB /animal/día), T50 (DB + 181.6 g de MS de *T. diversifolia* + 200 g de AB/animal/día) y T100 (DB + 0.371 Kg de *T. diversifolia*). En cabras se evaluó el consumo de materia seca (CMS), la producción y calidad bromatológica de leche, en los ovinos el CMS, la ganancia media diaria (GMD, g/animal/día) y la conversión alimenticia. En las cabras se mostró un CMS de 1,58; 1,73 y 1,67 kg en los tratamientos T0, T25 y T50, respectivamente. El T25 mostró la mejor respuesta productiva con 2,22 kg leche/ día, y una composición de grasa de 4,34 %. El tratamiento T50 alcanzó los contenidos más altos en sólidos totales (ST), sólidos no grasos (SNG) y proteína, 12,39; 7,95 y 3,02, respectivamente; los costos necesarios para producir un kg de leche variaron entre 22,3 y 24,2 centavos de dólar, donde T50 obtuvo un mejor desempeño económico. En los ovinos se alcanzó un CMS de 1,37; 1,39 y 1,36 en los tratamientos T0, T50 y T100, respectivamente. El T0 alcanzó la mejor GMD y la conversión alimenticia con 294,36 g/animal/día y 4,65, respectivamente, sin embargo, no se mostraron diferencias significativas con los resultados del T50. La inclusión de *T. diversifolia* en la suplementación de cabras y ovejas permitió alcanzar buenos CMS total influenciado por la composición nutricional de esta planta, sin detrimento de la productividad cuando se sustituyó el AB en un nivel de 25% en caso de los caprinos y un 100% en el caso de los ovinos.

Palabras clave: *botón de oro, rumiantes menores, nutrición*

INTRODUCCIÓN

En Costa Rica el sector ovino-caprino contribuye a la diversificación agropecuaria, al mejoramiento de la seguridad alimentaria y a la posibilidad de mejorar las oportunidades de ingresos sostenibles, especialmente en zonas rurales (MAG, 2014).

La actividad caprina en Costa Rica ha experimentado en los últimos años un crecimiento, pues pasó de aproximadamente 7000 animales en el año 1983 (Boschini 2016) a 12 852 para el 2014 (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos [INEC] 2014). El crecimiento del sector se ha visto influenciado por la utilización de la leche caprina como materia prima para elaborar alimentos y productos lácteos de alto valor nutricional (Bidot, 2017); además de la creación y conformación de cooperativas y asociaciones, que han incentivado la apertura de nuevos y crecientes mercados (Castrillo 2014).

En la región Centroamericana, Guatemala y Costa Rica presentan los mayores índices de crecimiento anual de los rumiantes menores, en 3,6 y 3,0% respectivamente, en comparación con el resto de los países centroamericanos. En los demás países, a pesar de que se ha dado un incremento en dicha población, ésta no supera el 1,5% (FAOSTAT 2018).

El ganado ovino en Costa Rica ha venido adquiriendo importancia de forma progresiva, debido al alto valor nutricional de sus productos, requieren menor espacio físico y alimento en comparación con el ganado bovino; además, pueden ingerir follajes de especies arbóreas, arbustivas, leguminosas y su manejo se facilita debido al tamaño animal.

Una de las principales limitantes que enfrentan estos sistemas productivos en la actualidad, es mantener una alimentación de alta calidad y bajo costo. Según Batista *et al.* (2017) los pastos se convierten en el alimento fundamental de estos rumiantes en el trópico, ya que son de bajo costo y no compiten con la alimentación humana, ni con los animales monogástricos, sin embargo, sin embargo, en condiciones de pastoreo se caracterizan por presentar una baja calidad nutricional y diferencias en sus rendimientos productivos (Gallego *et al.* 2017a), esto asociado principalmente a la variación de las condiciones climáticas y edáficas de las regiones en donde se desarrollan (Vargas *et al.* 2018).

Debido a esta situación, los productores recurren a la utilización de suplementos como los alimentos balanceados (AB) para mantener una adecuada producción. Mora (2010), reporta que la utilización de AB representa aproximadamente el 41% de los costos de producción de leche caprina. Por otra parte, Barboza *et al.* (2022) indican que los costos de alimentación pueden llegar a ser de hasta un 80 % del costo total de producción, lo cual incide de forma directa en la rentabilidad de la actividad productiva.



En la búsqueda de alternativas alimenticias que ayuden a reducir los costos en el sector ganadero, se destaca la utilización de leguminosas, árboles y arbustos forrajeros, los cuales tienen la capacidad de producir biomasa de alta calidad nutricional, lo cual impacta de manera positiva en la alimentación de los rumiantes (Cardona *et al.* 2017).

Dentro de estos forrajes arbustivos se encuentra la *T. diversifolia*, la cual es una planta Asterácea originaria de Mesoamérica (Porras, 2016), fácil de establecer y reproducir, tolerante a suelos de baja fertilidad, resistente a la poda, de buena calidad nutricional y capaz de alcanzar producciones de biomasa de hasta 55 toneladas de materia seca anuales (Arias 2018, Arronis y Abarca 2017, Chacón *et al.* 2018).

Existen varios estudios que concluyen que la *T. diversifolia* tienen un alto potencial para la suplementación animal (Rivera, *et al.,* 2015, Gallego *et al.* 2017b, Arias *et al.* 2018, Arief *et al.* 2020); sin embargo, existen pocos trabajos en donde se evalúe esta planta como suplemento en la alimentación de cabras y ovejas. Por lo tanto, los presentes ensayos pretenden evaluar el efecto de la *T diversifolia* como suplemento en la dieta de cabras y ovejas sobre los indicadores productivos, económicos y de composición bromatológica de la leche.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación: Las investigaciones se desarrollaron en el módulo de producción de rumiantes menores de la Finca Experimental Santa Lucía (FESL) de la Escuela de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Costa Rica, la cual se ubica en Santa Lucía de Barva de Heredia, coordenadas 10° 1' 20" latitud norte y 84° 06' 45" longitud oeste a una altitud de 1250 msnm.

La información meteorológica histórica que registra la estación meteorológica de la FESL es la siguiente: precipitación acumulada anual de 2371 mm, humedad relativa de 78,0%, temperatura media anual de 21,50°C, con 15,20°C de promedio entre las mínimas y 27,80° C de promedio entre las máximas (Instituto Metereológico Nacional [IMN], 2020). Además, cuenta con suelos predominantes de origen volcánico o andisoles (Gómez y Montes de Oca 1999).

Animales utilizados: en el primer ensayo se utilizaron seis cabras adultas de la raza Saanen en el primer tercio de lactancia con producción media de leche de 2,30 litros/ animal/día, las cuales se encontraban entre su primer y segundo parto, con un peso promedio de 55 kg. En el segundo se utilizaron 9 ovinos que fueron cruces de la raza Kathadin /Dorper (5 hembras 4 machos castrados), con un buen estado de salud, con una edad promedio de cuatro meses y peso promedio de 25 kg. La información productiva para el agrupamiento de los animales se tomó del software Ovinca.

Diseño experimental: en ambos estudios se implementó un diseño experimental cuadrado latino 3x3 (tres grupos de animales y tres periodos de evaluación) replicado en dos cuadrados y balanceado para los efectos residuales (Kaps y Lamberson, 2004). El tratamiento fue el factor de la ración alimenticia que contó con tres niveles (T0, T25 y T50) para cabras y (T0, T50 y T100) para ovinos. En este diseño, el periodo de medición corresponde a las columnas y el grupo de animales a las filas. Cada período de evaluación fue de 21 días (14 días para la adaptación de los animales a las dietas y siete días de recolección de datos) para un total de 63 días de evaluación.

Tratamientos (dietas): En el estudio de cabras los tratamientos consistieron en la sustitución porcentual de 0; 25 y 50 % de la MS de AB por kg de MS de forraje fresco troceado de *T. diversifolia*, y la dieta base estuvo compuesta de *P. purpureum*, melaza, semolina de arroz, minerales y agua a libre consumo. En el caso del estudio con ovinos los tratamientos fueron la sustitución porcentual de 0; 50 y 100% de la MS de AB por kg de MS de forraje fresco troceado de *T. diversifolia*, y la dieta base fue la mismo que se utilizó con las cabras, pero sin semolina de arroz y con la inclusión de pequeñas cantidades de urea.

Los tratamientos experimentales fueron formulados sobre la base del cumplimiento de los requerimientos de proteína y energía. La composición bromatológica de todos los alimentos ofrecidos se describe en la tabla 1.

Tabla 1. Composición bromatológica de los alimentos utilizados en las dietas evaluadas.

Alimentos	MS (%)	PC (%)	FND (%)	FAD (%)	DIVMS (%)	Cenizas (%)	EE (%)	Lig (%)	Ca (%)	P (%)	ENL (Mcal)
T. diversifolia	15,0	21,5	42,5	36,8	73,5	11,5	2,4	11,5	1,4	0,3	1,2
P. purpureum	18,5	8,6	48,7	36,5	76,8	14,3	1,7	2,7	0,3	0,2	1,1
Melaza	81,2	5,3	---	---	100,0	8,0	0,6	---	0,8	0,05	1,9
AB	87,0	18,0	19,4	10,0	94,6	5,1	6,3	2,2	0,8	0,6	1,9
Minerales	95,0	0,0	---	---	---	---	---	---	25,0	18,0	---
Semolina	88,0	13,7	25,0	13,4	---	7,8	15,7		0,01	1,4	1,8
Urea	100	287	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Nota. MS: Materia Seca; PC: Proteína cruda; FND: Fibra en detergente neutro; FAD: Fibra en detergente ácido; DIVMS: Digestibilidad *in vitro* de la materia seca; EE: Extracto etéreo; Lig: Lignina; Ca: Calcio; P: Fósforo y ENL: Energía neta de lactancia. Elaboración propia, 2025

La determinación de la composición bromatológica de los alimentos se realizó en el Laboratorio de Análisis de Productos Animales y Vegetales (LAPAV) de la Escuela de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Costa Rica.

La MS a 60°, PC Kjeldahl (Nx6,25), extracto etéreo (EE) y cenizas (CEN) se realizó según la metodología descrita por la Association of Official Analytical Chemist [AOAC], 1998 (el nombre puede ser traducido como "Asociación Oficial de Químicos Analísticos"). La fibra en detergente neutro (FDN), fibra en detergente ácido (FDA) y la lignina se estimaron según la metodología descrita por Van-Soest *et al*. (1991). La energía neta de lactancia (ENL) se calculó con las ecuaciones del National Research Council [NRC], 2007 (el nombre puede ser traducido como "Consejo Nacional de investigación"). La cantidad de alimento según los tratamientos experimentales se observa en la siguiente tabla:

Tabla 2. Cantidad de alimento en Kg MS/animal/día en los diferentes tratamientos experimentales según la especie.

Cabras	*P. purpureum*	AB	*T diversifolia*	Melaza	Semolina	Urea	Minerales
T0	0,83	1,04				---	0,03
T25	0,61	0,78	0,26	0,08	0,18	---	0,03
T50	0,39	0,52	0,52	0,11	0,35	---	0,03
Ovinos							
T0	1,42	0, 35	0,00		-----	0,00	0,03
T50	1,06	0,17	0,18		-----	0,009	0,03
T100	1,03	0,00	0,37		----	0,018	0,03

Manejo de los animales: las 6 cabras y las 9 ovejas seleccionadas se alojaron en corrales individuales de 1,2 m^2 de espacio siete días antes del inicio del experimento para su adaptación a condiciones de estabulación completa y se mantuvieron ahí durante los 63 días del periodo experimental.

Manejo de los forrajes: se utilizó *P. purpureum* (con una edad de rebrote de 75 días), este se cosechó y acarreó de forma manual y luego se troceó a 2-4 cm con una picadora TRAPP ES 650. El forraje de *T. diversifolia*, con edad de rebrote de 56 días, se cortó y acarreó hasta las instalaciones de picado en donde se troceó a una partícula de 2-4 cm utilizando la troceadora eléctrica.

Suministro de los alimentos: en ambos estudios se ofrecieron en baldes (con capacidad para 10 kg) en dos raciones servidas (cabras, después de los ordeños), una a las 6 a. m. y una segunda a las 5 p. m.; la ración matutina consistió en servir en el balde el 70 % de los forrajeres (*T. diversifolia y P. purpureum*) y en la ración de la tarde se sirvió los suplementos (AB, semolina y melaza) y el componente forrajero restante (30 %). En el caso del ensayo con los ovinos no se utilizó semolina y se incluyó urea.

Variables evaluadas:

Consumo de materia seca (CMS): este rubro se midió durante los siete días de evaluación de cada periodo experimental, pesando el material ofrecido de cada componente de las dietas y restando el rechazo de cada cabra. Tanto al material ofrecido como al rechazado se le determinó el porcentaje de MS, esto se realizó al colocar el material en una estufa a temperatura constante de 60 °C durante 48 horas en las instalaciones del Laboratorio de Análisis de Productos Animales y Vegetales (LAPAV) de la Universidad Nacional.

Producción de leche en kg/animal/día en las cabras: la productividad se midió diariamente (mañana y tarde) utilizando el dispositivo Waykato adaptado al sistema de ordeño y se registró durante los 63 días del periodo experimental. Para el análisis de resultados se trabajó con los datos de los siete días de evaluación de cada periodo experimental; además se evaluó la producción de leche en kg/animal/día corregido al 4 % de grasa láctea (Lasley, 1982).

Composición de la leche caprina: para esto, se tomó del Waykato en el ordeño de la mañana y tarde una muestra de 25 ml de leche por animal por día, durante los siete días de evaluación de cada período experimental. La muestra se analizó posteriormente con el equipo EkoMilk Ultra Pro para la determinación de grasa, proteína, solidos totales y sólidos no grasos. Los datos utilizados para el análisis fueron los obtenidos a partir del promedio diario ponderado por producción.

Ganancia media diaria (GMD) en ovinos: Durante el periodo experimental (63 días) se registró el peso vivo de los animales al inicio y al final de la semana experimental utilizando una romana digital de 50Kg con +/- 0,005g de precisión, para determinar la ganancia media diaria (GMD, g/animal/día).



Conversión alimenticia en los ovinos: esta se calculó dividiendo el consumo diario entre el peso ganado diariamente.

Valoración económica de la suplementación: se determinó el costo de cada uno de los ingredientes que conformó la dieta y su relación con la productividad, por ejemplo, el costo por litro de leche producida en cabras y el costo por kg de carne producido en los ovinos. Para determinar el costo total de la dieta de cada tratamiento se relacionó el consumo en kg MS de los ingredientes de la ración y la mano de obra asociada a la alimentación (solo en el estudio con cabras). El valor por kg de *P. purpureum* utilizado fue el reportado por Villalobos *et al*. (2015). El costo del kg de *T. diversifolia* correspondió al que indicaron Arias (2018) y Hernández (2020). El costo del AB y los demás ingredientes de la dieta de uso comercial se obtuvo según los precios de mercado en el momento del ensayo. Para el cálculo de la mano de obra asociada a la alimentación, se cuantificó las horas de trabajo, a las cuales se les dio un valor para un peón agrícola según lo establecido por el Ministerio de Trabajo y Seguridad Social (MTSS) para el año 2019.

Análisis estadístico: los datos se estudiaron mediante un análisis de varianza para cuadrado latino, la comparación de medias se realizó con la prueba de Tukey al 5 % de significancia. El análisis de los datos se realizó en el software estadístico SAS® v 9.0. Antes de realizar el análisis se comprobaron los supuestos de homogeneidad de varianza y distribución normal, mediante las pruebas de Leven y Shapiro-Wilk.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Ensayo 1 cabras lecheras:

Consumo de materia seca: En la tabla 3 se muestra el CMS total e individual de los animales que integraron las raciones evaluadas. Se presentó un CMS total entre 1,58 y 1,73 kg/cabra/día, lo cual representa una variación en el consumo de 2,9 y hasta 3,14 % del peso vivo en MS en cabras de 55 kg.

Tabla 3. CMS de las cabras según los tratamientos evaluados

CMS en kg/animal/día Cabras lecheras	T0 (kg)	T25 (kg)	T50 (kg)	ee	p-valor
P. purpureum	0,54[a]	0,44[b]	0,24[c]	0,04	<0,0011
T. diversifolia	0	0,25	0,45	-	-
AB	1,04	0,78	0,52	-	-
Semolina	0	0,18	0,35	-	-
Melaza	0	0,08	0,11	-	-
Total	**1,58[b]**	**1,73[a]**	**1,67[a]**	**0,05**	**<0,001**

Nota. T0: tratamiento 0 % *T. diversifolia*; T25: tratamiento 25 % sustitución de AB; T50: tratamiento 50 % sustitución de AB; ee: error estándar de la media; p-valor: valor de probabilidad; letras en la misma fila indican diferencias significativas. Elaboración propia, 2025.

El CMS total fue 1,73 y 1,67 kg en los tratamientos T25 y T50, respectivamente, siendo estos valores mayores en comparación al consumo de las cabras alimentadas con el tratamiento T0 (1,58 kg). No se presentaron diferencias estadísticas en el CMS total cuando las cabras fueron suplementadas con niveles de 25 y 50 % de sustitución de AB. El CMS total fue de 80%, 90% y 87% para T0, T25 y T50, respectivamente, en relación con lo ofrecido.

El consumo de *P. purpureum* fue inferior cuando las cabras se suplementaron con *T. diversifolia*, esto asociado a la menor oferta de este ingrediente, pues se alcanzó un 65%, 72% y 61,5% en el caso de T0, T25 y T50, con respecto a la oferta. El T25 mostró el CMS más alto con un 1,73 kg en cabras que se suplementaron al sustituir un 25 % del AB. El consumo de MS de *T. diversifolia* fue de 0,25 y 0,45 kg para T25 y T50, respectivamente, lo cual representa un consumo de 96 y 86,5 % del alimento ofertado en cada caso.

Al analizar el componente forrajero de la ración se observó que la *T. diversifolia* presentó un mayor consumo según la oferta en comparación con el *P. purpureum*, esto permitió que los tratamientos T25 y T50 registren mayores CMS totales. Este comportamiento pudo estar asociado a que el contenido de fibra neutro detergente fue superior en *P. purpureum* respecto a *T. diversifolia* y esta fracción se relaciona directamente el consumo de MS (Allen, 1996). En el caso de los suplementos no forrajeros, los mismos fueron consumidos por el animal en un 100%.

El tratamiento T0 obtuvo el menor CMS total, esto posiblemente relacionado a que el *P. purpureum* en este tratamiento se incluyó en mayor porcentaje en la ración total ofrecida, representando aproximadamente el 44% de la ración total en comparación al 31 y 20% en los tratamientos T25 y T50, respectivamente.

Producción y calidad de leche: En la tabla 4 se muestra la producción promedio de leche, la corregida al 4 % (PL4 %) de grasa y la calidad bromatológica de la leche de cabra en cada uno de los tratamientos evaluados.

Tabla 4. Producción y calidad bromatológica de leche en cabras suplementadas con y sin *T. diversifolia*

Variables bromatológicas	T0	T25	T50	ee	p-valor
PL (kg/cabra/día)	2,18[a]	2,22[a]	2,05[b]	0,030	<0,001
PL4% (kg/cabra/día)	2,20[b]	2,30[a]	2,17[b]	0,030	<0,001
Grasa%	4,08[b]	4,34[a]	4,43[a]	0,040	<0,001
Proteína%	2,99[b]	2,99[b]	3,02[a]	0,003	<0,001
SNG%	7,86[c]	7,90[b]	7,95[a]	0,010	<0,001
ST%	11,94[c]	12,24[b]	12,39[a]	0,040	<0,001

Nota. T0: 0 % T. diversifolia; T25: 25 % sustitución de AB; T50: 50 % sustitución de AB; PL: producción de leche; PL4 %: producción de leche corregida al 4 % de grasa; SNG: sólidos lácteos no grasos; ST: sólidos lácteos totales; ee: error estándar de la media; p-valor: valor de probabilidad; letras en la misma fila indican diferencias significativas

Producción: La producción de leche de las cabras presentó valores entre los 2,05 y hasta 2,22 kg/cabra/día. El valor más bajo de producción se presentó con el T50 cuando incluyó *T. diversifolia* y se sustituyó el 50% de AB; sin embargo, no se detectaron diferencias significativas entre los tratamientos T0 y T25. En el tratamiento T50 se observó una disminución en la producción de leche del 5,96 y al 7,66 % en los tratamientos T0 y T25, lo cual evidencia que la suplementación con *T diversifolia* modificó la productividad de los animales.

En el tratamiento T25 no se detectaron diferencias significativas (P<0,05) en la producción de leche con respecto al tratamiento T0, pero sí se observó un aumento de 0,04 kg de leche por animal/día con respecto al T0.

Los valores de PL4 % estuvieron entre los 2,17 y 2,30 kg/cabra/día. La mayor PL4 % se presentó en el T25 (2,30 kg cabra/día) superior al valor de 2,17 kg/cabra/día que se obtuvo en los animales alimentados con el 50 % de sustitución del AB y también superior al valor de 2,20 kg/cabra/día en el T0. No se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos T0 y T50 para la producción corregida al 4 % de grasa.

La utilización de plantas forrajeras arbustivas y de alto valor proteico como la *T. diversifolia* ha mostrado resultados positivos cuando se utilizan como suplemento en dietas para rumiantes. El potencial de la *T. diversifolia* para la suplementación de rumiantes lo señaló Arias (2018), quien demostró que al sustituir en bovinos de leche un 25 % de la MS de AB por MS de *T. diversifolia* no se detectó una diferencia significativa estadísticamente en la PL al compararla con una dieta suplementada 100 % con AB, atribuyendo esto a la composición nutricional de la *T. diversifolia,* que la posiciona con potencial para reemplazar parcialmente el AB en rumiantes sin repercutir de forma negativa en la PL.

El valor más alto de PL (2,22 kg) se presentó en el tratamiento T25, resultado que fue mayor a los valores reportados por Arief *et al.* (2020), quienes evaluaron la producción y la calidad de la leche en cabras alimentadas con diferentes niveles porcentuales *de T. diversifolia* en las dietas, de lo cual se obtuvo una PL máxima de 1,2 kg/leche/día con una inclusión de 60% de *T. diversifolia.*

Calidad de la leche: Los valores de proteína láctea fueron muy similares entre los tres tratamientos (2,99b, 2,99b y 3,02a para T0, T25 y T50, respectivamente), mientras que los ST y STG evidenciaron porcentajes más elevados conforme aumentó la inclusión de *T. diversifolia* en la dieta.

Grasa láctea: El porcentaje de grasa en leche fue superior estadísticamente en las cabras suplementadas con *T. diversifolia* (T25 y T50), siendo el T50 el tratamiento con el valor más alto: 4,43 % en el contenido de la grasa láctea. No obstante, al analizar la interacción entre la producción y el porcentaje de grasa en leche mostrado en el indicador de producción de leche corregida al 4 % de grasa, se detecta que el T25 fue estadísticamente superior a los demás tratamientos, lo cual indica que, en términos productivos netos de un componente importante de la leche como la grasa, la suplementación con 25% de sustitución de AB representa una ventaja productiva con respecto a la no utilización de *T. diversifolia*.



El incremento en el contenido de grasa en la leche obtenido en los tratamientos donde se sustituyó el AB por el forraje de *T. diversifolia* (T25 y T50) puede estar influenciado, según Bedoya *et al*. (2012), por los carbohidratos estructurales presentes en los forrajes (celulosa y hemicelulosa), estos son aprovechados por los complejos bacterianos del rumen para sintetizar ácidos grasos volátiles (acético, propiónico y butírico), la celulosa y hemicelulosa son transformados en ácido acético, responsable de aumentar el contenido de grasa en la leche.

En el presente estudio se evidencia un aumento en el contenido de grasa conforme se sustituye de forma gradual el AB por *T. diversifolia*, esto pudo relacionarse con un incremento en la ingesta de fibra presente en la *T. diversifolia*. Según Arias (2018), el valor de FDN presente en *T. diversifolia* de la FESL con una edad de rebrote de 50 días varía entre 36,80 y 42,46 %, además la fibra aportada por la *T. diversifolia* es fibra efectiva que favorece el proceso de rumia.

Los niveles de grasa obtenidos en la producción de leche caprina (tabla 4) fueron menores al promedio de 6,01 % que reportó Susilorini *et al*. (2014), citado por Sowmen y Pazla (2020). Este último autor utilizó la *T. diversifolia* como base forrajera en las dietas de los caprinos con una implementación de hasta el 60 % de *T. diversifolia* suministrada en dos períodos de alimentación al día, los cuales tuvieron niveles superiores a 7,70 % de grasa en la leche caprina. Lo anterior confirma que el aumentar la inclusión de *T. diversifolia* en dietas caprinas podría favorecer la síntesis de grasa láctea, debido a un aumento en la ingesta de FDN presente en la *T. diversifolia*.

Proteína: La síntesis de proteína en la leche de cabra presentó valores entre 2,99 y 3,02 % por cabra/día, siendo inferior el porcentaje de los tratamientos T25 y T50 con 2,99 % cada uno y dando mayores resultados el T50 con 3,02 % de proteína láctea.

Bidot (2017) menciona que el porcentaje de proteína presente en la leche caprina es de vital importancia debido a su papel fundamental en los rendimientos productivos de los procesos de industrialización, donde se obtiene subproductos como quesos, yogures y otros.

En los resultados obtenidos, se observa que el porcentaje de proteína láctea obtenida en los tratamientos T0 y T25 son iguales. Sin embargo, en el tratamiento T50 se tiene un leve incremento en el porcentaje de proteína presente en la leche caprina.

Arias (2018) menciona que el contenido de proteína presente en la leche producto de rumiantes está influenciado directamente por la cantidad de PC que el animal consume en su dieta. Además, Galindo *et al*. (2008), citado por Gallego *et al*. (2017a), publican que al implementar plantas forrajeras con alto contenido de proteína en la dieta de rumiantes favorece la degradabilidad de la fibra llevado a cabo por los macroorganismos celulíticos ruminales, por lo que se incrementará la fermentación de la MS generando mayor disponibilidad de nutrientes necesarios para la síntesis de amonio ruminal, formando mayor presencia de proteína bacteriana. Esto conlleva una mejor disponibilidad de aminoácidos necesarios para la producción de proteína láctica. Sobre esto, Kholif *et al*. (2014), citados por Rebollar (2017), confirman lo anterior, pues adjudican la producción de proteína láctea de caprinos a tres factores en concreto: consumo de MS, materia orgánica y degradabilidad de la fibra.

Esto se puede corroborar con los datos que reporta Arief *et al*. (2020), los cuales tuvieron una respuesta altamente favorable en la producción porcentual de proteína láctea (3,86%) al suplementar cabras con 60% de *T. diversifolia*, en comparación a cabras suplementadas con un porcentaje menor de *T. diversifolia.*

Sólidos totales y sólidos no grasos: Los porcentajes de ST arrojados en el estudio para los tratamientos T0, T25 y T50 fueron 11,94%, 12,24% y 12,39%, respectivamente; además se obtuvo datos porcentuales de 7,86%, 7,90% y 7,95% en SnG. Se puede observar que conforme aumentó la inclusión de *T. diversifolia* se generó una diferencia altamente significativa entre los tratamientos en la producción de ST y SnG, dando una mejor respuesta productiva el tratamiento T50, tal y como se observa en la tabla 4.

Arias (2018) señala que al incrementarse la inclusión de fibra en la dieta de rumiantes se favorece la producción ST en la leche debido al efecto que produce la FDN sobre la síntesis de grasa láctea en los rumiantes, lo anterior se puede corroborar en las publicaciones de Herrera *et al*. (2009), donde evaluaron el efecto de la arbustiva *M. alba* L. sobre la variación bromatológica de la leche caprina en comparación con gramíneas. Estos reportan valores altamente significativos ($P<0.01$) en la producción de ST y SnG en cabras alimentadas con morera; dichos valores publicados son similares a los obtenidos en la suplementación de las cabras en FESL con *T. diversifolia*, lo cual reafirma el efecto positivo de la sustitución de AB por *T. diversifolia* en la síntesis de ST y SnG en leche caprina.

Valoración económica de las dietas: En la tabla 5 se muestra el costo de la ración total por cabra al día de los diferentes tratamientos, además del costo de producción por litro de leche considerando la alimentación y mano de obra asociada a esa alimentación. Se determinó que T25 fue la dieta de mayor costo diario con $ 0,63 seguido de T0 con $0,60 y T50 con $0,53. El costo necesario para producir un kg de leche de cabra bajo los diferentes tratamientos varió desde $0,28 en T50 hasta $0,30 con el tratamiento T25.

Tabla 5. Costo en colones (₡) de la ración total ofrecida en cada uno de los tratamientos evaluados y el costo por kg de leche/día producido por tratamiento.

Trt	Componente	CMS	Costo/Kg MS		Costo/comp dieta		Costo total ración diaria		Costo MO		Costo/kg leche	
			₡	$	₡	$	₡	$	₡	$	₡	$
T0	*P. purpureum*	0,83	38	0,07	31	0,06						
	T. diversifolia	0	24	0,05	0	-						
	AB	1,04	263	0,52	273	0,54	304	0,60	20	0,04	148	0,29
	Semolina	0	224	0,44	0	-						
	Melaza	0	253	0,50	0	-						
T25	*P. purpureum*	0,61	38	0,07	23	0,05						
	T. diversifolia	0,26	24	0,05	6	0,01						
	AB	0,87	263	0,52	229	0,45	319	0,63	24	0,05	154	0,30
	Semolina	0,18	224	0,44	40	0,08						
	Melaza	0,08	253	0,50	20	0,04						
T50	*P. purpureum*	0,39	38	0,07	14	0,03						
	T. diversifolia	0,52	24	0,05	12	0,02						
	AB	0,52	263	0,52	136	0,27	267	0,53	24	0,05	142	0,28
	Semolina	0,35	224	0,44	78	0,15						
	Melaza	0,11	253	0,50	27	0,05						

Nota. Trt: tratamiento; ₡: colón costarricense; $ dólares americanos; MO: mano de obra. Elaboración propia, 2025.

Los datos demostraron que al sustituir el 50% del AB por *T. diversifolia* (T50) se generó una disminución en los costos para producir un 1 litro de leche de 3,4% y 6,5% al compararlo con T0 y T25, respectivamente; esto obedece a la reducción de un 50 % en el uso de AB como suplemento principal, el cual es el rubro que tiene mayor impacto sobre los costos de alimentación. Lo anterior concuerda con lo que expone Arias (2018), para quien la utilización de AB puede llegar a representar hasta un 45% de los costos en una dieta para un animal de alta productividad lechera. Otros autores como García y Watty (2022) mencionan que la alimentación de cabras lecheras bajo sistema de estabulación total puede llegar a representar hasta un 80% de los costos de producción.

En el costo total de la dieta que se ofreció en el T25 se demostró un incremento en el valor final de la ración a pesar de la sustitución de un 25 % de AB por *T. diversifolia*. Este incremento significó un 4,52 % sobre la dieta base T0 y obedece a la inclusión de la semolina de arroz (segundo componente en importancia económica en la dieta), la cual se empleó para balancear isoenergéticamente las raciones. Estos resultados son similares a los de Arias (2018), quien realizó ensayos con vacas lecheras Jersey en la FESL y sustituyó de forma gradual el AB por *T. diversifolia*, dando un ahorro máximo en los costos de alimentación de un 18,8 % cuando se sustituyó 50 % de AB por *T. diversifolia*, con lo anterior se confirma el potencial de la *T. diversifolia* para disminuir costos de suplementación en la alimentación de rumiantes.

Un aspecto importante por destacar es que los costos de MO se incrementaron conforme aumentó el nivel de inclusión de *T. diversifolia* en los tratamientos T0 a T25, sin embargo, cuando se incrementó de un 25 a un 50% de sustitución del AB por forraje de *T. diversifolia* el valor aumentó levemente. Este incremento del costo está relacionado con el tiempo necesario para ofertar en canoa los diferentes alimentos incluidos en los tratamientos T25 y T50 para mantener un balance energético y proteico, además de la utilización de *T. diversifolia.*



Ensayo 2 ovinos para carne

Consumo de materia seca: En la tabla 6 se muestra el CMS total e individual de los alimentos que integraron las raciones evaluadas. Se presentó un CMS entre 1,36 y 1,39 kg/ovino/día, lo que represento un valor del consumo total de 4,88 y 4,94% del peso vivo de los animales. Los CMS totales no presentaron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados.

Tabla 6. CMS de los ovinos según los tratamientos evaluados.

Consumo en kg de MS* (animal/día)	T0	T50	T100	p-valor
P. purpureum	1,025	1,017	1,009	**0,7669**
T. diversifolia	0,00	0,181	0,371	**--**
AB	0,348	0,174	0	**--**
Urea	0,00	0,009	0,0018	**--**
Total	**1,37**	**1,39**	**1,36**	**0,486**

Nota. T0: tratamiento 0% *T. diversifolia*; T50: tratamiento 50% sustitución de AB; T100: tratamiento 100% sustitución de AB; ee: error estándar de la media; p-valor: valor de probabilidad; letras en la misma fila indican diferencias significativas.
Elaboración propia, 2025

Ganancia media diaria y conversión alimenticia: La GMD mostró valores de 294,36; 285,48 y 261,74 g/animal/día para los tratamientos T0, T50 y T100, respectivamente, no se mostró una diferencia significativa entre las dietas evaluadas, sin embargo, se observa una disminución numérica de la GMD confirmé aumentó el nivel de sustitución del AB por forraje de *T. diversifolia*. El consumo de *T diversifolia* fresca troceada fue aceptado por los animales durante el periodo experimental, lo que permite indicar que la T. diversifolia se puede utilizar como suplemento alimentico sustituto del alimento balanceado y el rendimiento de los corderos no varió de manera significativa.

Tabla 7. Indicadores productivos de las ovinos suplementadas con diferentes niveles de *T. diversifolia* en sustitución del alimento balanceado

	T0	T50	T100	p-valor
Consumo total en kg MS/animal/día	1,37	1,39	1,36	0,486
%PV	4,88	4,94	4,85	0,550
Ganancia media diaria (gramos/animal/día)	294,36	285,48	261,74	0,709
Conversión Alimenticia kg MS/kg aumento	4,65	4,83	5,23	---

Nota. T0: tratamiento 0% *T. diversifolia*; T50: tratamiento 50% sustitución de AB; T100: tratamiento 100% sustitución de AB; PV: peso vivo; p-valor: valor de probabilidad; letras en la misma fila indican diferencias significativas.
Elaboración propia, 2025

Las diferencias menores que se encontraron en los valores de GMD en los ovinos suplementados con forraje de *T. diversifolia* en sustitución del AB, puede estar relacionado a que las dietas fueron equilibradas para un aporte de proteína y energía similar. Por otra parte, la diferencia que se identificó en las medias numéricas podría estar relacionada con diferencias en la forma de metabolizar los nutrientes de ambos suplementos (AB y *T. diversifolia*) respecto a las características como degradabilidad de la proteína a nivel ruminal, que afecta el aporte de este nutrimento al animal.

Se mostró un consumo de 4,88; 4,94 y 4,85 como %PV en los tratamientos T0, T50 y T100, respectivamente, consumos muy elevados según los reportados por Alpízar (2014) en ovinos Pelibuey que se suplementación con *Morus sp*. De estos resultados se infiere que la eficiencia alimentaria disminuye con la sustitución gradual del AB por niveles crecientes de *T. diversifolia*.

Si se considera como criterio de referencia la conversión alimentaria del tratamiento que utilizó como suplemento solo AB (T0), se encontró que la conversión alimenticia (CA) en los animales que se suplementaron con solo *T. diversifolia* (T100) se disminuyó en un 11,08%, y en el nivel intermedio T50 se redujo en 3,87%. Los animales que requirieron mayor cantidad de MS para producir un incremento de un kg fueron los del tratamiento T100, donde fue necesario un consumo de 5,23 kg de MS para producir 1 kg de peso vivo.

Valoración económica de las dietas

En la tabla 8 se muestra el costo de la ración total por ovino al día de los diferentes tratamientos, además del costo de producir un kilo considerando la alimentación. Se determinó que T100 fue la dieta de mayor costo diario con $ 0,128 seguido de T50 con $0,165 y T0 con $0,202. El costo necesario para producir un kg de peso vivo bajo los diferentes tratamientos varió desde $0,687 en T0 hasta $0,490 con el tratamiento T100.

Tabla 8. Costo económico de la suplementación en cada uno de los tratamientos evaluados y el costo por cada kg de peso vivo producido

Componentes de la dieta	Consumo kg MS/animal/día			Costo ($/kg de MS)	Costo Tratamiento ($/ animal/día)		
	T0	T50	T100		T0	T50	T100
AB	0,348	0,174	0	0,44	0,155	0,077	-
T. diversifolia	0	0,182	0,371	0,19	-	0,034	0,069
P. Purpureum	1,025	1,017	1,009	0,05	0,047	0,047	0,047
Urea	0	0,009	0,018	0,70	-	0,006	0,013
Costo total alimentación por tratamiento ($/animal/día)					0,202	0,165	0,128
Ahorro (%)					**0**	**18,62**	**36,59**
Costo de alimentación $/kg de peso vivo producido					0,687	0,576	0,490

Nota: el tipo de cambio del dólar fue calculado en 508 colones x dólar, según referencia del Banco Central de Cosa Rica, septiembre, 2025

La sustitución del AB por *T. diversifolia* en la suplementación de los ovinos en este ensayo representó una disminución en los costos de la alimentación de casi $ 0,167 diarios por cada kilogramo de peso vivo en los ovinos cuando se sustituyó un 100% del AB por la *T. diversifolia*, y de $ 0,111 cuando se sustituyó el 50% del AB. Este resultado fue posible debido a que un kg de MS de *T. diversifolia* fresco ofertado a los animales fue $ 0,25 más económico que ofertar un Kg MS de AB. Es importante resaltar que la valoración económica de este estudio este solo incluyó el rubro de alimentación y no la mano de obra asociada a la alimentación y el cuido de los animales, el considerar estos rubros podría modificar el costo de la dieta según el tratamiento. No obstante, es evidente que se encontró una mayor rentabilidad cuando se utilizó la *T diversifolia* como sustituto del AB en la dieta de los ovinos, y además no se mostró una disminución significativa de su desempeño productivo.

CONCLUSIONES

Incluir la planta de *T. diversifolia* como suplemento en la dieta de cabras lecheras permitió alcanzar un mayor CMS total influenciado por la composición nutricional de esta planta.

La producción de leche de cabra y su composición bromatológica en términos de grasa y proteína resultaron favorecidas al incluir como suplemento alimenticio la *T. diversifolia* en un 25% de sustitución del AB y los SNG y sólidos totales en el tratamiento T50.

El menor costo de producción de leche de cabra se encontró en los animales que se suplementaron con una cantidad de *T. diversifolia* proporcional al 50% de la suplementación de AB.

La sustitución del AB de hasta un 100% por forraje de *T. diversifolia* en la dieta de ovinos es una estrategia alimenticia viable que no representó detrimento en los indicadores productivos, y además representó una ventaja económica al disminuir los costos de alimentación.

BIBLIOGRAFÍA

Allen, M. S. (1996). Physical constraints on voluntary intake of forages by ruminants. *J. Anim. Sci.*, *74*, 3063-3075.

Alpízar, A. 2014. Efecto de la suplementación con *Morus alba Linn* en la ceba de ovinos Pelibuey en estabulación. Tesis en opción al título académico de Máster en Pastos y Forrajes. Estación Experimental de Pastos Y Forrajes Indio Hatuey. Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos, Matanzas, Cuba. 78 p.

AOAC (Association of Official Analytical Chemist). (1998). *Official methods of analysis of AOAC International*.16th ed, 4th rev. Gaithersburg, MD: AOAC International, USA.

Arias, L. M. (2018). *Evaluación del uso de Botón de oro* (Tithonia diversifolia) *como suplemento de vacas jersey en etapa productiva*. Universidad Nacional de Costa Rica.

Arias, L. M., Alpízar, A., Castillo, M., Camacho M. I., Arronis, V. y Padilla, J. (2018). Producción, calidad bromatológica de la leche y los costos de suplementación con *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray, en vacas Jersey. Heredia. Costa Rica. *Pastos y Forrajes*, *41*(4).

Arias, M. 2018. Evaluación del uso de botón de oro (Tithonia diversifolia) como suplemento de vacas jersey en etapa productiva. Tesis para optar por el grado de licenciatura en agronomía. Universidad Nacional, Costa Rica. 86 páginas.

Arief, A., Rusdimansyah, R., Sowmen, S., Pazla, R. y Rizqan, R. (2020). Milk production and quality of Etawa crossbreed dairy goat that given *Tithonia diversifolia*, corn waste and concentrate based palm kernel cake. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity, 21*(9). https://doi.org/10.13057/biodiv/d210910.

Arronis, V. y Abarca, S. (2017). *Sistemas de producción ganaderos competitivos con bajas emisiones de gases de efecto invernadero en Costa Rica*. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria.

Barboza, D., Solórzano, J., Vásquez, A. P. y Paniagua, J. (2022). Optimización del costo de alimentación para ganado de engorde en Guanacaste, Costa Rica. *E-Agronegocios*, 8(1), 25-44. https://doi.org/10.18845/ea.v8i1.5654.

Batista, E. D., Detmann, E., Gomes, D. I., Rufino, L. M. A., Paulino, M. F., Valadares Filho, S. C. y Reis, W. L. S. (2017). Effect of protein supplementation in the rumen, abomasum, or both on intake, digestibility, and nitrogen utilisation in cattle fed high-quality tropical forage. *Animal Production Science*, *57*(10).

Bedoya, O., Rosero, R. y Posada, S. (2012). *Composición de la leche de cabra y factores nutricionales que afectan el contenido de sus componentes*. https://repository.unilasallista.edu.co/items/207c62b5-e2b9-4397-a6f2-16c0bf9c54a4.

Bidot, A. (2017). Composición, cualidades y beneficios de la leche de cabra: revisión bibliográfica. *Revista de Producción Animal*, *29*(2), 32-41. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-79202017000200005.

Boschini, C. (2016). *Visión global de la producción caprina: Una oportunidad de negocios*. San José, Costa Rica. http://proleche.com/recursos/documentos/congreso2016/Charla31.pdf.

Cardona, J. L., Mahecha, L. y Angulo, J. (2017). Efecto sobre la fermentación in vitro de mezclas de *Tithonia diversifolia*, *Cenchrus clandestinum* y grasas poliinsaturadas. *Agronomía Mesoamericana*, *28*(2), 405-426.

Castrillo, L. (2014). Leche de Cabra Consolida Nuevos Mercados: producto ideal para alimentar neonatos, adultos mayores y otros segmentos. *Revista UTN*, *68* (1), 58-60. https://www.utn.ac.cr/sites/default/files/attachments/utn68.pdf.

Chacón, P., Najarro, C. V., Tobar, D., Ibrahim, M. y Abarca, S. (2018). *Uso del Botón de oro (Tithonia diversifolia) como suplemento alimenticio para la reducción del nitrógeno excretado en la orina de vacas lecheras en Turrialba, Cartago, Costa Rica*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. http://hdl.handle.net/11554/8925.

FAOSTAT. 2018. Evaluación del stock mundial de ovinos y caprinos. Recopilado en línea: http://faostat.fao.org.consultado:mayo05.2020.

Galindo, J., González, N., Delgado, D., Sosa, A., Marrero, Y., González, R. y Moreira, O. (2008). Efecto modulador de *Leucaena leucocephala* sobre la microbiota ruminal. *Zootecnia Tropical*, *26*(3). http://ve.scielo.org

Gallego, L. A., Mahecha, L. y Angulo, J. (2017a). Calidad nutricional de *Tithonia diversifolia* Hemsl. A Gray bajo tres sistemas de siembra en el trópico alto. *Agronomía Mesoamericana*, *28*(1), 213.

García, A. y Watty, A. (2022). Alimentación de caprinos i. https://kipdf.com/alimentacion-de-caprinos-i_5ad7dc157f8b9af5468b45fa.html.

Gómez, D. y Montes de Oca, P. (1999). *Estudio detallado de suelos de la Finca Santa Lucía en Barva, Heredia* (en línea). https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/ambientales/article/view/13001/18080.

Hernández, D. P. H. (2020). *Evaluación productiva, nutricional y económica de un banco forrajero de botón de oro (Tithonia diversifolia).* Universidad Nacional de Costa Rica.

IMN (Instituto Meteorológico Nacional). (2020). *Datos climáticos. Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica*. https://www.imn.ac.cr/web/imn/inicio.

INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos). (2014). *Costa Rica: total de fincas con ganado caprino por cantidad de animales y tamaño del hato Según: Provincia y tamaño de la finca en hectáreas*. San José, Costa Rica.

Kaps, M. y Lamberson, W. (2004). *Biostatistics for Animal Science*. CABI Publishing.

Lasley, J. (1982). *Genética del mejoramiento del ganado*. Unión Tipográfica Editorial Hispano Americana.

Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). (2014). *Tipología de los sistemas de producción caprina y ovina en Costa Rica*. https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/E16-10820.pdf.

Mora, D. (2010). Estudio bioeconómico en el establecimiento de una explotación caprina en Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*, *21*(1), 113-120. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1659-13212010000100012.

National Research Council. (2007). *Nutrient requirements of small ruminants*. 1st ed. The National Academies Press.

Porras, S. (2016). *Fenología y fisiologóa de semillas de Boton de oro Tithonia diversifolia (Hemsl.) Gray*. Universidad Nacional de Colombia. https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/58749.

Rebollar, D. G. (2017). *Respuesta Productiva y Composición Química de la Leche de Cabras Alpina Frances, Suplementadas con Enzimas Fibrolíticas Exógenas.* Universidad Autónoma del Estado de México.

Rivera, J. E., Cuartas, C. A., Naranjo, J. F., Tafur, O., Hurtado, E. A., Arenas, F. A., Chará, J. y Murgueitio, E. (2015). Efecto de la oferta y el consumo de *Tithonia diversifolia* en un sistema silvopastoril intensivo (SSPi), en la calidad y productividad de leche bovina en el piedemonte Amazónico colombiano. *Livestock Research for Rural Development*, *27*(10), 1-13.

Salazar, J. (2021). Calidad nutricional y consumo por cabras de forraje de botón de oro (*Tithonia diversifolia*). *Agronomía Costarricense*, *42*(2). https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agrocost/article/view/47774/47493.

Sowmen, S. y Pazla, R. (2020). Milk production and quality of Etawa crossbreed dairy goat that given *Tithonia diversifolia*, corn waste and concentrate based palm kernel cake. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, *21*(9), 4004- 4009. https://doi.org/10.13057/biodiv/d210910.

Van-Soest, P. V., Robertson, J. B. y Lewis, B. A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, *74*, 3583-3597.

Vargas, J. de J., Sierra, A. M., Mancipe, E. A. y Avellaneda, Y. (2018). El kikuyo, una gramínea presente en los sistemas de rumiantes en trópico alto colombiano. *CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, *13*(2), 137-156.

Villalobos, L., Arce, J. y Wing Ching, R. (2015). Costos de producción de ensilados de pastos tropicales elaborados en lecherías de Costa Rica. *Nutrición Animal Tropical*, *9*(2), 27.



TD-20. Efecto de la suplementación de una ración totalmente mezclada con la inclusión del forraje de *Tithonia diversifolia* (Helms) A. Gray en el consumo voluntario y la eficiencia de utilización de la energía en cabras lecheras

Effect of the suplementación of a completely blended portion with the inclusion of the forage of *Tithonia diversifolia* (Helms) A. Gray in the voluntary consumption and the efficiency of use of the energy in goats milkmaids

D. Gutiérrez González [*1]*; Y. Soto Rodríguez*[2]*; Y. Cruz Cruz* [2]

[1]Instituto de Ciencias Animal

[2]Universidad Agraria de la Habana

Correspondencia***:** gutierrezdelfin161@gmail.com

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la suplementación de la ración totalmente mezclada con la inclusión del forraje arbóreo de *Tithonia diversifolia* vc IcaCuba Oc-10 en el consumo voluntario de materia seca y la eficiencia de utilización de la energía en cabras lecheras. Organizados de forma aleatoria en dos grupos (n=20) se utilizaron 40 cabras de la raza Anglo Nuvia, peso vivo promedio 29.33±3.08 kg, 3.0 ±1.3 años y 149 ±71.0 días de lactación. Durante 23 semanas las cabras fueron manejados de forma restringida (6h diurna) en un sistema extensivo de pastoreo compuesto por diversidad de géneros y especies de gramíneas, leguminosas y arbóreas y suplementadas al encierro en la nave (06:30pm) con la ración totalmente mezclada fresca (70%: *Tithonia diversifolia* + gramíneas: 10%: *Cenchrus purpureus híbrido* Cuba OM-22 + 20% caña de azúcar) a libre voluntad. Los tratamientos consistieron en T_0: pastoreo y T_1:pastoreo + suplementación c/ración totalmente mezclada. Se determinó el consumo voluntario de materia seca, el comportamiento ingestivo durante una cinética (*diurna, nocturna*) y diferentes parámetros calométricos. Los resultados del grupo experimental logran incrementar el consumo de materia seca (1.17kg d^{-1}, PV, 81,89 g kg PV^{075}, p<0,0001), la metabolicidad y la eficiencia de utilización de la energía metabolizable para el mantenimiento, la producción de leche y el crecimiento (0.51, 0.68, 0.60, 0.40 p<0,0001), respectivamente. Se concluye que la ración totalmente mezclada mejoró el consumo voluntario, la eficiencia de masticación de la MS y FDN e incremento la eficiencia de utilización de la energía.

Palabras clave: *eficiencia, energía, consumo, ración*

ABSTRACT

The objective of the present study was to evaluate the effect of the suplementación of the completely blended portion with the inclusion of the arboreal forage of Tithonia diversifolia vc IcaCuba Oc-10 in the voluntary consumption of dry matter and the efficiency of use of the energy in goats milkmaids. Organized in a random way in two groups (n=20) 40 goats of the race Anglo Nuvia, weight alive average 29.33±3.08 kg, 3.0 ±1.3 years and 149 ±71.0 days of nursing were used. During 23 weeks the goats were managed in a restricted way (6h day) in an extensive system of shepherding composed by diversity of goods and species of gramineous, leguminous and arboreal and suplementadas to the confinement in the ship (06:30pm) with the fresh completely blended portion (70%: *Tithonia diversifolia* + gramineous: 10%: *Cenchrus hybrid purpureus* Cuba OM-22 + 20% sugar cane) to free will. The treatments consisted on T_0: shepherd and T_1: shepherding + supplement completely blended c/ración. The voluntary consumption of dry matter, the behavior ingestivo during a kinetics was determined (day, night) and different parameters calométricos. The results of the experimental group are able to increase the consumption of dry matter (1.17kg d-1, PV, 81,89 g kg PV 075, p <0,0001), the metabolicidad and the efficiency of use of the energy metabolizable for the maintenance, the production of milk and the growth (0.51, 0.68, 0.60, 0.40 p <0,0001), respectively. You concludes that the completely blended portion improved the voluntary consumption, the efficiency of mastication of the MS and FDN and increment the efficiency of use of the energy.

Keywords: *efficiency, energy, consumption, portion*

INTRODUCCIÓN

Para optimizar la productividad de los animales sería necesario conocer la eficiencia de utilización de los recursos alimenticios disponibles y las necesidades nutritivas por etapa fisiológica del animal (Duarte *et al.* 2009, Silva *et al.* 2010), en particular el metabolismo energético como principal nutriente limitante para mejorar el desempeño productivo (Tedeschi *et al.* 2010).

En correspondencia con lo anterior numerosos autores (Piñeiro-Vázquez *et al.* 2013) afirman que el consumo de energía inferior a las necesidades de mantenimiento del animal adultos, induce a la movilización de las reservas corporales de grasa, situación que podría conllevar pérdida de peso, sufrir alteraciones metabólicas y disminuir la productividad del animal.

De igual modo, se plantea que la metabolicidad (*qm*) de la energía bruta, constituye la base de cálculo para determinar la eficiencia de utilización de la energía metabolizable (EM) (AFRC 1995), así como, que la cantidad de energía retenida como consecuencia del incremento de la energía consumida es cuantificada a través de los valores de *k (eficiencia)* (Magofke *et al.* 2000) y donde la eficiencia de utilización de la energía metabolizable (EM) para el mantenimiento se denomina *km,* pero

cuando la ingestión de esta última supera el mantenimiento el valor de *k* representa la eficiencia que retiene la energía para otros procesos fisiológico importantes que ocurren en el en el organismo.

Por otro lado debemos referir que pocos son los resultados de investigación y en campo que informar sobre la eficiencia de utilización de energía metabolizable en diferentes etapas fisiológicas (km: *mantenimiento, kg: crecimiento, kl: lactación*) de las cabras alimentadas en pastoreo y suplementadas forraje arbóreo en particular *Tithonia diversifolia* como proceso anabólico importante a considerar para evaluar el comportamiento productivo y formular raciones.

En este sentido utilizar como estrategia de alimentación la ración totalmente mezclada (RTM) tendría la oportunidad de ofertar un aporte balanceado de nutrientes, maximizar el consumo de materia seca, optimizar la disgestion ruminal y reducir la selección del alimento por el animal, seguido del incremento de la ingesta (Elizondo-Salazar, 2006).

A partir de lo anterior el presente estudio tuvo como objetivo determinar el efecto de la ración totalmente mezclada (RTM) con la inclusión del forraje arbóreos de *Tithonia diversifolia* vc IcaCuba Oc-10*, Cenchrus purpureus* híbrido Cuba OM-22, y caña de azúcar en el consumo voluntario y la eficiencia de utilización de la energía metabolizable de cabras lactantes en pastoreo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización: unidad caprina 026 ubicada en la granja docente, científica y productiva "El Guayabal", entidad perteneciente a la Universidad Agraria de la Habana (UNAH) "Fructuoso Rodríguez Pérez", a una altura de 327 m.s.n.m., 402 mm de precipitaciones en 173 días promedio, 29°C de temperatura media y 77 % humedad relativa promedio anual.

Animales y diseño: Durante 23 semanas se estudiaron 40 cabras adultas de la raza Anglo Nuvia, procedentes de un rebaño comercial, con peso vivo promedio de 29.33±3.08 kg PV, 3.0 ±1.3 años de edad, 2.56 ±0.50 puntos de condición corporal, 149 ±71.0 días en fase de lactación instantánea y con un solo ordeño (07:00am) de forma manual, reproductoras que fueron organizadas mediante un diseño completamente aleatorizado (DCA) en dos grupos (n=20) para poder aplicar los diferentes tratamientos experimentales en estudio.

Tratamientos

- To $_{(control)}$: pastoreo
- T1$_{(tratamiento)}$: pastoreo + suplementación c/ración totalmente mezclada (RTM)

La totalidad de los animales fueron manejados en un sistema extensivo de pastoreo mixto (matorral) compuesto por diversidad de géneros (gramíneas, leguminosas, arbóreas) y especies de plantas, con composición química variada (MS: 89.42±1,87%, PB:21.61±6.10%, EM:1.96±0.37Mcal/kg, MS,FDN:56.84±9.84%, FAD: 44.31±13.15%, C:8.52±1.01%, DMS:54.8±10.24%, DMO: 56.10±10.75% y MODMS:50.76±9.73

El acceso de los animales al pastoreo fue de forma restringida (6h: 08:30 am-06:00pm) en la sesión diurna, con encierro intermedio en la nave de sombra durante las horas medias del día (12:30am-2.00pm) con accesos al agua y sales minerales a libre voluntad para posteriormente devolverse al pastoreo, hasta el retorno a la nave al cierre de la sesión diurna , momento en que se ofertó una ración totalmente mezclada (RTM) fresca a libre voluntad compuesta por forraje arbóreo de 70%: *Tithonia diversifolia* y gramíneas: 10%: *Cenchrus purpureus híbrido* Cuba OM-22 y 20% caña de azúcar, con 50, 60 y 294 días entre cortes sucesivos, respectivamente y de alto valor nutritivo (MS :23.10%, PB:13.73%, EM:2.75Mcal/kg MS, FAD: 21.01%, DMS:72.53%, DMO: 75.16% y MODMS: 67.96%. Para el consumo de la RTM los animales tuvieron un periodo de adaptación de tres semanas (20 días).

Durante cuatro días consecutivo por semana mediante las variaciones del peso vivo individual y por corral lugar donde estuvieron alojados los animales del grupo experimental, más las diferencias entre el pesaje del alimento ofrecido y rechazado de la RTM durante 24 h se registró el consumo voluntario individual ajustando al peso vivo. Este procedimiento se realizó en cinco ocasiones durante todo el periodo experimental, momento que se tomaron muestras del alimento ofrecido y rechazado para su análisis en el laboratorio. Mientras que para determinar el consumo de las cabras en pastoreo se consideró el % FDN de la ración (120/%FDN)

Para el pesaje de la mezcla de alimento antes y después de ofertado se utilizó un dinamómetro marca SANSOM de 5 kg±50 g, mientras que para las variaciones del peso vivo individual y promedio del corral se empleó una pesa digital marca HANSON-SMBUTA de 50 kg ± 0.460 kg, momento en que se ajustó el consumo de la RTM al grupo de animales.

El comportamiento ingestivo de los animales se realizó durante el encierro diurno (12:00 am- 02:00 pm) y nocturno (07:00pm-08:30am) y en dos momentos diferentes por sesión (07:00 am, 04:00pm *vs* 07:00pm, 03:00am) en la naves de sombra, mediante observación visual al animal con un cronometro marca DIAMOND, momento en que se registró el número de bolo rumia (NBR), tiempo gastos por bolo de rumia (TGBR), número de masticaciones merisicas por bolo rumia (NMMBR), tiempo medio total masticación por bolo de rumia (TMTMB), eficiencia en la masticación de la materia seca (EMMSB) y de la fibra detergente neutro por bolo (MFDNB) según la metodología escrita por Burger *et al*. (2000).



La metabolicidad se estimó por el cociente entre la concentración de energía metabolizable y el aporte de energía bruta de la ración (AFRC, 1995), de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$qm = \frac{EM}{EB}$$

donde:

qm = Metabolicidad de la ración

EM= Energía metabolizable

EB = Energía Bruta

En cambio la estimación de la producción de calor (PC) se determinó por deducción de la energía metabolizable consumida (CEM) y la retención de energía (RE) calculada por la ecuación (CEM=ER+PC) descrita por Garrett *et al*. (1959). Sin embargo, la eficiencia de utilización de la energía metabolizable para el mantenimiento *(km*), la producción de leche *(kl*) y para el crecimiento (*kg*) mediante las ecuaciones propuesta por Tovar-Luna (2016)

- $km = 0{,}350 \times qm + 0{,}503$
- $kl = 0{,}350 \times qm + 0{,}420$
- $kg = 0{,}780 \times qm + 0{,}006$

Análisis químico

Las muestras de follaje original, ofrecido y el material rechazado fueron secadas en estufa de aire forzado a 60º C por un periodo de 48h hasta alcanzar el peso constante para determina el aporte de materia seca (MS). Luego de secadas fueron molidas (1mm) y enviadas al laboratorio para realizar análisis químico según AOAC (2005) y el fraccionamiento de la fibra por Goering y Van Soest (1994). Para la estimación de la digestibilidad de materia seca (DMS) y de la materia orgánica (DMO) se utilizaron las ecuaciones propuestas de Minson (1982) y CSIRO (1990). La energía metabolizable se determinó a partir de la materia orgánica digestible en la materia seca (MODMS) según AFRC (1995). La totalidad de los análisis se realizaron en la Unidad Central de Laboratorios (UCELAB) del Instituto de Ciencia animal (ICA).

Análisis estadístico

Se realizó análisis de varianza (ANOVA) y se aplicó la prueba de Tukey con un nivel de significancia del 5% para comparar las medias. De la misma forma, se realizaron correlaciones de Pearson y regresiones lineales entre las variables en estudio y se plantearon los parámetros y criterios de ajuste estadístico para la ecuación y el modelo. Los datos se analizaron a través del programa estadístico InfoStat (Di Rienzo *et al*. 2016)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Consumo voluntario

En la tabla 1 se presentan los resultados del consumo voluntario de materia seca y la relación entre los diferentes nutrientes y donde la totalidad de los parámetros muestran variación estadísticas significativas que favoreció al grupo experimental. Referido a la ingestión relativa de materia seca el valor alcanzado por el grupo experimental fue semejante (3% PV) al enunciado de forma general por Haenlein (1996) para cabras en lactación con bajo rendimiento individual de leche (< 1litro) pero inferior al valor (4% PV) referido por Sauvant *et al*. (1991) para las cabras en el propio estado fisiológico y lo reportado (5.2 %PV) por Gutiérrez (2012) en cabras alimentadas con una dieta básicamente fibrosa (85% FDN), el consumo de un mínimo (6g kg PV^{-1}) de suplemento energético-proteico, más un activador de la fermentación ruminal (6ml kg PV^{-1}).

Por consiguiente acerca del consumo según peso metabólico (g kg PV^{075}), el valor encontrado por el propio grupo experimental está dentro del rango optimo (47- 180 g MS PV^{075}) planteado por (Jimeno *et al*. 2003), aunque inferior al rango (10l-109 g MS PV^{075}) para el consumo de forraje Morera (102-107 g MS PV^{075}) y de Amapola, respectivamente, pero superior (60 g MS PV^{075}) al consumo de *Leucaena leucocephala* según Benavides (1994).

De la mismo modo se aprecia que el consumo aparente de FDN supero el limite físico del rango (1.06-1.94 % PV^{-1}) propuesto por Carvalho (2002) para la especie caprina. Al parecer los altos niveles de ingestión alcanzado, superior al valor normal fisiológico en ambos tratamientos, pudo estar dado por la permanente integralidad de factores asociados al animal como la capacidad que posee la especie caprina de exceder la distensión física o repleción del retículo-rumen (Borges 1999) y al desencadenamiento de mecanismos nutricionales como el incremento del número de microorganismos celulíticos, la síntesis de proteína microbiana, al mayor reciclado de urea sanguínea hacia el rumen y el efecto físico de la masticación que son más prolongadas y eficaz (Domínguez-Bello *et al*. 1991 y Hadjigeorgiou *et al*. 2003), como ocurrió el presente estudio con el grupo experimental .

Tabla 1. Valores medios del consumo absoluto y relativo de materia seca

Indicador	Control	Testigo	±EE	*p*
CMS , kg d^{-1}	0,75	1,17	0,04	0,0001
CMS , % PV	2,11	3,39	0,01	0,0001
CMS, g kg PV^{075}	51,07	81,89	0,70	0,0001
CEM, Mcal d^{-1}	1,43	2,53	0,08	0,0001
CEM, kcal/kg PV^{075}	99,97	176,83	1,49	0,0001
CEM, %PV	4,14	7,32	0,01	0,0001
Con, Energía, Mcal CMS^{-1}	1,96	2,16	0,01	0,0001
CPB, g d^{-1}	157,54	252,45	9,37	0,0001
Con, PB , g PB kg CMS^{-1}	214,42	216,10	0,02	0,0001
CFDN, g	0,410	0,600	0,02	0,0001
CFDN, % PV	1,20	1,74	0,01	0,0001
CFAD, g	0,26	0,36	0,02	0,0001
CCT, g	479,39	656,05	22,85	0,0001

CMS: consumo materia seca, CEM: consumo de energía metabolizable, PV^{075}: peso metabólico CPB: consumo de proteína bruta, CFDN: consumo de fibra detergente neutro, CFAD: consumo de fibra acido detergente, CCT: consumo de carbohidratos totales

Por otro lado, según el resultado de la regresión lineal se observa que el consumo de materia seca (CMS) no solo estuvo determinado por la ingestión de la FDN (a= 0.132 (±0.02), b=2.129 (±0.05), ± EE= 0.03, R^2=99 %, p<0.0001), sino también, por el consumo de energía metabolizable (CEM) (a= 0.1147 (±0.01), b=0.4207 (±0.05), ±EE=002, R^2=98 %, p<0.0001) y de proteína (CPB) (a=-0.0388 (±0.04), b=0.0046 (±0.02), ±EE=0.08, R^2=98 %, p<0.0001).
Ó sea, que los resultados de la ecuación para la energía y la proteína reflejan que por cada unidad de EM consumida de la dieta la ingestión de materia seca se incrementó 115 g, pero disminuye 38 g por concepto de la proteína. Lo logrado evidencia el grado de necesidad de ambos nutrientes (energía, proteína) para garantizar el desarrollo basal y la actividad enzimática de los microorganismos ruminales, y con ello, el aprovechamiento de la ración (Di marco 2006). Sin embargo, al parecer el consumo de energía debió cubrir los requerimientos teóricos a diferencia de la proteína, aunque el tratamiento control tuvo menor concentración de energía en la ración y consumo, balance que pudo afectar respuesta metabólica y productiva de los animales.

Comportamiento ingestivo

En la tabla 2 se aprecia que dentro del comportamiento ingestivo la generalidad de las actividades registradas (NBR, TGBR, NMMBR, TMMB) no mostraron variación estadística, contrario ocurrido en la eficiencia de masticación de la MS (EMMSB) y de la FDN por bolo (EMFDNB) expresada en g $minuto^{-1}$ que difieren (p=0,0143 *vs* p=0,0429) y donde el grupo experimental alcanzó mejor respuesta. De igual manera, se observa que el CMS y FDN muestran un efecto lineal (r=0,75 *vs* 0,77, p<0,0001) con la eficiencia de masticación de la materia seca por bolo (EMMSB) y la FDN (EMFDNB), pero a la vez fuerte y decreciente (r= -0,75 vs -0,79, p<0,0001) con el tiempo medio de masticación por bolo (TMMB) y débil con tendencia negativa (r= - 0,45, p=0,0185 *vs* -0,44, p=0,0196) con el número de bolos de rumia (NBR). Análoga conducta de relación entre las diferentes variables fue reportada por Miranda *et al*. (1999).



Tabla 2. Valores medios del comportamiento ingestivo

Actividad	Grupo		±EE	*p*	*Interacción, p*	
	Control	Exp.			hora	Sesión
NBR/min. uno	1,71	1,55	0,13	0,4658	0,1852	0,3938
TGBR, min.d^{-1}	50,29	47,75	2,63	0,5669	0,1081	0,3028
NMMBR, uno	58,43	58,33	7,66	0,9898	0,0092	0,3453
TMMB, min.	85,86	87,00	5,41	0,9014	0,3705	0,9112
EMMSB, g min.	8,91	14,40	1,32	0,0143	0,1108	0,1120
EMFDNB, g min.	5,06	7,39	6,15	0,0429	0,1867	0,1940

Número de bolo rumia (NBR), tiempo gastos por bolo de rumia (TGBR), número de masticaciones merisicas por bolo rumia (NMMBR), tiempo medio total masticación por bolo de rumia (TMMB), eficiencia de masticación de la materia seca por bolo (EMMSB) y de la fibra detergente neutro (EMFDNB)

Lo logrado debió estar atribuido a la mayor actividad celulolítica de los microrganismos ruminales consecuente con la disminución del número de bolos regurgitados durante la rumiación como resultó en el grupo experimental y con la menor tasa de retención ruminal de la FDN (Allen y Mertens 1988).
Asimismo se observó que los resultados de la interacción actividad: sesión no mostró cambios estadísticos alguno. Sin embargo, en la relación de las actividades con la cinética de muestreo planificada el NMMBR, logró variaciones (p=0,0092) y donde el horario de la 01:00pm (sesión diurna) del grupo experimental alcanzó el valor más elevado (73,14, ±5,08, p<0,0080) con respecto al resto de la cinética (55.20 -07:00am, 42,20-08:00pm, 59.33-03:00am).

Eficiencia de utilización de la energía metabolizable

En el presente trabajo el valor medio de metabolicidad (*qm*=0.46±0.05) lograda por el grupo control con respecto al experimental (*qm*=0.51±0,04) fue bajo, lo que refleja una disminución en la producción de calor durante la fermentación y actividad de rumia, valor que según McDonald *et al*. (2011) se corresponde con dietas de reducida contracción energética (±1.76mcal kg MS^{-1}), además de manifestar que cuando qm = < 0.50 la ración consumida resulta semejante a forrajes de baja calidad (Lee 2018), dado por la menor digestibilidad de la ración (Vázquez-Carrillo *et al*. 2021).

Tabla 3. Valores medios de la metabolicidad de la energía bruta y eficiencia de utilización de la energía metabolizable

Variable	Grupos			
	Control	Experimental	±EE	*p*
EB, Mcal	4.22	4.23	0.08	0.5871
q, EM, Mcal/EB, Mcal	0.46	0.51	0.01	0.0001
km	0.67	0.68	0.01	0.0001
kl	0.58	0.60	0.01	0.0001
kg	0.37	0.40	0.01	0.0001
Elm, mantenimiento, Mcal	0.95	1.72	0.06	0.0001
Elleche, Mcal	0,83	1.51	0.05	0.0001
Elcrecimiento, Mcal	0.53	1.02	0.08	0.0001
ER, Mcal	0.80	1.35	0.04	0.0001
ER, kcal/gkgPV^{075}	55.68	98.58	0.80	0.0001
EN, Mcal	0.54	0.56	0.01	0.0001
PCA, Mcal	0.63	1.18	0.03	0.0001

EB: energía bruta, q: metabolicidad de la energía bruta, km: eficiencia de utilización de la energía metabolizable para: km: mantenimiento, kl: producción de leche, kg: crecimiento, El:energía liquida para: mmto, leche y crecimiento. ER: energía retenida, PCA: producción de calor, PV^{075}: peso metabólico

Del mismo modo se aprecia que tanto la *km, kl, kg* de la EM del grupo experimental superó el limite fisiológico normal (0.67, 0.59, 0.39) para la especie planteado por AFRC, (1988). No obstante, debemos referir que la mejoría encontrada en *km* y *kl,* pudo obedecer a disminución en el incremento calórico, junto al ligero aumento de la concentración de energía metabolizable *(kl*: CEM 0.98 *vs k*g: CEM 0.90, p<0,0001) de la dieta y con ello, la relación con la metabolicidad (*kl*: qm 0,97 *vs kg*:qm 0, 98, p<0,0001) en el propio tratamiento (Tovar- Luna 2016), resultados que según la AFRC (1980) indican que durante la lactación la *kl* será constante.

Por otro lado los resultados de las regresiones lineal entre la energía retenida (ER) y el consumo de energía metabolizable (CEM), revelan variación estadística con elevados criterios estadísticos de ajustes tanto para la ecuación como en el modelo y donde la pendiente en la ecuación del grupo control (ER, $_{kcal\ /kgPV}{}^{075}$, *a*=1.464 (±1.05), *b= 0.5425* (±0.01) CEM kcal), R^2=98.22, ±EE=0.21, p<0.0001) con respecto al grupo experimental (ER, $_{kcal\ /kgPV}{}^{075}$, *a*=-0.2060 (±1.86), *b=0.5364* (±0,01) CEM kcal , R^2=98.10, ±EE=0.37, p<0.0001) refleja relativamente mayor eficiencia de utilización de la energía metabolizable para la retención. En cambio en la relación de la producción de calor (PC) con el consumo de energía el valor de la pendiente del grupo experimental ($PC_{kcal\ /kg\ PV}{}^{075}$ *a*=1.464 (±1.05), *b= 0.5425* (±0.01) CEM kcal /kg PV^{075}), R^2=98.22, ±EE=0.21, p<0.0001), superó el control ($PC_{\ kcal/kg\ PV}{}^{075}$ *a*=0.2122 (±1.85), *b= 0.4644* (±0.01) CEM kcal, R^2=98.22, ±EE=0.37, p<0.0001), efecto positivo que debió producir incremento en la cantidad de calor para la termorregulación corporal (*mantener la homotermia*) (Riek et al. 2019), además de favorecer el metabolismo de los nutrientes (*metabolismo intermedio*) y la fermentación microbiana ruminal (Elizondo-Salazar 2020).

Por último se destaca el efecto lineal creciente de las medidas calorimétricas estudiadas y su relación con el consumo de materia (CMS, g kg PV^{075}:q, R^2=79.24, ±EE=0.17, p<0.0001; CMS, g kg PV^{075}: ER, R^2=78.74, ±EE=0.13, p<0.0001*;* CMS, g kg PV^{075}: PC R^2=77.11, ±EE=0.14, p<0.0001) respuestas que en el presente estudio prueba la incidencia de la matriz energética (*aporte, metabolización y balance de la energía)* con los factores físicos (*tipo de dieta, composición química, oferta)* y metabólicos controlados (*caracterización* y *estado fisiológico del animal*) sobre la ingestión voluntaria de alimento por las cabras.

CONCLUSIONES

El consumo de la ración totalmente mezclada (RTM) con la inclusión básica de la *Tithonia diversifolia* incrementó el consumo voluntario de materia seca, modificó la eficiencia de masticación de la materia seca (MS) y fibra detergente neutro (FDN) y mejoró la eficiencia de utilización de la energía metabolizable.

BIBLIOGRAFÍA

AFRC (Agricultural and Food Research Council) 1998. The Nutrition of Goats. CAB International, Oxon, UK, pp. 41–51.

AFRC (Agricultural and Food Research Council). 1995. Energy and protein requeriments of ruminants and visory manual prepared by the AFRC Technical Committe on Responses to Nutrients. Wallingford: CAB international, Reino Unido.p. 159

Allen, M.S, Mertens, D.R. 1988. Evaluating constraints on fiber digestion by rumen microbes. *The Journal of Nutrition*, 118:261

AOAC (Association of Official Agricultural Chemists). 2005. Association of Official Analytical Chemistry. International Official Methods of Analysis.15th Edition. The Association of Official Analytical Chemists: chapter Washington. Estados Unidos. p. 684

ARC 1980. The Nutrient Requirements of Ruminant Livestock. Technical Review by an Agricultural Research Council Working Party. Commonwealth Agriculture Bureau, Farnham Royal, UK.

Benavides, J. E. 1994. Consumo y digestibilidad de la materia seca y del nitrógeno del follaje de Morera (*Morus Alba*) y Amapola (*Malvahiscus Arboreues*) en cabras lactantes. En: Alboles y Arbustos Forrajeros en América Central. CATIEC. Colombia. p.158.

Borges, A.L.C. 1999. Controle da ingestão de alimentos. Caderno técnico: Escola de veterinária da UFMG, Belo Horizonte. Brasil. 27: 67.

Burger, P.J., Pereira, J.C., Queiroz, A.C., Silva, J.FC., Valdares Filho, S.C., Cecon, P.R. Casali, A.D.P. 2000. Comportamento ingestivo en bezerros holandeses alimentados con dietas contendo diferentes niveis de concetrado. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 29:236-242

Carvalho, S. (2002). Desempenho e comportamento ingestivo cabras em lactação alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de fibra Tesis presentada en opción al Título de Doctor en Ciencias. UFV. Viçosa. Brasil. p. 118

CSIRO (Australian Agricultural Council). 1990. Feeding standards for Australian livestock: Ruminants. No.23. Csiro Publishing. Australia. p. 266

Di Marco, O. N. (2006). Eficiencia de utilización del alimento en vacuno. *Revista Visión Rural*, 13 (61)

Di Rienzo, J.A., Casanoves, F., Balzarini, M.G., Gonzalez, L., Tablada, M. Robledo, C.W. InfoStat versión 2016. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL

Domínguez-Bello, M., Dellow, D.W. , Barr, T.N. 1991. Voluntary intake and rumen digestion of low-quality roughage by goats and sheep. *Journal of Agricultural Science*, 117: 111.

Duarte, F., Sandoval-Castro, C., Sarmiento-Franco, L. 2009. Empleo del modelo SRNS para predecir la ganancia de peso en ovinos machos Pelibuey en crecimiento. *Archivos de zootecnia*, 58(224), 671-681.

Duncan, D. B. 1955. Multiple range and multiple F tests. *Biometrics*, *11*(1), 1-42

Elizondo - Salazar, J. 2006. El uso de la ración total mezclada para ganado de leche. Un sistema de alimentación prometedor. ECAG-Informa. 37:25-27.

Elizondo-Salazar, J.A. 2020. Estimación de la energía calórica en alimentos para ganado de leche según el modelo del NRC (2001). *Nutrición Animal Tropical*, 14(2): 39-50.

Garrett, W. N., Meyer, J. H., Lofgreen, G. P. 1959.The comparative energy requirements of sheep and cattle for maintenance and gain. *Journal of Animal Science*, 18:528–547,

Goering, H. K., P.J. Van Soest. 1994. Forage fibre analysis. Agricultural Handbook No. 379. Agricultural Research. Service, US Dept. of Agriculture, Washington D.C. Estados Unidos. p. 1-20

Gutiérrez, G. D. 2012.Efecto del aditivo biológico Vitafert en dietas de forrajes de baja calidad para la alimentación de cabras lecheras. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Veterinarias.Instituto de Ciencia Animal. Cuba

Hadjigeorgiou, I.E.; Gordon, I.J., Milne, J. A. 2003. Intake, digestion and selection of roughage with different staple lengths by sheep and goats. *Small Ruminant Research*, 47:117-132.

Haenlein, G. F.W. 1996. Goat Management. Disponible en: http://ag.udel.edu/extension/information/goatmgt/gm-list.htm. Consultado:(1 marzo 2025)

Jimeno, V., Rebollar, P.G., Castro, T. 2003. Fases productivas y organización del rebaño por lotes. En Nutrición y alimentación del caprino de leche en sistemas intensivos de explotación. XIX Curso de Especialización FEDNA. Madrid. España. pp. 155-178.

Magofke, J.C., González, H., García, X. 2000.Componente genético de la eficiencia energética en vacas lecheras. Avances en la Producción Animal 25 (1 y 2): 3-22. Publicación del Departamento de Producción Animal. Universidad de Chile. 185 p.

McDonald, P. R. A., Edwards, J. F. D., Greenhalgh, C. A., Morgan, L. A. , Sinclair, R., G. Wilkinson. 2011. Animal Nutrition. Seventh Edition. Prentice Hall.

Minson, D. J. 1982. Effect of chemical composition on feed digestibility and metabolizable energy. *Nutrition Abstract and Reviews*, 52: 591-615

Miranda, L.F., Queiroz, A.C., Valdares Filho, S.C., Cecon, P.R., Pereira, E.S., Paulino, M.F., Lana, R.P., Miranda, J.R. 1999. Comportamento ingestivo de novilhas lecheiras alimentadas com dietas a base de cana-de –azúcar. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 28:614-620.

NRC. 2007. Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and new world Camelids. National Academy Press, Washington, DC.

Piñeiro-Vázquez, A. T., Ayala-Burgos, A. J., Chay-Canul, A. J., Ku-Vera, J. C. 2013. Dry matter intake and digestibility of rations replacing concentrates with graded levels of Enterolobium cyclocarpum in Pelibuey lambs. *Tropical Animal Health and Production*, 45(2), 577-583.

Riek, A., Stölzl, A., Bernedo, R., Ruf, T.,Arnold, W., Hambly, & Gerken, M. 2019. Energy expenditure and body temperature variations in llamas living in the High Andes of Peru. *Scientific Reports*, 9: 4037.

Sauvant, D.; Morand-Fehr, P., Giger-Reverdin, S. 1991. Dry matter intake of adult goats. En: Goat Nutrition. p. 45

Silva, A. M. D. A., Santos, E. M. D., Pereira Filho, J. M., Bakke, O. A., Gonzaga Neto, S., Costa, R. G. D. 2010. Body composition and nutritional requirements of protein and energy for body weight gain of lambs browsing in a tropical semiarid region. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39(1), 210-216.

Tedeschi, L. O., Cannas, A., Fox, D. G. 2010. A nutrition mathematical model to account for dietary supply and requirements of energy and other nutrients for domesticated small ruminants: The development and evaluation of the Small Ruminant Nutrition System. *Small Ruminant Research*, 89(2-3), 174-184.

Tovar-Luna, I. 2016. Aprovechamiento Energético del Alimento en la Producción de Leche en Cabras.(8vo Congreso del Borrego y la cabra. CIBO. p.5.

TD-21. Empleo de *Tithonia diversifolia* en la alimentación de aves y cerdos

Use of *Tithonia diversifolia* in poultry and pig feed

B. Rodríguez Sánchez[1], L. L. Savón Valdés[1], L. M. Mora Castellanos[2], Y. Vázquez Pedroso[1], T. E. Ruíz Vázquez, N. Báez*

[1]Instituto de Ciencia Animal, [2] Instituto de Investigaciones Porcina. Cuba.

Correspondencia*: brodriguez@ica.edu.cu, sabygen03@gmail.com

RESUMEN

Los estudios realizados en el Instituto de Ciencia Animal, teniendo en cuenta las características agronómicas, composición química y digestibilidad *in vitro* de los materiales vegetales procedentes de la región centro-occidental del país, sugirieron el empleo de *Tithonia diversifolia* vc ICACuba Oc-10 para la alimentación de aves y cerdos. Para el empleo en la dieta de estos animales se recomienda cortar el forraje entre los 60 y 70 días de edad o rebrote, secar y molinar para incluirlo en forma de harina de forraje seco lo que permitirá un mejor aprovechamiento de los nutrientes que aporta esta fuente proteica alternativa. En pollos de engorde, puede incorporarse un 10 % y hasta 20 % en reemplazo de ponedoras, a edades tan tempranas como los 7 días de edad, sin modificaciones en los indicadores productivos y la salud. En gallinas ponedoras es posible hasta el 15%, sin modificar los indicadores productivos, la composición química y la calidad interna y externa del huevo. Los estudios demostraron que mejora la coloración de la piel de las aves y la yema del huevo por su alto contenido de xantófilas, reduce los costos de alimentación y puede actuar como un estimulante natural del sistema inmunológico. En cerdos se evaluó en sustitución de una parte del alimento concentrado. Se recomienda el 5 % en animales recién destetados, hasta el 10 % en crecimiento y hasta el 20 % en la categoría de crecimiento-ceba con ganancias aceptables, sin comprometer la salud y calidad de la carne y la canal. En conclusión, *Tithonia diversifolia* se consolida como una alternativa forrajera valiosa para aves y cerdos en Latinoamérica, que contribuye a sistemas productivos más económicos y sostenibles cuando se maneja con criterio técnico, e impacta directamente en la seguridad alimentaria.

Palabras clave: *arbóreas, avicultura, porcicultura, plantas proteicas*

ABSTRACT

Studies conducted at the Institute of Animal Science, taking into account the agronomic characteristics, chemical composition, and in vitro digestibility of plant materials from the central-western region of the country, suggested the use of *Tithonia diversifolia* vc ICACuba OC-10 for feeding poultry and pigs. For use in these animals' diets, it is recommended to cut the forage between 60 and 70 days of age or regrowth, dry it, and grind it to include it in the form of dry forage meal, which will allow for better utilization of the nutrients provided by this alternative protein source. In broiler chickens, 10% to 20% can be incorporated to replace layers, as early as 7 days of age, without modifying production indicators and health. In laying hens, up to 15% can be incorporated without modifying production indicators, chemical composition, and internal and external egg quality. Studies have shown that it improves the coloration of poultry skin and egg yolk due to its high xanthophyll content, reduces feed costs, and can act as a natural immune system stimulant. In pigs, it has been evaluated as a substitute for part of the concentrated feed. It is recommended to feed 5% of the feed in newly weaned animals, up to 10% in growing animals, and up to 20% in the growing-finishing category, with acceptable gains without compromising the health and quality of the meat and carcass. In conclusion, *Tithonia diversifolia* is established as a valuable forage alternative for poultry and pigs in Latin America, contributing to more economical and sustainable production systems when managed with technical criteria, and directly impacting food security.

Keywords: *trees, poultry, swine, protein plants*





TD-22. Uso de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray. para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y aumentar los stock de carbono en los sistemas bovinos: experiencias en Colombia

Use of *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray. to reduce greenhouse gas (GHG) emissions and increase carbon stocks in cattle systems: experiences in Colombia

J. E. Rivera[1,2]; G. O. Villegas[1]; J. Chará[1]

[1]Centro Para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria — CIPAV, Carrera 25 # 6 — 62, 760002. Cali, Colombia; [2] Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad CES. Medellín, Colombia.

Correspondencia: jerivera@fun.cipav.org.co

RESUMEN

La inclusión de *Tithonia diversifolia* en diferentes sistemas silvopastoriles ha demostrado efectos positivos sobre la producción bovina, así mismo, distintos estudios han evidenciado su capacidad para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y favorecer los reservorios de carbono. Este escrito, sintetiza los principales avances logrados en Colombia por el Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria - CIPAV, relacionados con los efectos de *T. diversifolia* sobre las emisiones de metano (CH_4) en la fermentación entérica, las emisiones en el estiércol, las intensidades emisión para la producción de carne y leche bovina, y los reservorios de carbono en condiciones tropicales. Para las emisiones de CH_4 por fermentación entérica, la inclusión de *T. diversifolia* ha logrado disminuciones *in vivo* entre el 6 y 9% (p=0.016), a su vez en estudios usando la técnica de cámaras cerradas estáticas, los sistemas con esta arbustiva han mostrado reducciones hasta un 23% de los factores de emisión (FE) de CH_4 en las heces, y disminuciones del 24% y 43% de los FE de N_2O en las heces y orina, respectivamente. De otro lado, los sistemas con *T. diversifolia* han logrado presentar reducciones de la huellad carbono en un 30% para la producción de un litro de leche (4.2 *vs*. 6.1 kg de CO_2eq/kg de leche) y un kg de ganancia de peso (20.9 *vs*. 30.5 kg de CO_2eq/kg de peso vivo ganado) en sistemas doble propósito. Finalmente, para los stock de carbono, mediciones en suelo y biomasa han reportado aumentos frente a sistemas convencionales basados en solo pasturas. Se desataca que sistemas con *T. diversifolia* dispuesta bajo arreglos silvopastoriles, reducen las emisiones de GEI en condiciones de tropicales y favorecen el aumento de los stock de carbono en la biomasa aérea, convirtiéndolos en herramientas para mitigar el cambio climático.

Palabras clave: *cambio climático, fermentación entérica, metano, mitigación, sistemas silvopastoriles.*

ABSTRACT

The inclusion of *Tithonia diversifolia* in different silvopastoral systems has demonstrated positive effects on animal production, and several studies have shown its capacity to reduce greenhouse gas (GHG) emissions and favor carbon stocks in cattle systems. This paper summarizes the advances achieved in Colombia by the Center for Research on Sustainable Agricultural Production Systems - CIPAV, related to the effects of *T. diversifolia* on methane (CH_4) emissions from enteric fermentation, emissions in manure, emission intensities for beef and milk production, and carbon stocks in tropical conditions. For CH_4 emissions by enteric fermentation, the inclusion of *T. diversifolia* has achieved in vivo decreases between 6 and 9% (p=0.016), while in studies using the static closed chamber technique, systems with this shrub have shown reductions of up to 23% of the emission factors (EF) of CH_4 in feces, and reductions of 24% and 43% of the EF of N_2O in feces and urine, respectively. On the other hand, systems with T. diversifolia have shown carbon footprint reductions of 30% to produce one liter of milk (4.2 *vs.* 6.1 kg CO_2eq/kg milk) and one kg of weight gain (20.9 *vs.* 30.5 kg CO_2eq/kg live weight cattle) in dual-purpose systems. Finally, for carbon stocks, soil and biomass measurements have reported increases compared to conventional systems based on monopastures. It is highlighted that systems with *T. diversifolia* arranged under silvopastoral arrangements reduce GHG emissions in tropical conditions and favor the increase of carbon stocks in the aerial biomass, becoming tools to mitigate climate change.

Keyword: *climate change, enteric fermentation, methane, mitigation, silvopastoral systems*

INTRODUCCIÓN

En las regiones tropicales y subtropicales, la alimentación de los rumiantes se basa principalmente en el uso de forrajes de baja a mediana calidad, lo que genera una productividad limitada y una alta generación de gases de efecto invernadero (GEI) como dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O) (Cai *et al*. 2017, Ku-Vera *et al*. 2020). Frente a los problemas climáticos actuales y a las altas cantidades de GEI generadas por los sistemas ganaderos, se han realizado grandes esfuerzos en investigación no solo en la reducción del CH_4 entérico mediante prácticas de alimentación que alteran la fermentación ruminal con el potencial de incrementar la productividad (Ku-Vera *et al*. 2020), sino también, en reducir las emisiones generadas por el suelo y el estiércol depositado en las praderas (Wu *et al.* 2020).

Los árboles y arbustos como *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray., tienen el potencial para incrementar la eficiencia fermentativa y reducir las emisiones de CH_4 entérico, en comparación con las especies forrajeras tradicionalmente ofrecidas en dietas pastoriles (Terry *et al*. 2016, Ribeiro *et al*. 2016, Galindo-Blanco *et al*. 2018, Rivera *et al*. 2022). Los beneficios de *T. diversifolia* están dados por los altos contenidos de proteína cruda, minerales y energía, los bajos valores de fibra, la alta

degradabilidad, la presencia de compuestos fitoquímicos, y su capacidad de adaptación a diferentes condiciones edafoclimáticas (Chagas-Paula *et al*. 2012, Rivera *et al*. 2022).

En cuanto a las emisiones del suelo y del estiércol, se han explorado múltiples estrategias para reducir los GEI de esta fuente de emisión. Tal es así que actualmente existen evidencias que los gases provenientes del suelo y del estiércol pueden ser reducidos por medio de un uso adecuado del suelo, basado en una mejor estructura física, cobertura y diversidad de especies vegetales y de microrganismos (Chrinda *et al*. 2019, Rivera *et al*. 2021b), así como el eficiente reciclaje de las excretas por la fauna edáfica principalmente los escarabajos estercoleros (Montoya-Medina *et al*. 2015, Mendivil *et al*. 2020).

El objetivo de este escrito es destacar los principales hallazgos logrados en Colombia por el Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria - CIPAV, relacionados con los efectos de *T. diversifolia* sobre las emisiones de CH_4 en la fermentación entérica, las emisiones en el estiércol, las intensidades emisión para la producción de carne y leche bovina, y los reservorios de carbono en condiciones tropicales.

Efecto de *T. diversifolia* en las emisiones de CH_4 por fermentación entérica

Con el objetivo de conocer el efecto del consumo de *T. diversifolia* sobre las emisiones de CH_4 por fermentación entérica en vacas doble propósito, Rivera *et al*. (2022) llevaron a cabo las mediciones *in vivo* de la producción de metano tanto en época seca como de lluvias utilizando la técnica de politúnel (Lockyer 1997, Murray *et al*. 2007) y siguiendo las recomendaciones de Gaviria-Uribe *et al*. (2020). Estos autores compararan una dieta 100% *Brachiaria humidicola* con una dieta *T. diversifolia* + *B. humidicola,* en una finca ganadera comercial en el piedemonte amazónico colombiano (N 1°44'34.12" W 75°15'49.67").

Las evaluaciones se hicieron en ocho vacas lactantes con distintos grados de cruces raciales (*Bos taurus* × *Bos indicus*), las cuales tenían 232 ± 8,20 días en leche, una edad de 64,5 ± 20,4 meses, 2,25 ± 1,26 partos, un peso vivo de 419 ± 30,6 kg y una producción media de 5,10 ± 0,59 l/animal/día.

En este estudio, el consumo total de materia seca (MS) expresado como porcentaje del peso vivo del animal no difirió entre dietas (1,84 frente a 1,88 para la dieta 1 y la dieta 2, respectivamente) (P = 0,369), y para la dieta que tuvo *T. diversifolia*, su consumo medio de fue de 17,5% (± 2,46) de la MS total consumida sin diferencias entre épocas (p = 0,390).

Rivera *et al*. (2022,) encontraron que la inclusión de *T. diversifolia* contribuye a reducir las emisiones totales de CH_4 por día y por unidad de MS consumida y degradada, además, de generar menores cantidades de este gas por litro de leche producido. En la Tabla 1 se presentan los principales resultados de este estudio.

Tabla 1. Emisiones entéricas de CH_4 en vacas de doble propósito alimentadas con dietas de *B. humidicola* y *B. humidicola* + *T. diversifolia* en el piedemonte amazónico de Colombia.

	g de CH_4/animal/día	g de CH_4/kg de MSC	g de CH_4/kg de MSD	kg de CO_2/kg de LCGP	Ym (%)
			Época seca		
Dieta 1	218,3 (±27,6) a	27,58 (±1,13) a	45,39 (±1,92) b	1,41 (±0,17) a	8,20 (±0,59) a
Dieta 2	207,6 (±35,2) b	25,45 (±1,06) b	41,11 (±3,04) a	1,19 (±0,17) b	7,58 (±0,38) b
Valor - p	0,003*	0,004*	0,002*	0,002*	<0,001*
EEM	8,39	0,29	0,84	0,05	0,32
			Época lluviosa		
Dieta 1	228,1 (±33,8) a	28,37 (±1,13) a	50,70 (±3,18) b	1,38 (±0,5) a	8,87 (±0,59) a
Dieta 2	208,5 (±35,15) b	26,19 (±1,06) b	43,87 (±5,02) a	1,11 (±0,31) b	8,07 (±0,38) b
Valor - p	0,016*	0,006*	<0,001*	0,011*	0,006*
EEM	5,11	0,41	1,34	0,05	0,54

Dieta 1: *B. humidicola* 100%; Dieta 2: *T. diversifolia* 15% + *B. humidicola* 85%. CMS: consumo de materia seca; MSD: materia seca degradada; LCGP: leche corregida en grasa y proteína (kg); Ym: porcentaje de energía bruta emitida como CH_4. EEM: error estándar de la media. *Valores con letras diferentes en la misma columna denotan diferencias significativas (p<0,05). Rivera *et al*. (2022).





Los mecanismos por los que *T. diversifolia* mitiga las emisiones de CH_4 pueden ser diversos. La disminución de la fibra, el aumento de la proteína cruda (PC) y la digestibilidad, y el aporte de algunos compuestos fitoquímicos, se encuentran entre los posibles mecanismos para reducir la producción de metano a nivel ruminal. La inclusión de *T. diversifolia* en dietas de rumiantes se ha propuesto como una alternativa de mitigación debido a su alta degradabilidad y bajo contenido de fibra, ya que estas características se han asociado con menores emisiones de CH_4 por fermentación entérica (Gaviria-Uribe *et al*. 2020, Valencia- Salazar *et al*. 2021). Un factor adicional que puede contribuir a reducir las emisiones entéricas es la presencia de compuestos fitoquímicos como lactonas sesquiterpénicas, diterpenos, flavonoides, taninos y saponinas que pueden modificar la población de microorganismos metanogénicos en el rumen debido a la interacción con su membrana o con algunos componentes de la propia dieta (Chagas-Paula *et al*. 2012; Delgado *et al*. 2012, Rivera *et al*. 2021a).

Factores de emisión de CH_4 y N_2O del estiércol en sistemas con *T. diversifolia*

De otro lado, estudios en sistemas con *T. diversifolia* alrededor de las emisiones del estiércol (heces y orina), han sido desarrollados igualmente en Colombia. Por ejemplo, Rivera et al. (2024) determinaron los factores de emisión (FE) de CH_4 y N_2O de heces y orina en tres sistema convencionales basados en *B. humidicola* y tres sistemas silvopastoriles con arbustos de *T. diversifolia* (2000 arbustos/ha) + *B. humidicola,* para determinar su efecto sobre estas emisiones de GEI.

En este estudio fueron utilizadas 144 cámaras cerradas estáticas manuales (Parkin y Venterea 2010), distribuidas en 12 parcelas y seis sitios. En cada cámara se depositaron 2.000 g y 1.000 ml de heces y orina, respectivamente, según un diseño experimental de bloques al azar, y como control se utilizaron cámaras sin aplicación de estiércol.

Las mediciones duraron 32 días con 8 tiempos de toma de gases (días 1, 2, 3, 7, 11, 18, 24 y 32 tras las aplicaciones de heces y orina) y durante la época seca y de lluvias. Para cada tiempo de recogida, se tomaron muestras de gas a los 0, 10, 20 y 30 min después de cerrar las cámaras (Pelster et al., 2016). Los gases se recogieron con el método pooling (Arias-Navarro *et al*. 2013), utilizando cuatro cámaras por fuente de emisión (suelo, heces u orina).

Los resultados encontrados para los FE presentaron valores más altos de N_2O- N en orina que en heces. La mayoría de los estudios que comparan los factores de emisión de N_2O- N en heces y orina sugieren valores más altos para la orina (López-Aizpún et al., 2020). Según Sordi et al. (2014), la fracción de N que se pierde como N_2O- N en la orina es mayor que en las heces porque sólo una fracción relativamente pequeña de N en el estiércol se encuentra en una condición inestable y esto depende de la dieta de los animales.

La Tabla 2 muestra los factores de emisión determinados para heces y orina. Los sistemas con *T. diversifolia* presentaron menores factores de emisión que los sistemas convencionales de monocultivo (SC) ($p = 0,004$) para el N_2O- N de los parches de orina en ambas épocas, para el N_2O- N de las heces en la estación lluviosa y para el CH_4 en la estación seca. La estación influyó en los flujos de gases, con mayores factores de emisión en la estación seca para el N_2O- N de los parches de orina, y para el N_2O- N y el CH_4 de las heces en la estación lluviosa.

Tabla 2. Factores de emisión (FE) de heces y orina depositadas en sistemas tradicionales y silvopastoriles con *T. diversifolia*

	Porcentaje de N emitido como N_2O-N en los parches de orina	Porcentaje de N emitido como N_2O-N en las heces	Gramos de CH_4/kg de MS heces
		Época seca	
SC	2,64 (± 0,22) a	0,13 (± 0,02)	1,08 (± 0,23) a
SSP	1,49 (± 0,25) b	0,11 (± 0,04)	0,833 (± 0,21) b
EEM	0,040	0,003	0,020
Valor - p	0,007*	0,133	0,005*
		Época de lluvias	
SC	1,69 (± 0,22)	0,17 (±0,04) a	2,46 (±1,04)
SSP	0,89 (± 0,25)	0,13 (±0,02) b	1,99 (±0,55)
EEM	0,074	0,002	0,069
Valor - p	0,004*	0,046*	0,406

SC: sistemas tradicionales; SSP: sistemas silvopastoriles; EEM: error estándar de la media; N: nitrógeno; MS: materia seca. *Valor en la misma columna con letra diferente denota diferencia significativa ($p< 0,05$). Rivera et al. (2024)

Finalmente, en las emisiones totales por hectárea de estiércol en ambos sistemas, se destaca que, aunque los sistemas con *T. diversifolia* pueden excretan más N y producen más heces, debido a una mayor oferta de N y a una mayor capacidad de carga animal, las emisiones anuales son un 17,8% menores en estos sistemas en comparación con los SC. Esta condición sería favorable para identificar sistemas con potencial para mitigar las emisiones de GEI procedentes del estiércol, y menores emisiones por unidad de producto.

Análisis de ciclo de vida (ACV) para la producción de carne y leche bovina en sistemas con *T. diversifolia*

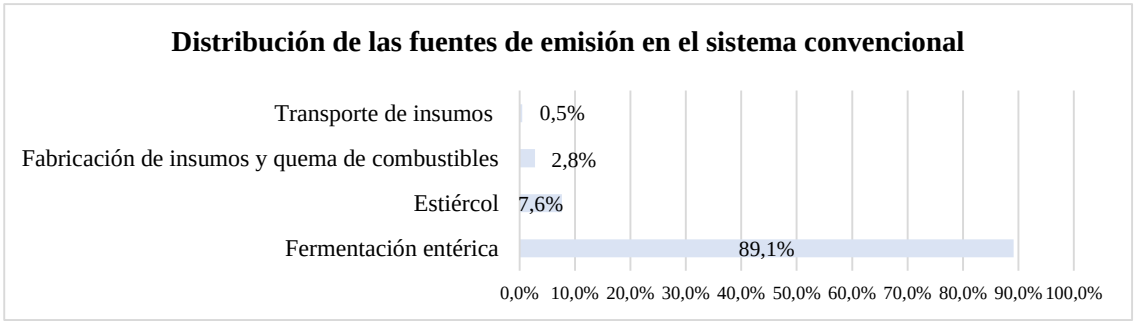
Más allá de las mediciones puntuales en fuentes de emisión específicas realizadas en sistemas con *T. diversifolia* para reducir las emisiones de GEI, también se han estimado las huellas de carbono para la producción de carne y leche en sistemas doble propósito.

En un estudio sin publicar y siguiendo un abordaje de análisis de ciclo de vida (ACV), se estimó la huella de carbono (HC) tanto en un sistemas silvopastoril con *T. diversifolia* como en un sistema convencional de monocultivo típicos, en el departamento del Caquetá (Colombia). Este estudio siguió la norma *Publicly Available Specification* (PAS 2050: 2011) (BSI y Carbon Trust 2011) y sus límites fueron: "*de la cuna a la puerta de la finca*". Las unidades funcionales correspondieron a un kg de leche corregida en grasa y proteína (LCGP) y un kg de ganancia de peso vivo (GPV). Por tratarse de sistemas doble propósito las emisiones de GEI fueron divididas entre los productos generados (carne y leche) utilizando una asignación económica basada en los precios comerciales (Rice *et al*. 2017), utilizando los contenidos de grasa y proteína en cada escenario, la producción de leche se estandarizó en un 3,7 y un 3,3% de grasa y proteína, respectivamente (Thomassen y Boer 2005).

En el análisis fueron incluidos los gases del CH_4 procedente de la fermentación entérica y del estiércol, el óxido nitroso (N_2O) procedente de las excreciones depositadas en los pastos y de la aplicación de fertilizantes; y el dióxido de carbono (CO_2) procedente de la aplicación de cal y urea, y de la quema de combustibles fósiles. Las emisiones de CO_2 de los alimentos y otras materias primas, fertilizantes y enmiendas importados se calcularon con factores de emisión obtenidos de bases de datos como *Agri-Footprint*, *Ecoinvent* y *European Life Cycle Reference* (Durlinger *et al*. 2014).

Para las emisiones de las diferentes categorías de animales se hicieron estimaciones utilizando ecuaciones IPCC. La ingesta de energía bruta (GE) se calculó utilizando las ecuaciones de nivel 2, incluyendo la ingesta de energía bruta diaria y teniendo en cuenta la digestibilidad de la dieta y las necesidades diarias de energía neta para la gestación, la lactancia, el crecimiento, la actividad y el mantenimiento (Gavrilova *et al*. 2019), y el Ym se estimó de acuerdo a Ellis *et al*. (2007). Para estimar estos valores las dietas ofrecidas en cada sistemas fueron evaluadas en las fracciones de materia seca (MS), fibra en detergente neutra (FDN), fibra en detergente acida (FDA), proteína cruda (PC), digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS), extracto etéreo (EE), Calcio (Ca), Fósforo (P), energía bruta (EB) y cenizas.

En la Figura1 se presenta la distribución de los GEI expresados como CO_2eq generados en ambos sistemas, destacándose la relevancia de la fermentación entérica y un leve aumento en las emisiones del estiércol en el sistema con *T. diversifolia*.



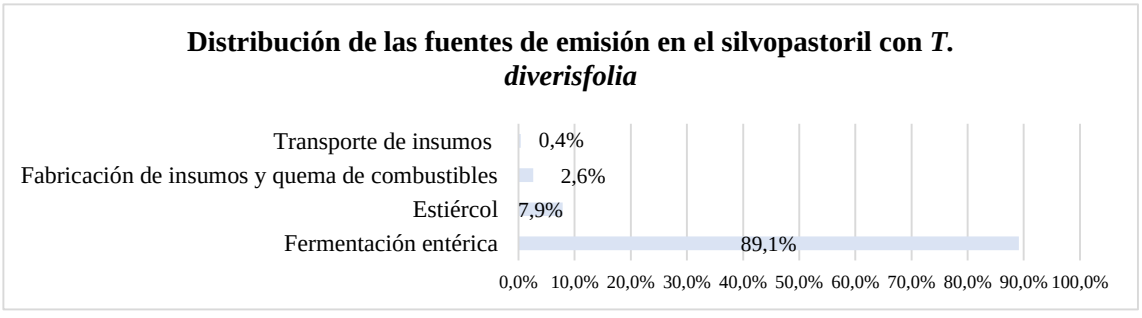


Figura 1. Distribución de las fuentes de emisión en lso sistemas evaluados



De otro lado en la Tabla 3, se muestran las huella de carbono en la producción de carne y leche en los dos sistemas.

Tabla 3. Huella de carbono en la producción de carne y leche en los dos sistemas bovinos doble propósito evaluados

Sistema	kg de CO_2/kg de leche	kg de CO_2/kg de peso ganado	kg de CO_2/kg de proteína
Sistema convencional	6,1	30,5	156,7
Sistema con *T. diversifolia*	4,2	20,9	107,7

En promedio, se encontró una reducción promedio del 31% en las huellas de carbono, esto dado por el aumento de la producción animal y la reducción de las emisiones de CH_4 por fermentación entérica, a pesar de que las emisiones por hectárea fueron mayores en el sistema con *T. diversifolia* (2.31 *vs.* 3.32 t/ha/año).

Aumento del stock de carbono en sistemas con *T. diversifolia*

Finalmente, algunas mediciones en los reservorios de carbono han sido realizadas para conocer el potencial de los sistemas con *T. diversifolia* en este especto. Actualmente CIPAV ha adelantado tres evaluaciones donde se contratan diferentes sistemas silvopastoriles con esta arbustiva y sistemas convencionales en zonas contrastantes (datos sin publicar).

Estas evaluaciones han determinado los reservorios de carbono en los compartimentos de biomasa aérea (árboles, arbustos, detritos y pasturas), raíces y suelo.

Las diferentes mediciones han sido realizadas siguiendo la metodología de parcelas cuadradas y anidadas propuestas por Yepes *et al*. (2011). En cada uno de los sistemas se demarcaron parcelas temporales anidadas de 2500 m^2 (50 m x 50 m), tanto en sistemas con *T. diversifolia* como en sistemas de monocultivo (SC). En cada parcela se midió la biomasa de todos los individuos vivos con diámetro a la altura del pecho (DAP) mayor o igual a 10 cm y en sub-parcelas de 400 m^2 (20 m x 20 m) se midieron todos los individuos con diámetro entre 2 y 10 cm. La necromasa sobre el suelo se evaluó midiendo el volumen y la densidad de todas las ramas y troncos caídos sobre el suelo en cuatro transectos de 1 m x 50 m ubicados dentro de la parcela y la hojarasca se midió sobre cuatro cuadrantes de 1 m x 1 m y el almacenamiento de carbono en suelos se determinó colectando muestreas a tres profundidades (0-10, 10-20 y 20-30 cm) en cuatro cuadrantes para los sistemas analizados hasta 30 cm y en seis profundidades para los sistemas analizados hasta 100 cm de profundidad (0-10, 10-20, 20-30, 30-50, 50-70 y 70-100 cm). En la Tabla 4 presentan los resultados encontrados.

Tabla 4. Contenido de carbono (t/ha) en diferente sistemas silvopastoriles con *T. diversifolia* y sistemas convencionales

	Caquetá*		Antioquia**		Cesar**	
	SSP	SC	SSP	SC	SSP	SC
Biomasa área	7,67	2,17	9,62	5,39	9,59	1,96
Suelo	54,6	54,9	179,1	160,2	127,2	116,5
Total	62,3	57,1	188,7	165,6	136,8	118,5

SSP: sistema silvopastoril con *T. diversifolia*; SC: sistema convencional de solo pasturas; * mediciones en suelo hasta los 30cm de profundidad; ** mediciones en suelo hasta los 100cm de profundidad

Los sistemas con *T. diversifolia* evaluados han tenido una edad promedio entre 8 y 10 años y de acuerdo con los resultados encontrados, han evidenciado aumentos en los stock de carbono, especialmente en la biomasa área. En promedio, estos sistemas frente a escenarios convencionales pueden capturar cerca de 1,7 t de C/ha/año.

Varios estudios han demostrado que la incorporación de árboles a las tierras de cultivo y los pastos da lugar a un mayor almacenamiento neto de C (Haile *et al*. 2008). Las estimaciones del potencial de secuestro de carbono de los sistemas agroforestales son muy variables y oscilan entre 0,29 y 15,21 Mg ha/año sobre el suelo y entre 30 y 300 Mg C/ha hasta 1 m de profundidad (Nair *et al*. 2010). En el caso de los SSP, el potencial de secuestro de carbono sobre el suelo varía entre 1,5

Mg ha/año (Ibrahim *et al*. 2010) y 6,55 Mg ha/año (Kumar et al., 1998). En general, los valores encontrados en el almacenamiento de C son una manifestación directa de la producción de biomasa del sistema, que se ve influida por las características del lugar y del suelo, las especies implicadas, la edad del sistema, la densidad de plantas y las prácticas de manejo (Nair *et al*. 2010).

CONCLUSIONES

Se concluye que los sistemas silvopastoriles con *T. diversifolia* son una herramienta de mitigación de GEI, pues bajo condiciones tropicales han demostrado su capacidad tanto de reducir las principales fuentes de emisión en sistemas bovinos, como la fermentación entérica (CH_4) y el estiércol (CH_4 y N_2O), como de aumentar los reservorios de carbono.

BIBLIOGRAFÍA

Arias-Navarro, C., Díaz-Pinés, E., Kiese, R., Rosenstock, T.C., Rufino, M.C., Stern, D., Neufeldt, H., Verchot, L., Butterbach, K. 2014. Gas pooling: A sampling technique to overcome spatial heterogeneity of soil carbon dioxide and nitrous oxide fluxes. *Soil Biology and Biochemistry*, (67): 20-23. https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2013.08.011.

BSI and Carbon Trust. 2011. Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services. BSI. London, UK, pp 45.

Cai, Y., Chang, S.X., Cheng, Y. 2017. Greenhouse gas emissions from excreta patches of grazing animals and their mitigation strategies. *Earth-Science Reviews*, 171, 44–57. https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2017.05.013.

Chagas-Paula, D.A., Oliveira, R.B., Rocha, B.A., Da Costa, F.B. 2012. Ethnobotany, chemistry, and biological activities of the genus Tithonia (Asteraceae). *Chemistry & Biodiversity*, 9, 2010–2234. https://doi.org/10.1002/cbdv.201100019.

Delgado, D.C., Galindo, J., González, R., González, N., Scull, I., Dihigo, L., Cairo, J., Aldama, A.I., Moreira, O. 2012. Feeding of tropical trees and shrub foliages as a strategy to reduce ruminal methanogenesis: studies conducted in Cuba. *Tropical Animal Health and Production*, 44, 1097–1104. https://doi.org/10.1007/s11250-011-0045-5.

Durlinger, B., Tyszler, M., Scholten, J., Broekema, R., Blonk, H., 2014. Agri-footprint; A life cycle inventory database covering food and feed production and processing. In: Proceedings of the 9th International Conference on Life Cycle Assessment in the Agri-Food Sector (LCA Food 2014). San Francisco, California, USA. American Center for Life Cycle Assessment, pp. 310–317.

Ellis, J.L., Kebreab, E., Odongo, N.E., McBride, B.W., Okine, E.K., France, J. 2007. Prediction of methane production from dairy and beef cattle. *Journal of Dairy Science*, 90 (7), 3456–3466. https://doi.org/10.3168/jds.2006-675.

Galindo-Blanco, J.L., Rodríguez-García, I., González-Ibarra, N., García-López R., Herrera-Villafranca, M. 2018. Silvopastoral system with Tithonia diversifolia (Hemsl.) A. Gray: effect on the rumen microbial population of cows. *Pastos y Forrajes*, 41(4), 273-280. http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v41n4/en_pyf06418.pdf

Gavrilova, O., Leip, A., Dong, H., MacDonald, J.D., Gomez, C.A., Amon, B., Barahona, R., Del Prado, A., Oyhantçabal, W., Van Der Weerden, T., Widiawati, Y. 2019. Emissions from livestock and manure management. In: 2019 Refinement to the 2006 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Agriculture, Forestry and Other Land Use, v. 4. IPCC, Geneve (Cap. 10).

Gaviria-Uribe, X., Bolivar, D.M., Rosenstock, T.S., Molina-Botero, I.C., Chirinda, N., Barahona, R., Arango, J. 2020. Nutritional quality, voluntary intake and enteric methane emissions of diets based on novel cayman brass and its associations with two Leucaena shrub legumes. *Frontiers in Veterinary Science*, 7:579189. https://doi.org/10.3389/fvets.2020.579189

Haile, S.G., Nair, V.D., Nair, P.K.R. 2010. Contribution of trees to soil carbon sequestration in silvopastoral systems of Florida. *Global Change Biology*, 16, 427 – 438. https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2009.01981.x.

Ibrahim, M., Guerra, L., Casasola, F., Neely, N. 2010. Importance of silvopastoral systems for mitigation of climate change and harnessing of environmental benefits. In: Abberton, M., Conant, R., Batello, C. eds. Grassland carbon sequestration: management, policy, and economics. Proceedings of the workshop on the role of grassland carbon sequestration in the mitigation of climate change. Integrated Crop Management, Vol. 11. FAO, Roma, Italy. Available online at: https://www.fao.org/3/i1880e/i1880e09.pdf.

Ku-Vera, J.C., Castelán-Ortega, O.A., Galindo-Maldonado, F.A., Arango, J., Chirinda, N., Jiménez-Ocampo, R., Valencia-Salazar, S.S., Flores-Santiago, E.J., Montoya-Flores, M.D., Molina-Botero, I.C., Piñeiro-Vázquez, A.T., Arceo-Castillo, J.I., Aguilar-Pérez, C.F., Ramírez-Avilés, L., Solorio-Sánchez, F.J. 2020. Review: Strategies for enteric methane mitigation in cattle fed tropical forages, *Animal*, 14, 3, s453-s463. https://doi.org/10.1017/S1751731120001780.

Lockyer, D.R. 1997. Methane emissions from grazing sheep and calves. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 66:11–18. https://doi.org/10.1016/S0167-8809(97)00080-7.



López-Aizpún, M., Horrocks, C.A., Charteris, A.F., Marsden, K.A., Ciganda, V.S., Evans, J.R., Chadwick, D.R., Cárdenas, L.A. 2020. Meta-analysis of global livestock urine-derived nitrous oxide emissions from agricultural soils. *Global Change Biology*, 26, 2002 – 2013. https://doi.org/10.1111/gcb.15012.

Mendivil-Nieto, J.A., Giraldo-Echeverri, C., Quevedo-Vega, C.J., Chara, J. Medina, C.A. 2020. Escarabajos estercoleros asociados a sistemas de ganadería sostenible en diferentes regiones de Colombia. *Biota colombiana*, 21(2), 134–141. https://doi.org/10.21068/c2020.v21n02a09.

Montoya-Molina, S, Giraldo-Echeverri, C, Montoya-Lerma, J, Chará, J, Escobar, F, Calle Z. 2015. Land sharing vs. land sparing in the dry Caribbean lowlands: A dung beetles' perspective. *Applied Soil Ecology*, 98:204–212. doi: https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2015.10.017.

Murray, P.J., Chadkick, D.C., Newbolrd, C.J., Lockyer, D.R. 2007. Measurement of methane from grazing animals – The tunnel method. In: Makkar, H.P., Vercoe, P.E. (Eds.). Measuring Methane Production from Ruminants. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6133-2_6.

Nair, P.K.R., Nair, V.D., Kumar, B.M., Showalter, J. 2010. Carbon sequestration in agroforestry systems. *Advances in Agronomy*, 108:237–307. https://doi.org/10.1016/S0065-2113(10)08005-3.

Parkin, T.B., Venterea, R.T. 2010. Chamber-Based Trace Gas Flux Measurements. In: Follett, R.F. (Ed.), Sampling Protocols. US Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Beltsville, pp. 3–39.

Pelster, D., Gisore, B., Koske, J., Goopy, J., Korir, D., Rufino, M., Butterbach-Bahl, K. 2016. Methane and Nitrous Oxide emission from cattle excreta on an East African Grassland. *Journal of environmental quality*, 45(5):1531-1539. https://doi.org/10.2134/jeq2016.02.0050.

Ribeiro, R.S., Terry, S.A., Sacramento, J.P., Rocha e Silveira, S., Bento, C.B., Silva, E.F., Montovani, H.C., Gama, M.A.S., Pereira, L.G., Tomich, T.R., Mauricio, R.M., Chaves, A. 2016. Tithonia diversifolia as a supplementary feed for dairy cows. *Plos One*, 11: e0165751. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0165751.

Rice, P., O'Brien, D., Shallo, L., Holden, N.M. 2017. Evalutation of allocation methods for calculation of carbon footprint of grass-based dairy production. *Journal of Environmental Management*, 202, 311–319. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.06.071.

Rivera-Herrera, J., Chará, J., Arango, J., Barahona-Rosales, R. 2021a. Effect of different genotypes of Tithonia diversifolia (Hemsl.) A. Grey. on fermentation of feed mixtures with Urochloa brizantha cv. Marandú. *Crop and Pasture Science*, 72 (10), 850 – 859. https://doi.org/10.1071/CP21102.

Rivera, J.E., Chará, J., 2021b. CH4 and N2O emissions from cattle excreta: A review of main drivers and mitigation strategies in grazing systems. Frontiers in Sustainable Food Systems, 5:657936. doi:10.3389/fsufs.2021.657936

Rivera, J.E., Villegas, G., Chará, J., Durango, S.G., Romero, M.A., Verchot, L. 2022. Effect of Tithonia diversifolia (Hemsl.) A. Gray intake on in vivo methane (CH4) emission and milk production in dual-purpose cows in the Colombian Amazonian piedmont. *Translational Animal Science*, 6 (4), txac139, https://doi.org/10.1093/tas/txac139.

Rivera, J.E., Villegas, G., Chará, J., Durango, S.G., Romero, M.A., Verchot, L. 2024. Silvopastoral systems with Tithonia diversifolia (Hemsl.) A. Gray reduce N2O–N and CH4 emissions from cattle manure deposited on grasslands in the Amazon piedmont. *Agroforestry Systems*, 98, 1091–1104. https://doi.org/10.1007/s10457-023-00859-7.

Sordi, A., Dieckow, J., Bayer, C., Alburquerque, M.A., Piva, J.T., Zanatta, J.A., Tomazi, M., da Rosa, C.M., de Moraes, A., 2014. Nitrous oxide emission factors for urine and dung patches in a subtropical Brazilian pastureland. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 190, 94–103. https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.09.004.

Terry, S.A., Ribeiro, R.S., Freitas, D.S., Delarota, G.D., Pereira, L.G.R., Tomich, C.T.R., Mauricio, R.M., Chaves, A.V. 2016. Effects of Tithonia diversifolia on in vitro methane production and ruminal fermentation characteristics. *Animal Production Science*, 56, 437–441. https://doi.org/10.1071/AN15560.

Thomassen, M.A., de Boer, I.J.M. 2005. Evaluation of indicators to assess the environmental impact of dairy production systems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 111 (1–4), 185–199. https://doi.org/10.1016/j.agee.2005.06.013.

Wu, Q., Kwak, J.-H., Chang, S.X., Han, G., Gong, X. 2020. Cattle urine and dung additions differently affect nitrification pathways and greenhouse gas emission in a grassland soil. *Biology and Fertility of Soils*, 56 (2), 235–247. https://doi.org/10.1007/s00374-019-01415-1.

Valencia-Salazar, S.S., Jiménez-Ferrer, G., Arango, J., Molina-Botero, I., Chirinda, N., Piñeiro-Vázquez, A., Jiménez-Ocampo, R., Nahed-Toral, J., Kú-Vera, J. 2021 Enteric methane mitigation and fermentation kinetics of forage species from Southern Mexico: in vitro screening. *Agroforestry Systems*, 95, 293–305. https://doi.org/10.1007/s10457-020-00585-4.

Yepes, A.P., Navarrete, D.A., Duque, A.J., Phillips, J.F., Cabrera, K.R., Álvarez, E., García, M.C., Ordoñez, M.F. 2011. Protocolo para la estimación nacional y subnacional de biomasa - carbono en Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología, y Estudios Ambientales-IDEAM-. Bogotá D.C., Colombia. 162 p

TD-23. *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray: su papel en el control de la comunidad microbiana y producción de metano ruminal

Tithonia diversifolia (Hemsl.) A. Gray: its role in microbial community control and ruminal methane production

JL. Galindo Blanco; N. González Ybarra; T.E Ruiz Vázquez; J. Iraola Jerez; I. Rodríguez García y M. Herrera Villafranca*

Instituto de Ciencia Animal, Apartado Postal 24, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

Correspondencia*: jlgblanco@gmail.com

RESUMEN

La presente conferencia tiene como objetivo mostrar los resultados de *Tithonia diversifolia* en la comunidad microbiana y producción de metano ruminal, con materiales vegetales colectados de las regiones occidental y oriental. En occidente se desarrollaron las siguientes pruebas a) efecto de diferentes materiales vegetales de *T. diversifolia* en el número de metanógenos, b) efecto de *T. diversifolia* en el número de protozoos y metanógenos ruminales, c) SSP en la comunidad microbiana de vacas. Del oriente se estudió la comunidad microbiana de tres materiales vegetales. Se muestra la composición química, tamizaje fitoquímico, composición de comunidades microbianas. Se encontró que los materiales vegetales (MV): 3, 5, 6, 10, 13, 17, 23, 24 y 25, del occidente reducen el número de metanógenos, destacándose los MV-10 y MV-23. La suplementación con 10 y 20% de la MS del MV-10 redujo los metanógenos, el número de protozoos y estimuló el número de bacterias celulolíticas con 10%. *T. diversifolia* comparada con gramíneas, con 100 vacas lecheras en sistema de punteros y continuadoras produjo marcado cambio en la comunidad microbiana, incrementó el número de bacterias totales, amilolíticas, celulolíticas, hongos, redujo el número de protozoos y metanógenos, incrementó pH, amoniaco y ácidos grasos de cadena corta (AGCC). Los MV-12, MV-14 y MV-17, del oriente, incrementaron el número de bacterias totales, celulolíticas y hongos, redujeron protozoos. El CH_4 fue 37.4; 32.6; 33.2 y 32.33g/kg de MO digerida para pasto estrella y materiales vegetales de *T. diversifolia* MV-12, MV-14 y MV- 17, respectivamente. Se concluye que *T. diversifolia* controla la comunidad microbiana y producción de metano ruminal

Palabras clave: *bacterias metanogénicas, celulolíticas, protozoos, AGCC, amoniaco*

ABSTRACT

This paper presents the results of *Tithonia diversifolia* on the microbial community and ruminal methane production, using plant materials collected from the western and eastern regions. In the western region, the following tests were conducted: a) the effect of different *T. diversifolia* plant materials on the number of methanogens; b) the effect of *T. diversifolia* on the number of ruminal protozoa and methanogens; c) SSP in the microbial community of cows. From the eastern region, the microbial community of three plant materials was studied. The chemical composition, phytochemical screening, and microbial community composition are presented. It was found that plant materials (MV): 3, 5, 6, 10, 13, 17, 23, 24 and 25, from the west reduce the number of methanogens, highlighting MV-10 and MV-23. Supplementation with 10 and 20% of the DM of MV-10 reduced methanogens, the number of protozoa and stimulated the number of cellulolytic bacteria with 10%. *T. diversifolia* compared to grasses, with 100 dairy cows in a pointer and continuer system produced a marked change in the microbial community, increased the number of total bacteria, amylolytic, cellulolytic, fungi, reduced the number of protozoa and methanogens, increased pH, ammonia and short chain fatty acids (SCFA). MV-12, MV-14, and MV-17, from the eastern region, increased the number of total bacteria, cellulolytic bacteria, and fungi, and reduced protozoa. The CH_4 was 37.4, 32.6, 33.2, and 32.33 g/kg of digested OM for stargrass and *T. diversifolia* plant materials from MV-12, MV-14, and MV-17, respectively. It is concluded that *T. diversifolia* controls the microbial community and ruminal methane production.

Keywords: *methanogenic bacteria, cellulolytic bacteria, protozoa, SCFAs, ammonia*

INTRODUCCIÓN

Los gases de efecto invernadero (GEI), son aquellos que se acumulan en la atmósfera terrestre y son capaces de absorber la radiación infrarroja del sol, aumentando y reteniendo el calor atmosférico. Entre los GEI se encuentran el CO_2, CH_4, y N_2O. La conversión de los dos últimos gases a emisiones equivalentes de CO_2 se realiza con el último índice de potencial de calentamiento del IPCC: 298 para N_2O y 23-25 para CH_4. Otros GEI lo constituyen los clorofluorocarbonos (CFC) y ozono (O_3), y el hexafloruro de azufre (SF_6). Éste es el GEI con mayor potencial de calentamiento: 22.000 frente al CO_2, que es 1.

El metano es un potente gas de efecto invernado, se produce en el rumen de los animales rumiantes como consecuencia inevitable del proceso de fermentación anaeróbica de los carbohidratos, por los microorganismos que habitan esa comunidad. Su potencial de calentamiento entre 23 y 25 veces superior al dióxido de carbono y una vida media en la atmósfera que oscila entre 10 y 20 años. Además, este gas supone una pérdida de hasta 12 % de la energía bruta ingerida por los rumiantes, lo que provoca una disminución de la productividad y eficiencia económica de las explotaciones ganaderas. Del total, el 67,2 % procede de la fermentación ruminal (metano entérico) y el 32,8 % se origina por la fermentación de estiércol que deponen estos animales.



La mayoría se genera en el rumen (85-95 %) y solo del 5 al 15 % del total se produce en el intestino grueso. Casi todas las Archaea metanogénicas generan metano a partir de CO_2 e hidrógeno, siendo minoritarias las que producen metano por reducción del ácido acético ($CH3COOH \rightarrow CH_4 + CO_2$). Otras fuentes menores para la síntesis de metano son el ácido fórmico, las metilaminas, metanol, metanotiol y sulfuros.

Existen diferentes vías para reducir la producción de metano en rumen. Dentro de ellas se encuentran: a) manipulación de la dieta y cambios en el patrón de fermentación, b) contenido en proteína y su relación con NNP, c) empleo de aditivos análogos del metano, como el BES d) inmunización, e) empleo de bacteriófagos que infestan a los metanógenos, f) defaunación, g) uso de antibióticos ionóforos u otros similares que se utilizan como promotores del crecimiento, h) uso de árboles y arbustos en el sistema de alimentación y manejo de los animales, h) otras vías.

En el Instituto de Ciencia Animal de Cuba se han desarrollado investigaciones en estas temáticas, todas ellas incluidas bajo el concepto de **manipulación de la fermentación ruminal.** Este es un concepto que implica la utilización de diferentes biotécnicas capaces de manipular la fermentación ruminal y consecuentemente, se incrementa la utilización digestiva de los alimentos y se reduce la producción de metano en el órgano

Se conoce que muchos de los metanógenos viven sobre los protozoos donde liberan H_2 y son responsables de la producción de metano a ese nivel. Cualquier factor que modifique la población de protozoos, podrá modificar la producción de metano en el rumen. Diferentes plantas, se han evaluado para reducir la producción de metano ruminal, entre ellas se destaca *Tithonia diversifolia.*

El **objetivo** de la presente conferencia es presentar algunos resultados que se han obtenido con *Tithonia diversifolia* en el control de la comunidad microbiana y producción de metano ruminal en el Instituto de Ciencia Animal de Cuba

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló en áreas del Instituto de Ciencia Animal de Cuba, específicamente en los laboratorios de microbiología del rumen, pertenecientes a la Unidad central de Laboratorios. Se evaluaron materiales vegetales de *T. diversifolia* colectados en la región occidental y oriental del país. Los estudios *in vitro* se hicieron por la técnica de gases de Theodorou (1994), con modificaciones para las determinaciones relacionadas con el estudio de la comunidad microbiana del rumen.

Se determinó la composición química de los materiales que se evaluaron (AOAC 2016). (tabla 1)

Tabla 1. Composición química de los materiales vegetales de *T. diversifolia* que se evaluaron

Planta	PB	FND	FAD	cenizas	Celulosa	Lignina
mv 23	23.95	33.43	29.54	5.81	28.23	**11.87**
mv 10	24.20	35.30	30.40	5.94	26.64	**10.97**
mv-12	23.39	50.1	44.93	16.88	30.63	**10.95**
mv-14	21.71	48.89	42.89	14.36		
mv-17	**21.01**	**48.23**	**44.27**	**17.83**		

Para evaluar el efecto de un sistema silvopastoril (SSP) con *T. diversifolia* asociada a una mezcla de gramíneas tropicales, sobre la comunidad microbiana ruminal de vacas lecheras en condiciones de producción, se utilizaron 100 vacas Holstein, que pastaron en un sistema de punteros y continuadores, con tiempo de estancia de dos días. El pastoreo en *T. diversifolia* fue nocturno, y los animales permanecieron desde las 5:00 p.m. hasta las 5:00 a.m. Para la colecta del líquido ruminal se seleccionaron al azar seis vacas en cada uno de los muestreos. Las poblaciones de bacterias viables totales, amilolíticas y celulolíticas fueron más numerosas cuando las vacas pastaron sobre el SSP con *T. diversifolia*, respecto al pastoreo de gramíneas.

Para determinar el efecto de tres colectas de *T. diversifolia* (MV-12, MV-14 y MV-17), recogidas en la región oriental de Cuba, en la población microbiana ruminal, se desarrolló un experimento en condiciones *in vitro*. Los tratamientos que se compararon fueron: A) control de pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*), B) *C. nlemfuensis* + MV-12; C) *C. nlemfuensis* + MV-14 y D) *C. nlemfuensis* + MV-17. Las tres colectas se suministraron a razón de 20% de la MS. El contenido en PB de los mismos fue de 19-23% de la MS.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

a) Efecto de diferentes materiales vegetales de *T. diversifolia* en el numero de metanógenos ruminales *in vitro*.

Las bacterias metanogénicas forman parte del dominio de las Arqueobacterias, han sido estudiadas por un gran número de autores y poseen características bioquímicas y genéticas distintivas del resto de los microorganismos que conviven en el rumen

Todos los materiales vegetales de *T. diversifolia* son capaces de reducir el número de metanógenos. Los materiales 10 y 23 reducen la población de estos grupos microbianos en mayor magnitud que los otros con los cuales se compararon (figura 1).

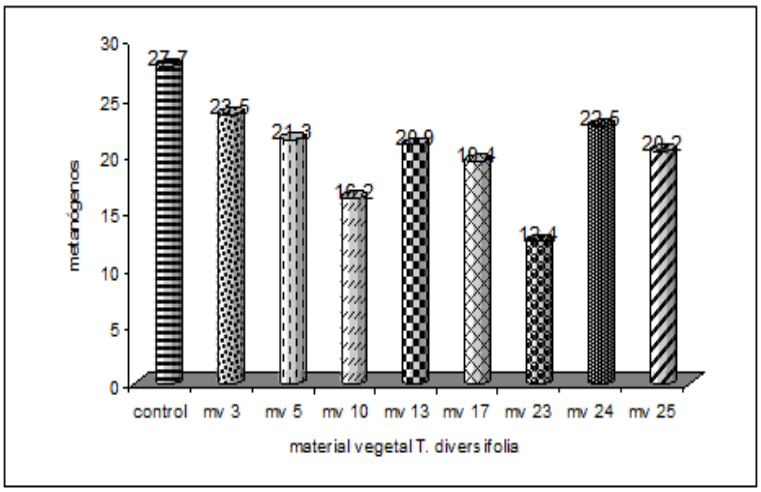


Figura 1. Efecto de diferentes materiales vegetales de *T diversifolia* en el número de metanógenos ruminales, EE ±0.22**

b) Efecto de *T diversifolia* (Botón de oro) en la población de protozoos y metanógenos ruminales en condiciones in vitro.

Cuando se desarrolló el experimento con el MV-10 de *T. diversifolia* a razón de 10 y 20% de la MS comparado con pasto estrella (control, 0%), se encontró que la suplementación con 20% en base seca de *T. diversifolia* en la dieta para rumiantes produjo un marcado efecto reductor en el número de protozoos del rumen y de bacterias totales viables (10^{11} UFC.mL^{-1}) y no hubo efectos en el número de hongos celulolíticos del rumen

Por su parte, esta planta produjo incrementos en la población de bacterias celulolíticas del rumen, cuando se incluyó a razón del 10% de la MS total y su inclusión al 20% no produjo modificaciones en los referidos grupos microbianos (Tabla 2).

La inclusión de 10 y 20% de *T. diversifolia* produjeron reducciones en el número de metanógenos ruminales, lo cual reviste una gran importancia ya que estos microorganismos son responsables de la producción de metano a nivel de rumen.

El efecto estimulador de las poblaciones de bacterias celulolíticas cuando se utilizó 10% del follaje de *T. diversifolia* se pudiera relacionar con el elevado contenido en proteína que presentó esta planta (23.91%). Indica, además, que algunos de los compuestos secundarios pueden disminuir la parasitosis, evitar el timpanismo y aumentar la longevidad y el tiempo de vida productivo de los animales debido a su carácter anti oxidante.

Otro aspecto a considerar en los resultados que se alcanzaron es el hecho de que los metanógenos pueden vivir en el interior o adheridos a la superficie de los protozoos ciliados del rumen y en esas condiciones establecen relaciones de endosimbiosis y son responsables de más del 37% de las emisiones de metano en tales circunstancias la inclusión de 20% de *T. diversifolia* ejerció efecto defaunante, lo que contribuyó a reducir la población de metanógenos.

Los taninos condensados y los polifenoles totales, entre otros metabolitos, son capaces de reducir los protozoos, así como las saponinas y demostraron que la presencia de saponinas puede ejercer efectos similares, lo que contribuye a "lavar" del rumen estas poblaciones microbianas.

Tabla 2. Efecto de *T. diversifolia* en algunos miembros de la comunidad microbiana ruminal en condiciones *in vitro*

Indicador	% *T diversifolia*			EE ± sign
	0	10	20	
número de Protozoos, 10^5 células/ mL	1.32^a (3.75)	1.17^a (3.25)	0.69^b (1.5)	**0.02***
numero de Hongos celulolíticos, 10^5 UFT. / mL	3.26 (26.1)	3.36 (28.9)	3.23 (25.2)	**0.15**
número de Bacterias viables totales, 10^{11} UFC/mL	4.18^a (65.35)	4.17^a (65.00)	3.90^b (49.60)	**0.20***
número de Bacterias celulolíticas, 10^6 UFC/mL	3.21^a (24.9)	4.00^b (55.8)	3.37^a (29.2)	**0.12***
número de metanogenos, 10^9 UFC/mL	**3.84^a (46.83)**	**3.47^b (32.21)**	**2.95^c (19.23)**	**0.31***

UFC. Unidades formadoras de colonias; UFT unidades formadoras de talos. Datos transformados según Ln X, medias originales entre paréntesis. a, b, c medias con letras diferentes dentro de la misma fila, difieren a p <0.05 (Duncan, 1955)
*p <0.05

c) Sistema silvopastoril con *T. diversifolia*: efecto en la población microbiana ruminal de vacas

En la tabla 3 se muestra el efecto del pastoreo en el SSP con *T. diversifolia* sobre las poblaciones de microorganismos del rumen, respecto al pastoreo de gramíneas. Los números de bacterias viables totales, amilolíticas y celulolíticas fueron más numerosos, con diferencias estadísticas significativas cuando las vacas pastaron sobre el SSP en relación con el pastoreo de gramíneas. Asimismo, en *T. diversifolia* se redujo el número de protozoos del rumen. A su vez, no hubo efecto del SSP en los números de bacterias proteolíticas y hongos celulíticos del rumen; mientras que se encontró efecto depresivo, con diferencias significativas, en los metanógenos ruminales. Cuando las vacas pastaron en *T. diversifolia*, se observó una reducción en aproximadamente dos veces en el número de microorganismos que producen metano en el rumen.

En relación con el pH del líquido del rumen, se encontraron valores altamente significativos (p < 0,0001) cuando las vacas pastaron en el SSP. Este efecto se puede atribuir al incremento en la concentración de amoníaco ruminal, debido al elevado tenor en PB de *T. diversifolia*. En cuanto a los ácidos grasos de cadena corta, se observó mayor concentración en los ácidos grasos volátiles totales (AGCC t), acético, propiónico e isobutírico cuando los animales pastaban en este sistema. Además, la concentración de ácido valérico fue altamente significativa (p < 0,0001) en los animales que pastaron en el SSP.

T. diversifolia se destaca por su capacidad para la acumulación de nitrógeno (Ruiz *et al.* 2017) y por sus características nutricionales, tales como: el contenido de proteína, los carbohidratos solubles (Mejías-Díaz *et al.* 2017) y el contenido de taninos los que pueden contribuir a mejorar el balance nutricional en los animales, en relación con el aporte de energía y proteína en la dieta del ganado lechero. A ello se añade que estudios realizados por Sauvant *et al.* (2011), a partir de una compilación de 59 experimentos, mostraron que la producción de CH_4 por kilogramo de MO digerida disminuyó de manera lineal cuando se incrementó el contenido en PC de los alimentos (CH_4, g/kg MO digestible = 40.1 – 0.32 x PC, porcentaje de MS).

Se demostró un efecto depresivo en el número de protozoos y metanógenos, pH, amoníaco y AGCC. Al calcular las relaciones entre los diferentes ácidos grasos en el rumen, se encontró que la relación acética/AGCCt fue de 0.64 y 0.62 para la fermentación de *T. diversifolia* y gramíneas, respectivamente; mientras que la relación propiónico/ AGCCt fue de 0.17 y 0.16 para el rumen de los animales que pastaron en *T. diversifolia* y gramíneas, respectivamente. Por su parte, la relación acética/ propiónico fue de 3.85 y 3.84 para el rumen cuando los animales pastaban en *T. diversifolia* y gramíneas, respectivamente.

Reportes de Ramírez *et al.* (2014) aseveran que la relación existente entre metanógenos y protozoos constituye un ejemplo fehaciente de la transferencia de H_2 entre especies ruminales. Se ha detectado la presencia de metanógenos en la superficie de protozoos ciliados del rumen y como endosimbiontes dentro de estos, y se ha estimado que dicha presencia es responsable del 9 al 25 % de la metanogénesis en el líquido ruminal. Dado que en el rumen de arbustos se producen incrementos en la proteína bacteriana y proteína sobrepasante, se reduce la degradación de las proteínas y se incrementa su flujo al duodeno, lo cual asegura mayor absorción de nitrógeno. Esto cambia de manera importante los conceptos evaluados hasta el presente, y se le atribuye un lugar preponderante al metabolismo de las proteínas en el rumen cuando los animales pastan en sistemas Silvopastoriles.

Tabla 3. Efecto del pastoreo en SSP con *T. diversifolia* en la comunidad microbiana y productos finales del rumen en vacas lecheras

Indicador	SSP con Tithonia	Gramíneas	p-valor
número de bacterias viables totales, 10^{11} UFC/mL	9.25 (19.33) ± 4.18	3.75 (10.83) ± 3.60	P = 0.0065
número de bacterias amilolíticas 10^6 UFC/mL	9.0 (7.33) ± 3.83	4.0 (2.50) ± 0.55	P = 0.0216
número de bacterias proteolíticas 10^6 UFC/mL	5.0 (8.17) ± 3.06	8.0 (11.67) ± 4.97	P = 0.1580
número de bacterias celulolíticas 10^5UFC/mL	8.75 (8.83) ± 2.93	4.25 (5.0) ± 2.45	P = 0.0303
número de hongos10^6 UFT/mL	7.92 (8.33) ± 2.25	5.08 (6.33) ± 2.58	P = 0.1385
número de metanogenos, 10^{10} UFC/mL	2,29 (9.83) ± 2.64	2.96 (19.33) ± 2.64	P = 0.0022
número de protozoos, 10^5 células/mL	5.08 (4.67) ± 1.51	7.92 (7.67) ± 3.50	P = 0.0191
pH	6.78	6.37	P=0.0001
NH_3, meq/ L	35.13	24.17	P=0.0036
AGCC t, mmol/L	71.13	65.83	P=0.0244

UFC: unidades formadoras de colonias, UFT: unidades formadoras de talos, DE: desviación, () medias originales

La biomasa microbiana mostró valores de 196.9 y 192.3 g, y la materia orgánica que se fermentó, de 547.2 y 506.4 g para SSP y gramíneas, respectivamente.

Se concluye que el SSP con *T. diversifolia* mejoró el ecosistema ruminal, al incrementar el número de organismos degradadores de la fibra y reducir los metanógenos y protozoarios, aspecto importante que contribuye a incrementar la eficiencia de mayor utilización de los nutrientes y minimizar las pérdidas energéticas en los rumiantes. De igual manera, se pone a disposición del animal mayor cantidad de materia orgánica fermentada para la síntesis de proteína

Colecta de materiales vegetales de *T. diversifolia* del oriente cubano: su efecto en la población microbiana ruminal

Los MV-14 y 17 produjeron mayores números de bacterias celulolíticas. Los valores de metano fueron 37.4; 32.6; 33.2 y 32.33 g/kg de MO digerida para el control y los MV-12, MV-14 y MV-17, respectivamente. Los materiales vegetales no difirieron para este indicador, pero produjeron menos metano que el pasto estrella (P=0.0477).

Como se puede observar, (tabla 4) los materiales vegetales 12 y 17 propiciaron poblaciones de bacterias viables totales menos numerosas (P=0.0012), mientras que el MV-14 mantuvo iguales poblaciones que el control de pasto estrella.

El efecto de *T. diversifolia* en el número de bacterias del rumen ha sido muy variable en los diferentes experimentos y materiales vegetales que se evaluaron. Al respecto, Galindo *et al.* (2018) encontraron incrementos, los que se atribuyeron al efecto defaunante que produce este vegetal, como consecuencia de relaciones ecológicas de predación que ejercen los protozoarios sobre las bacterias totales.

Al reducir la población protozoaria, el número total de bacterias se ven favorecidas. En otros experimentos se ha observado reducción, lo cual se puede atribuir a los metabolitos secundarios de Tithonia u a otras relaciones ecológicas más complejas que existen en el rumen.

Por su parte, los materiales vegetales 12 y 14 fueron capaces de incrementar el número de hongos celulolíticos del rumen (P=0.0049). El MV-17 presentó poblaciones fúngicas intermedias entre el control de pasto estrella y los otros dos materiales vegetales de Tithonia evaluados.



De gran importancia es el incremento de las poblaciones de hongos celulolíticos del rumen que se encontró en el presente experimento ya que, aunque estos grupos microbianos, numéricamente son menores que las bacterias celulolíticas, sus enzimas extracelulares son capaces de degradar en mayor magnitud los materiales celulósicos que contienen los vegetales. Se estima que alrededor del 58% de la celulolisis ruminal se debe a la presencia de los referidos microorganismos, los que son capaces de adherirse, colonizar y degradar los materiales celulósicos e incluso modificar la estructura de la lignina.

Tabla 4. Efecto del material vegetal de *T. diversifolia* en el número de bacterias viables totales y hongos

Indicadores	pasto estrella	MV-12	MV-14	MV-17	EE (±) Signif.
número de bacterias Totales, 10^{11}UFC/mL	10.00^{a}	6.11^{b}	11.59^{a}	6.78^{b}	1.09 P=0.0012
número de Hongos, 10^{5} UFT/mL	6.98^{b}	12.00^{a}	10.41^{a}	9.07^{ab}	0.99 P=0.0049
número de protozoos , 10^{5} células/ mL	4.18^{a}	6.32^{b}	3.42^{a}	4.17^{a}	0.55 P<0.0001

La evaluación de la dinámica poblacional de las bacterias celulolíticas del rumen con la inclusión de los materiales vegetales de Tithonia, se muestra en la figura 2. La inclusión de los materiales vegetales 12, 14 y 17 en la dieta produjeron mayores poblaciones de bacterias celulolíticas a las 3 y 6 horas después de iniciada la fermentación en relación al pasto estrella y el tratamiento que incluyó el material vegetal 12 presentó poblaciones de bacterias celulolíticas similares a las 3 y 6 horas, mientras que la inclusión de los materiales vegetales 14 y 17 se destacaron por su variabilidad. El MV-17 se destacó por producir altas poblaciones de bacterias celulolíticas tanto a las 3 como a las 6 horas posteriores al inicio de la fermentación. Estos resultados son similares a los que obtuvieron Ruiz *et al*. (2017), con materiales de *T. diversifolia* colectados en la región occidental de Cuba.

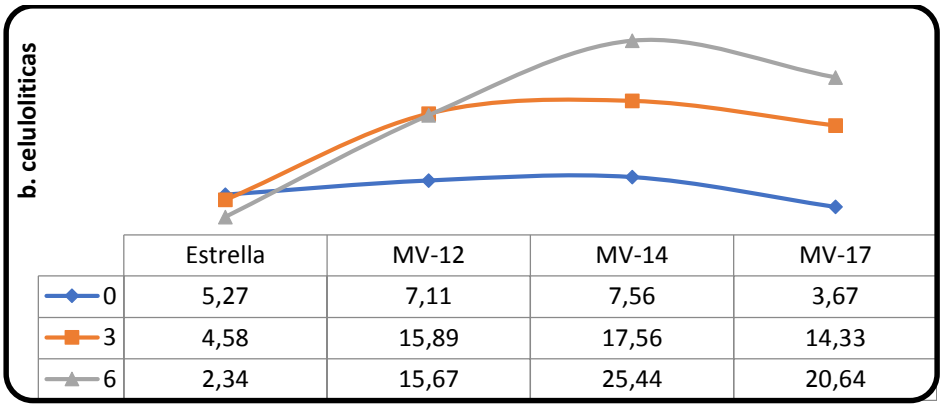


Figura 2. Efecto del material vegetal de Tithonia y el tiempo de fermentación en la población de bacterias celulolíticas ruminales, 10^{6} UFC/mL; EE± 3,11; P=0,0267

De esta manera, al realizar un análisis conjunto del efecto de los materiales vegetales de Tithonia en las poblaciones de organismos celulolíticos, tanto hongos como bacterias, se concluye que estos materiales vegetales propician una mayor degradabilidad de la fibra, aspecto de vital importancia en la evaluación de fuentes fibrosas, pues, aunque Tithonia presenta alto contenido en PB, la presencia en fibra la ubica como fuente fibrosa, razones que requiere que sea degradada a nivel ruminal.

Esto quedó demostrado en los estudios de López *et al*. (2019), donde se encontraron mayores valores de degradabilidad ruminal de la FDN y FDA con los referidos materiales vegetales de Tithonia.

Se concluye que las colectas 12; 14 y 17 obtenidas en la región oriental de Cuba, propiciaron modificaciones en el ecosistema ruminal, al incrementar los números de organismos celulolíticos totales, las bacterias proteolíticas, redujeron la población de protozoos y el metano estimado a partir de la concentración en PB.

CONCLUSIONES DE LA CONFERENCIA

T. diversifolia se ha destacado por elevados tenores de PB y su comportamiento en el control de la comunidad microbiana y producción de metano ruminal la hacen una planta con grandes perspectivas de uso para complementar las raciones de los animales rumiantes

BIBLIOGRAFÍA

AOAC. 2016. Official methods of analysis of AOAC International. 20 ed., Rockville MD: AOAC International., Latimer, George W. Jr., ISBN: 9780935584875 http://www.worldcat.org/title/official-methods-of-analysis-of-aoac-international/oclc/981578728?referer=null&ht=edition.

Galindo, Juana luz, Orestes La O León, Tomas Ruiz Vázquez, Alfredo González Vásquez y Washington Narváez Campana. 2018a. Revista UNESUM-Ciencias. *Revista Científica Multidisciplinaria*, Vol. 2. No. 3. ISSN 2602-8166

Galindo-Blanco, JL, Idalmis Rodríguez-García, Niurca González-Ibarra, Roberto García- López y Magaly Herrera-Villafranca. 2018b. Sistema silvopastoril con Tithonia diversifolia (Hemsl.) A. Gray: efecto en la población microbiana ruminal de vacas. *Pastos y Forrajes*, Vol. 41, No. 4: 244

Mejía-Díaz. E., Mahecha, L. & Angulo, J. 2017. Tithonia diversifolia: Especie para ramoneo en sistemas silvopastoriles y métodos para estimar su consumo. *Agronomía Mesoamericana*, 28(1): 289-302. https://doi.org/10.15517/am.v28i1.22673.

Ramírez JF, Posada Ochoa S, Noguera R. Metanogénesis ruminal y estrategias para su mitigación. *Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia,* 2014; Vol 9(2): 307-323.

Ruiz, T.E., Alonso, J., Febles, G.J., Galindo, J.L., Savon, L.L., Chongo, B.B., Martínez,Y., La O,O., Cino, D.M., Crespo, G.J., Mora, L., Valenciaga, N., Padilla, C., Rodríguez, B., Muir, L., Rivero A. & Hernández, N. 2017. Evaluación de materiales recolectados de Tithonia diversifolia (Hemsl) Gray en Cuba. Editores: Chará J, Peri P y Rivera J. IX Congreso Sistemas

Silvopastoriles. Aporte a los objetivos de desarrollo sostenible, CIPAV. Cali, Colombia. Fundación CIPAV, pág. 486.

Sauvant, D.; Giger-Reverdin, S.; Serment, A. & Broudiscou, I. 2011. Influences des régimes et de leur fermentation dans le rumen sur la production de methane par les ruminants. *Productions animales*. 24 (5):433-446

Theodorou, M.K.; Williams, B. A.; Dhanoa, M.S.; McAllan, A.B. y France, J. 1994. A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds*. Animal Feed Science and Technology*, 48(3), 185-197.



TD-24. Intake, digestibility, and gas emissions in Santa Inês sheep fed *Tithonia diversifolia*-based diets with agro-Industrial by-products

Laura Bertolaso De Vecchi[ab]; Vagner Ovani[ab]; Simón Pérez-Márquez[c]; Marya Fernanda Santos da Silva[a]; Helder Louvandini[a]; Rogério Martins Mauricio[d]; Adibe Luiz Abdalla[ab]

[a]Laboratory of Animal Nutrition, Center for Nuclear Energy in Agriculture, University of São Paulo, Piracicaba, Sao Paulo, CEP: 13400-970, Brazil

[b]Center for Carbon Research in Tropical Agriculture (CCARBON) - University of São Paulo, Piracicaba, São Paulo, Brazi

[c]Net-zero and Resilient Farming, Rothamsted Research, North Wyke, EX20 2SB, Okehampton, United Kingdom

[d]Federal University of São João del Rei, São João del Rei, Minas Gerais, CEP: 36307-352, Brazil

RESUMEN

Frente al crecimiento de la población y la creciente demanda de una producción animal más sostenible, las estrategias que combinan la eficiencia productiva con la reducción del impacto ambiental están ganando mayor reconocimiento. Este estudio evaluó la inclusión de subproductos agroindustriales y del forraje tropical Tithonia diversifolia en la dieta de ovejas, explorando también su potencial dentro de sistemas silvopastoriles. El experimento probó cuatro dietas (una control y tres experimentales) en un diseño cuadrado latino 4×4, utilizando ovejas machos adultas con cánulas ruminales alojadas en jaulas de metabolismo individuales adaptadas para la recolección de heces, orina y gases, y evaluadas en cámaras respirométricas de circuito abierto. Los resultados mostraron que todas las dietas mantuvieron un consumo, digestibilidad y ganancia de peso similares en comparación con la dieta control. La dieta que contenía harina de semilla de algodón, bagazo de yuca y bagazo de naranja (D1) condujo a un mayor aumento de peso, pero también resultó en mayores emisiones de amoníaco (NH_3) y óxido nitroso (N_2O), lo que sugiere un desequilibrio entre el suministro de proteína y energía. En contraste, la dieta D3, que incluía levadura de cerveza, mostró menores pérdidas de nitrógeno a través de emisiones gaseosas sin comprometer el rendimiento animal. Se concluye que la combinación de T. diversifolia (un forraje bien adaptado a sistemas silvopastoriles) con subproductos agroindustriales puede representar una estrategia viable para mejorar la sostenibilidad en la alimentación de rumiantes. Sin embargo, lograr un equilibrio adecuado entre energía y proteína en la dieta es esencial para minimizar las pérdidas de nitrógeno y las emisiones, destacando la importancia de alinear la nutrición, la productividad y el cuidado ambiental.

Palabras clave: *Tithonia diversifolia; Sistemas silvopastoriles; gases de efecto invernadero; rumiantes*

ABSTRACT

In the face of population growth and increasing demand for more sustainable animal production, strategies which combine productive efficiency with reduced environmental impact are gaining greater recognition. This study evaluated the inclusion of agro-industrial by-products and the tropical forage Tithonia diversifolia in sheep diets, also exploring its potential within silvopastoral systems. The experiment tested four diets (one control and three experimental) in a 4×4 Latin square design, using adult rumen-cannulated male sheep housed in individual metabolism cages adapted for feces, urine, and gas collection, and evaluated in open-circuit respirometric chambers. The results showed that all diets maintained similar intake, digestibility, and weight gain compared to the control. The diet containing cottonseed meal, cassava bagasse, and orange bagasse (D1) led to higher weight gain but also resulted in greater ammonia (NH_3) and nitrous oxide (N_2O) emissions, suggesting an imbalance between protein and energy supply. In contrast, the D3 diet, which included brewer's yeast, showed lower nitrogen losses via gas emissions without compromising animal performance. It is concluded that the combination of T. diversifolia (a forage well suited to silvopastoral systems) with agro-industrial by-products may represent a viable strategy to enhance sustainability in ruminant feeding. However, achieving a proper balance between energy and protein in the diet is essential to minimize nitrogen losses and emissions, highlighting the importance of aligning nutrition, productivity, and environmental care.

Keywords: *Tithonia diversifolia; Silvopastoral systems; greenhouse gases; ruminant*

INTRODUCTION

The advancement of global livestock production presents the challenge of balancing animal productivity with environmental sustainability. As the demand for animal-based products increases due to population growth and urbanization, the global population is projected to reach 9.7 billion people by 2050 (UN 2022), placing increasing pressure on production systems. In this context, greenhouse gas (GHG) emissions, particularly enteric methane (CH_4), represent a major environmental concern associated with ruminant production (FAO 2025, Gutiérrez-Gómez 2021).

In response to this challenge, dietary strategies are being investigated to reduce environmental impacts without compromising productive efficiency. The use of nutritionally strategic and well-adapted forages within silvopastoral systems (SPS) has emerged as a sustainable approach to improving diet quality and enhancing soil carbon sequestration (Mauricio, 2019, Valenzuela Que *et al.* 2022). One such forage is *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray, a shrubby plant widely

distributed in tropical countries such as Brazil, Colombia, and Mexico. It is recognized for its high biomass yield, good nutritional value, and adaptability to poor and acidic soils (Olivares *et al*. 2002, Adesodun *et al*. 2010, Rivera *et al*. 2016). Incorporating this forage into ruminant diets has shown positive effects on feed intake and digestibility (Mahecha & Rosales 2005, Ribeiro *et al*. 2015, Mauricio *et al*. 2017;), as well as a potential to reduce methane emissions, although results remain variable (Galindo *et al*. 2011, Cardona-Iglesias *et al*. 2019, Rivera *et al*. 2021).

In parallel, the use of agro-industrial by-products (residues from food, beverage, or grain processing) has gained attention as a viable alternative in diet formulation (Garcia *et al*. 2019, Salami *et al*. 2019). These ingredients, which are unsuitable for human consumption due to their composition, can be efficiently converted into high-value protein by ruminants (Mottet *et al*. 2017), contributing to circular economy models and reducing food waste (Gerber *et al*. 2015).

The combination of agro-industrial by-products and T. diversifolia may represent a promising strategy for formulating diets with lower environmental impact while maintaining productive performance. However, demonstrating this potential requires experimental studies employing appropriate methodologies for the accurate quantification of GHG emissions. In this regard, *in vivo* gas measurement systems allow for direct assessment of CH_4, CO_2, NH_3, and N_zO emissions, providing robust data to better understand the environmental footprint of ruminant diets (Bizzuti *et al*. 2023).

Therefore, the present study aimed to evaluate the effects of including agro-industrial by-products and *Tithonia diversifolia* in sheep diets on feed intake, digestibility, and GHG emissions, using direct gas quantification through respirometric chambers. The central hypothesis is that this feeding strategy can sustain productive performance, such as intake, digestibility, and body weight, while lowering the environmental impact per unit of animal product. Additionally, ensuring a proper balance between protein and energy supply is considered essential to improve nitrogen use efficiency and reduce gaseous nitrogen losses, thereby contributing to more sustainable ruminant production systems.

MSTERIAL AND METHODS

Location, animals, and experimental design

The experiment was conducted at the Animal Nutrition Laboratory of CENA/USP, using four adult castrated male Santa Inês sheep (average BW 70 kg), all fitted with rumen cannulas and previously adapted to experimental handling conditions. The animals were paired by body weight and randomly assigned to four dietary treatments (three test diets and one traditional control) in a 4 × 4 Latin square design, totaling four 21-day periods. Each period consisted of 14 days for dietary adaptation and 7 days for data and sample collection.

Feeding management and facilities

Table 1. Proximate composition of diets used in the *in vivo* experiment

	Proximate composition (%)			
INGREDIENTS	**Control**	**D1**	**D2**	**D3**
Tithonia diversifolia	20	20	20	20
Tifton hay	30	30	30	30
Ground corn	35	17	14	22
Soybean meal	15	8	11	3
Cassava bagasse	-	13,5	16	-
Cottonseed meal	-	8	-	-
Orange pulp	-	3,5	-	11
Sunflower meal	-	-	9	-
Brewer's yeast	-	-	-	9
Canola meal	-	-	-	5
Total	**100**	**100**	**100**	**100**
Bromatological composition (g/kg)				
Crude Protein (CP)	159,65	157,94	157,14	159,66
Neutral Detergent Fiber (NDF)	229,82	368,92	312,73	442,52
Acid Detergent Fiber (ADF)	52,16	132,15	119,35	163,53

Control: *Tithonia diversifolia*, Tifton hay, ground corn, soybean meal; D1: *Tithonia diversifolia*, Tifton hay, ground corn, soybean meal, cassava bagasse, cottonseed meal, orange pulp; D2: *Tithonia diversifolia*, Tifton hay, ground corn, soybean meal, cassava bagasse, sunflower meal; D3: *Tithonia diversifolia*, Tifton hay, ground corn, soybean meal, orange pulp, canola meal, brewer's yeast





Animals were housed in individual metabolism cages equipped with feeders, drinkers, mineral salt troughs, and trays for total feces and urine collection. The cages were also adapted for gas emission sampling, as described by Abdalla *et al.* (2012). Diets were offered twice daily at fixed times (08:00 and 16:00 h) in equal portions, and feed allowance was calculated individually based on weekly body weight measurements, ensuring 10% refusals.

Sampling and analyses

During the collection phase, dry matter intake (DMI) was measured, and samples of feed, orts, feces, and urine were obtained. Feces were collected daily before the morning feeding, with 10% subsamples pooled per animal per period and stored at -20°C. Urine was collected in acidified plastic buckets (100 mL of 10% sulfuric acid) to prevent ammonia losses, and a 10% aliquot was pooled and frozen for total nitrogen determination.

At the end of each period, samples were thawed, weighed, dried at 55°C, ground to 1 mm, and analyzed for DM, OM, CP, NDF, ADF, and lignin. Apparent nutrient digestibility was calculated according to McDonald *et al.* (2011).

Gas emissions

After the digestibility trial, animals were evaluated for gas emissions using open-circuit respirometric chambers adapted from Abdalla et al. (2012). Measurements occurred over three consecutive days: one for adaptation and two for data collection. Six chambers were used for the animals, while two remained empty and one recorded ambient air for background correction. Each chamber was connected to a 16-port manifold system linked to a CRDS gas analyzer (G2508, Picarro Inc., CA, USA), enabling real-time quantification of CH_4, CO_2, N_2O (ppm), and NH_3 (ppb) at a frequency of approximately one measurement per second. Gas concentrations were recorded sequentially for each chamber over three uninterrupted minutes, in 33-minute cycles, from 08:00 to 07:00 the next day. Before the second day's measurements, residual feed was weighed, and feces and urine were removed. Chambers were then cleaned and monitored for temperature, humidity, and airflow (m/s) throughout the evaluation period.

Statistical analysis

Data were analyzed using linear mixed models in R software (R Core Team 2024). The model included treatment as a fixed effect and animal and period as random effects, according to the Latin square design. Means were compared using Tukey's test, considering a significance level of 5% ($p < 0.05$).

RESULTS AND DISCUSIONS

The final body weight (FBW) was significantly affected by the diets ($P = 0.012$), with animals fed diet D1 showing higher values (71.9 kg) compared to the control (69.8 kg) and D3 (69.7 kg), while diet D2 (71.3 kg) did not differ from the other treatments (Table 2). No significant differences were observed for dry matter intake (DMI; $P = 0.388$), dry matter digestibility (DMD; $P = 0.341$), or methane emissions per unit of DMI (CH_4; $P = 0.204$) among treatments. However, significant effects were observed for ammonia (NH_3; $P = 0.006$) and nitrous oxide (N_2O; $P = 0.001$) emissions per unit of DMI. Animals fed diets D1 and D2 presented higher NH_3 emissions (0.742 and 0.702 g/kg DMI, respectively) compared to D3 (0.180 g/kg DMI), while the control group showed intermediate values (0.419 g/kg DMI). Regarding N_2O emissions, diet D1 and D2 resulted in the highest values (16.0 and 12.58 mg/kg DMI, respectively), differing from the control (9.16 mg/kg DMI) and D3 (3.43 mg/kg DMI).

Although DMI and DMD did not differ significantly among treatments, differences in FBW suggest a better nutrient utilization efficiency in animals fed the D1 diet. This may be associated with the synergistic effect of cassava bagasse, cottonseed meal, and orange bagasse on ruminal fermentation and protein-energy balance, providing highly degradable protein sources (e.g., cottonseed meal) (Ma *et al.* 2018) and readily fermentable soluble carbohydrates (e.g., orange bagasse) (Lai *et al.* 2024).

The observed results may also reflect improved metabolic use of absorbed nutrients rather than differences in DMD itself. Although diets D2 and D3 did not promote the same FBW observed in D1, they showed similar DMI, DMD, and FBW compared to the control diet. This finding highlights the potential of agro-industrial by-products such as cassava bagasse, sunflower meal, canola meal, and brewer's yeast as partial substitutes for conventional feed ingredients like soybean meal and corn in ruminant nutrition, without impairing nutrient utilization (Bizzuti *et al.* 2023).

Despite no significant differences in CH_4 emissions across treatments, significant effects were observed for NH_3 and N_2O, which indicates a difference in the use of dietary nitrogen. Diets D1 and D2, which included protein sources such as cottonseed and sunflower meals, led to increased NH_3 and N_2O emissions, possibly due to a mismatch between nitrogen release and energy availability in the rumen. These ingredients may contain protein fractions with high ruminal degradability, which, when not synchronized with fermentable carbohydrates, can result in excess nitrogen being excreted as NH_3 and subsequently converted into N_2O.

Table 2. Final body weight, intake, digestibility, and gas emissions in Santa Inês sheep fed by-product-based diets

Variables	Diets				SE	P value
	Control	D1	D2	D3		
FBW (kg)	69.8^{b}	71.9^{a}	71.3^{ab}	69.7^{b}	1.93	0.012
DMI (kg/day)	1.20	1.18	1.25	1.14	0.113	0.388
DMD (%)	72.2	66.7	69.6	71.6	3.29	0.341
CH_4 (g/kg DMI)	7.25	7.92	8.90	8.02	1.70	0.204
NH_3 (g/kg DMI)	0.419^{ab}	0.742^{b}	0.708^{b}	0.180^{a}	0.219	<0.01
N_2O (mg/kg DMI)	9.16^{ab}	16.00^{b}	12.58^{b}	3.43^{a}	4.7	<0.01

Values are expressed as means. FBW, Final body weight; DMI, Dry matter intake; DMD, Dry matter digestibility; CH_4, Methane per unit of dry matter intake; NH_3, Ammonia nitrogen per unit of dry matter intake; N_2O, Nitrous oxide per unit of dry matter intake; Control: *Tithonia diversifolia*, Tifton hay, ground corn, soybean meal; D1: *Tithonia diversifolia*, Tifton hay, ground corn, soybean meal, cassava bagasse, cottonseed meal, orange pulp; D2: *Tithonia diversifolia*, Tifton hay, ground corn, soybean meal, cassava bagasse, sunflower meal; D3: *Tithonia diversifolia*, Tifton hay, ground corn, soybean meal, orange pulp, canola meal, brewer's yeast. ; SE, standard error. Means within a row followed by different superscript letters differ significantly by Tukey's test ($P < 0.05$)

In order to better understand the dynamics behind the higher FBW but also increased NH_3 and N_2O emissions in D1, while D3 showed lower gas losses, it is essential to consider the fermentation profiles of soluble and structural carbohydrates, the microbial amino acid synthesis, and the effects of imbalance between energy and nitrogen supply. An increase in structural carbohydrates typically results in reduced availability of non-structural carbohydrates (NSC) (Van Soest 1994). NSC are rapidly degraded, mostly within the first hour of fermentation (Sniffen *et al*. 1992, Azevêdo *et al*. 2003), whereas structural carbohydrates are fermented more slowly. For microbial protein synthesis to occur, bacteria require the availability of energy, nitrogen, and carbon chains (Ovani *et al*. 2025). Energy is derived mainly from rumen-available carbohydrates or amino acid deamination, providing ATP for microbial growth (Aldrich *et al.* 1993, Bach *et al*. 2005). NH_3-N is the main nitrogen source for microbial amino acid synthesis, especially for those fermenting structural carbohydrates. However, microbes fermenting NSC can also utilize peptides and amino acids as nitrogen sources (Bach *et al*. 2005). Carbon chains come from end products of carbohydrate fermentation or amino acid deamination, including branched-chain fatty acids (Demeyer & Fievez 2004). When the rate of protein degradation exceeds that of carbohydrate fermentation, large amounts of nitrogen can be lost as NH_3-N. Conversely, when carbohydrate fermentation is faster than protein degradation, microbial protein synthesis may be limited (Nocek & Russell 1988, Bach *et al*. 2005).

Therefore, although diet D1 promoted higher FBW in sheep, it also resulted in the highest emissions of NH_3 and N_2O. This suggests that while the inclusion of cottonseed meal, cassava bagasse, and orange bagasse may have enhanced energy and nitrogen supply to support growth, it also led to excess ruminal degradable protein and inefficient nitrogen retention. The resulting nitrogen surplus likely contributed to increased urinary excretion and subsequent gaseous losses. These findings suggest that improvements in animal growth do not necessarily lead to increased nitrogenous emissions, but such emissions may occur when dietary protein concentration is not properly balanced with the availability of fermentable energy sources. This highlights the importance of aligning nitrogen and energy supply in ruminant diets to support both productive performance and environmental sustainability.

CONCLUSIONS

Agro-industrial by-products proved to be viable alternatives to conventional ingredients, as all experimental diets maintained similar DMI, DMD, and final FBW compared to the control. Although diet D1 improved FBW, it was associated with higher nitrogenous losses through emissions, indicating a possible imbalance between protein and energy supply. Diet D3, in turn, presented a more balanced outcome between productive and environmental aspects. Since *Tithonia diversifolia* was used as the forage base in all diets, the results reinforce its potential as a sustainable tropical forage, particularly suited to silvopastoral systems. These findings highlight the importance of synchronizing nutrient availability while aligning animal performance with environmental responsibility.

ACKNOWLEDGMENTS

This study was funded by the São Paulo Research Foundation (FAPESP, #2024/03777-0 and #2021/10573-4), the International Atomic Energy Agency (IAEA, RC 25088), the Center for Carbon Research in Tropical Agriculture (CCARBON).



BIBLIOGRAPHY

Abdalla, A.L., Louvandini, H., Sallam, S.M.A.H., Bueno, I.C.S., Tsai, S.M., Medeiros, A.N. 2012. In vitro evaluation, in vivo quantification, and microbial diversity studies of nutritional strategies for reducing enteric methane production. *Trop. Anim. Health Prod.*, 44, 953–964.

Adesodun, J.K., Atayese, M.O., Agbaje, T.A., Osadiaye, B.A., Mafe, O.F., Soretire, A.A. 2010. Phytoremediation potentials of sunflowers (Tithonia diversifolia and Helianthus annuus) for metals in soils contaminated with zinc and lead nitrates. *Water Air Soil Pollution*, 207, 195–201.

Aldrich, J.M., Muller, L.D., Varga, G.A., Griel, L.C. 1993. Nonstructural carbohydrate and protein effects on rumen fermentation, nutrient flow, and performance of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 76(4), 1091–1105.

Azevêdo, J.A.G., Pereira, J.C., Queiroz, A.C., Carneiro, P.C.S., Lana, R.P., Barbosa, M.H.P., Fernandes, A.M., Rennó, F.P. 2003. Chemical-bromatological composition, fractionation of carbohydrates and in vitro fiber degradation kinetics of three sugarcane (Saccharum spp.) varieties. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 32(6), 1443–1453.

Bach, A., Calsamiglia, S., Stern, M.D. 2005. Nitrogen metabolism in the rumen. *Journal of Dairy Science*, 88, E9–E21.

Bizzuti, B.E., Pérez-Márquez, S., van Cleef, F.D.O.S., Ovani, V.S., Costa, W.S., Lima, P.M.T., Louvandini, H., Abdalla, A.L. 2023. In vitro degradability and methane production from by-products fed to ruminants. *Agronomy*, 13, 1043.

Cardona-Iglesias, J.L., Mahecha-Ledesma, L., Angulo-Arizala, J. 2019. Methane estimation in cows grazing silvopastoral systems with Tithonia diversifolia and supplemented with polyunsaturated fats. *FVC-LUZ*, 29(2), 107–118.

Demeyer, D., Fievez, V. 2004. Is the synthesis of rumen bacterial protein limited by the availability of pre-formed amino acids and/or peptides? *British Journal of Nutrition*, 91(2), 175–176.

FAO. 2025. FAOSTAT: Climate Change – Agrifood systems emissions. Disponível em: http://www.fao.org/faostat/en/#data/QA. Acesso em: 16 junho 2025.

Galindo, J., Gonzales, N., Sosa, A., Ruiz, T., Torres, V., Aldana, A.I., Diaz, H., Moreira, O., Sarduy, L., Noda, A.C. 2011. Efecto de Tithonia diversifolia (Hemsl.) A. Gray (botón de oro) en la población de protozoos y metanógenos ruminales en condiciones in vitro. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 45(1).

García-Rodríguez, J., Ranilla, M.J., France, J., Alaiz-Moretón, H., Carro, M.D., López, S. 2019. Chemical composition, in vitro digestibility and rumen fermentation kinetics of agro-industrial by-products. *Animals*, 9(11), 861.

Gerber, P.J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., Falcucci, A., Tempio, G. 2013. Tackling climate change through livestock – A global assessment of emissions and mitigation opportunities. FAO, Rome.

Gutiérrez-Gómez, C., Covaleda, S., Calderón, J.E., Arango, J., Murgueitio, E. 2021. The tension between global GHG emissions of animal source foods, sustainability, and food security in Latin America and the Caribbean. CABI Rev. https://doi.org/10.1079/PAVSNNR202116057.

Lai, A., Huang, Y., Luo, H., Jin, Y., Wang, L., Chen, B., Deng, K., Huang, W., Zhang, Y. 2024. Ruminal degradation characteristics of bagasse with different fermentation treatments in the rumen of beef cattle. *Animal Science Journal*, 95, e13937. https://doi.org/10.1111/asj.13937.

Ma, M., Ren, Y., Xie, W., Zhou, D., Tang, S., Kuang, M., Wang, Y., Du, S. 2018. Physicochemical and functional properties of protein isolate obtained from cottonseed meal. *Food Chemical*, 240, 856–862. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.08.030.

Mahecha, L., Rosales, M. 2005. Valor nutricional del follaje de botón de oro Tithonia diversifolia (Hemsl.) Gray, en la producción animal en el trópico. *Livestock Research for Rural Development*, 17.

Maurício, R.M., Calsavara, L.H.F., Ribeiro, R.S., Pereira, L.G.R., de Freitas, D.S., Paciullo, D.S.C., Barahona Rosales, R., Rivera, J.E., Chará, J., Murgueitio, E. 2017. Feeding ruminants using Tithonia diversifolia as forage. *Journal Dairy Vet. Anim. Res*. 5(4).

Maurício, R.M., Rivera, J.E., Chará, J.D., Murgueitio, E. 2019. Silvopastoral systems in Latin America for biodiversity, environmental, and socioeconomic improvements. In: Lemaire, G., Hodgson, J., de Moraes, A., Nabinger, C., Carvalho, P.C.F. (Eds.), Agroecosystem Diversity, Academic Press, California, pp. 287–297.

McDonald, P., Edwards, R.A., Greenhalgh, J.F.D., Morgan, C.A., Sinclair, L.A., Wilkinson, R.G. 2011. Animal Nutrition (7th ed.). Prentice Hall/Pearson, Harlow, UK.

Mottet, A., de Haan, C., Falcucci, A., Tempio, G., Opio, C., Gerber, P.J. 2017. Livestock: On our plates or eating at our table? A new analysis of the feed/food debate. *Glob. Food Secur*. 14, 1–8.

Nocek, J.E., Russell, J.B. 1988. Protein and energy as an integrated system. Relationship of ruminal protein and carbohydrate availability to microbial synthesis and milk production. *Journal of Dairy Science*, 71(8), 2070–2107.

Olivares, E., Peña, E., Aguiar, G. 2002. Metals and oxalate in Tithonia diversifolia (Asteraceae): concentrations in plants growing in contrasting soils, and Al induction of oxalate exudation by roots. *J. Plant Physiol*. 159, 743–749.

Ovani, V., Pérez-Márquez, S., Monteiro, A., Kruger, A.M., Lima, P.M.T., Bizzuti, B.E., Takahashi, L.S., Maurício, R.M., Louvandini, H., Abdalla, A.L. 2025. Understanding the impacts of intensity and harvest frequency on Tithonia diversifolia for use in tropical silvopastoral systems. Grassl. Sci. 1–15. https://doi.org/10.1111/grs.70007.

Rivera, J., Chará, J., Arango, J., Barahona, R. 2021. Effect of different genotypes of Tithonia diversifolia on fermentation of feed mixtures with Urochloa brizantha cv. Marandú. *Crop Pasture Sci*. 72(10), 850–858.

Rivera, J., Chará, J., Barahona, R. 2016. Análisis del ciclo de vida para la producción de leche bovina en un sistema silvopastoril intensivo y un sistema convencional en Colombia. *Trop. Subtrop. Agroecosyst*. 19, 237–251.

Salami, S.A., Luciano, G., O'Grady, M.N., Biondi, L., Newbold, C.J., Kerry, J.P., Priolo, A. 2019. Sustainability of feeding plant by-products: A review of the implications for ruminant meat production. *Animal Feed Science and Technology*, 251, 37–55.

Sniffen, C.J., O'Connor, J.D., Van Soest, P.J., Fox, D.G., Russell, J.B. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. *Journal of Animal Science*, 70(11), 3562–3577.

Van Soest, P.J. 1994. Nutritional Ecology of the Ruminant (2nd ed.). Cornell University Press. https://doi.org/10.7591/j.ctv5rf668.

Valenzuela Que, F.G., Arias Reyes, L., Ponce Morales, M.Á., López de Llergo, A.R., Etter, A. 2022. Silvopastoral systems improve carbon stocks at livestock ranches in Tabasco, Mexico. *Soil Use and Management*, 38(2), 1237–1249.





TD-25. Experiencia de Tithonia como forraje en los Tuxtlas, Veracruz, México

Experience with Tithonia as Forage in Los Tuxtlas, Veracruz, Mexico

F. López Xólot[*]*; J. M. Errasquin Bernal*

Aquiles Serdán # 261 esquina Carlos A Gómez, Barrio de Xogoyo, Santiago Tuxtla, Veracruz, México.

Correspondencia[*]: flx2005@outlook.es

RESUMEN

El Rancho Zapoapan Bernal se ubica en el municipio de Santiago Tuxtla, Ver., México, dentro de la región conocida como ¨Los Tuxtlas¨, a 200 m.s.n.m. Con 10 años en la actividad ganadera, el predio abarca una superficie de 30 hectáreas. Actualmente mantenemos un hato de ganadería bovina de doble propósito, Holstein x Cebú. Hemos transitado de una ganadería extensiva convencional a una ganadería basada en la implementación de *Tithonia diversifolia*, sembrada de manera intensiva en combinación con pastos. La división de potreros con árboles en potreros, así como árboles dispersos en potrero para sombra. Manejamos cerco eléctrico para rotación de ganado y bebederos accesibles para el ganado. Cercamos fuentes naturales de agua y restauramos zonas no aptas para la ganadería.

Palabras clave: *Biodiversidad, ganadería convencional, sistemas silvopastoriles, sostenibilidad.*

ABSTRACT

The Zapoapan Bernal Ranch is located in the municipality of Santiago Tuxtla, Veracruz, Mexico, within the region known as Los Tuxtlas, at 200 m a.s.l. With 10 years of livestock activity, the ranch covers an area of 30 hectares. We currently maintain a dual-purpose cattle herd (Holstein × Zebu). We have transitioned from conventional extensive ranching to a livestock system based on the intensive cultivation of *Tithonia diversifolia* combined with grasses. Pastures are divided with live fences and enriched with scattered trees for shade. We use electric fencing to rotate cattle and provide accessible watering troughs. Natural water sources have been fenced off, and areas unsuitable for cattle ranching have been restored.

Keywords: *Biodiversity, conventional livestock farming, silvopastoral systems, sustainability.*

ANTECEDENTES

El Rancho Zapoapan Bernal se ubica en el municipio de Santiago Tuxtla, Ver., México, dentro de la región conocida como ¨Los Tuxtlas¨, a 200 m.s.n.m. El productor-dueño del rancho carecía de experiencia en ganadería. Desde 2016 intentamos establecer un hato ganadero, con una visión de productividad y rentabilidad. Recibimos asistencia técnica de las instituciones del gobierno y adoptamos las prácticas, recomendaciones y paquetes tecnológicos ofrecidos por ellos, entre los cuáles puedo mencionar el cultivo de pastos mejorados principalmente del género *Urochloa*, de corte, sorgo o maíz para consumo picado en fresco o elaboración de silos, lo cual implicaba poseer una maquina picadora de combustión interna o eléctrica, para satisfacer las necesidades de la época crítica de invierno y secas, establecimiento del pastoreo racional, eliminar árboles en potreros, uso de agroquímicos para el control de ¨malezas¨, ivermectinas para el control de garrapatas, elaboración de concentrados o la adquisición de alimento comercial, sales minerales de calidad y caras. Al mismo tiempo se presentaron casos de enfermedades por hemoparásitos, transmitidas por las garrapatas, las cuáles hasta 2019 se volvió un problema incontrolable causando la muerte de varios animales. Con el establecimiento del pasto CT115 logramos mitigar la falta de biomasa, sin embargo, no fue suficiente para resolver la demanda de pasto por el hato. Para entonces las pérdidas económicas fueron creciendo y se convirtió en un problema grave que comprometía la viabilidad de la empresa ganadera.

La necesidad de cambiar a una ganadería más rentable y sostenible se volvió imperante. Con 10 años en la actividad ganadera, el predio abarca una superficie de 30 hectáreas. Actualmente mantenemos un hato de ganadería bovina de doble propósito, Holstein x Cebú. En el año 2018 instalamos cercos eléctricos en 9 hectáreas, 32 potreros identificados con número, de 0.3 has cada uno, establecimos praderas con los pastos Pangola (*Digitaria eriantha*) 5.4 has, Estrella africana (C*ynodon plectostachyus*) 2.4 has, Toledo (*Urochloa* brizantha)1.2 has, al mismo tiempo instalamos una red hidráulica que surte bebederos donde confluyen 4 a 6 potreros, en 2020 establecimos 2 praderas de pasto CT 115 en 0.6 has. En febrero del 2020 asistí a la conferencia y taller ¨Ganadería en el trópico mexicano: un reto presente y futuro para la sostenibilidad¨ con la participación del Dr. Julian Chará y Jhon Jairo, ambos del CIPAV Colombia y de la Dra. Martha Xochitl Flores de la Fundación Produce Michoacán-Red Nacional Silvopastoril, en San Andrés Tuxtla, organizado por la Dra. Rocío Santos-Gally de la UNAM. Tambié se organizó un Taller de Planificación Predial Participativa, el cual me ayudo a conocer las potencialidades y debilidades de mi rancho. Allí nació mi interés en cambiar hacia la ganadería sostenible. Iniciamos aplicando agroecología, eliminando el uso de agroquímicos e ivermectinas. En el año 2019 establecimos un pequeño banco de *Tithonia diversifolia*, el cual sirvió posteriormente para abastecernos de estacas para siembra en potreros. Para el 2021 decidimos establecer el primer cultivo de *Tithonia diversifolia* en 0.5 has. En 2022 me invitaron a participar en el proyecto de Ganadería Sostenible, ReGaSo. Asistimos a talleres participativos y elaboramos la Planificación del Rancho Participativa, con este documento iniciamos el establecimiento de cercos vivos en los meses de febrero a abril: Cocuite (*Gliricidia sepium*) y Mulato (*Bursera simaruba*). Posteriormente, procedimos a excluir la zona riparia con cerco eléctrico, la cual la restauramos con plantas nativas, arbustos de frutas silvestres y árboles maderables. Lo mismo se hizo para la zona con cárcavas.

Durante la temporada de lluvias, de junio a septiembre continuamos con el establecimiento en 8 has de praderas asociadas de los pastos Pangola y Estrella africana con *Tithonia diversifolia* con material vegetativo. En breve, los tallos se cortaron a 50 cm de largo y se sembraron el mismo día, en surcos de 10 a 15 cm de profundidad con arado, tracción animal y motocultor. Luego fueron cubiertas con tierra, líneas continuas y separadas a una distancia de 2 m. También establecimos 0.33 has de *Guazuma ulmifolia* asociada con pasto Pangola, establecidas en línea continua, 1 m entre plantas y 2 m entre líneas.

Establecimos árboles nativos en potreros, proporcionados por viveros, para ofrecer áreas de sombra y conseguir bienestar para los animales, en líneas paralelas a 20 m separadas, 2 m entre árboles y a 10 m separados de la cerca perimetral, algunos de estos árboles son leguminosas principalmente, cada línea protegida con cerco eléctrico.

El único manantial existente se cercó en un área de 1 ha. Y se procedió a restaurar.

RESULTADOS

Las primeras 0.5 has de *Tithonia diversifolia* se establecieron en líneas paralelas con siembra continua a una distancia de 1.5 m entre líneas, 45 días postsiembra, cubrían todo el suelo e impidieron el crecimiento de plantas, este plantío originalmente se utilizó para consumo animal mediante corte, picado y acarreo en comederos durante el ordeño, añadiendo melaza diluida para facilitar su consumo, posteriormente el cultivo se utilizó para la siembra dentro de los potreros y establecer praderas mixtas de gramíneas con *T. diversifolia* para consumo directo en ramoneo, con ocupaciones de 4 a 6 horas en el día y por la noche hasta el amanecer en un único potrero, mediante el uso del cerco móvil o portátil, con un periodo de descanso en épocas de lluvias de 25 a 30 días, seguido en el período de invierno de 30 a 34 días y en época crítica (febrero a mayo) de 34 a 36 días.

Respecto al período de adaptación, cuando ofrecimos por primera vez a las vacas potreros asociados de *T. diversifolia* / Pangola (*Digitaria eriantha*) para ramoneo, el comportamiento en el consumo fue de rechazo, razón por la cual se asignó una superficie menor a la que estaban acostumbradas durante 1 semana, al día 7 ya consumían con avidez las hojas de *T. diversifolia* y gramínea, dejando los tallos desnudos del arbusto. En el año 2024 experimentamos un período de sequía intenso, el cuál por primera vez logramos sortear gracias a esta asociación de plantas, aunque es preciso mencionar que el crecimiento de las gramíneas fue fuertemente afectada deteniendo su crecimiento, sin embargo, *T. diversifolia* respondió sorprendentemente con crecimiento vigoroso y abundante biomasa, las vacas por primera vez en este período encontraron comida de calidad y suficiente.

En este cuarto año de iniciar con el Sistema Silvopastoril intensivo, algunos resultados observados son los siguiente:

1. Disminución de casos de mastitis subclínica en un 80 %
2. Aumento en el % de parición, 2023 con 36%, 2024 con 52 %
3. Mortalidad 1 %
4. Disminución de casos de anaplasmosis y Piroplasmosis 80 %
5. Control de ecto y endo parásitos.
6. Ganancia de peso durante todo el año, en todo el hato.
7. Incremento en la carga animal/hectárea/año, 1 UA/ha/año a 3 UA/ha/año
8. Mayor producción de leche por hectárea/año.
9. Eliminación de alimento concentrado comercial.
10. Aumento de la biodiversidad del rancho.





TD-26. Usos diversificados de restauración y producción con la *Tithonia diversifolia* en la Finca El Ñopo, Panamá

Diversified restoration and production uses of *Tithonia diversifolia* at Finca El Ñopo, Panama

O. Solís y J. L. Slusser

Finca El Ñopo, Los Asientos de Pedasí, Distrito de Pedasí, Republica de Panamá, La Iniciativa de Liderazgo y Capacitación Ambiental de la Escuela de Medioambiente de la Universidad de Yale (Yale-ELTI)

Correspondencia: odielcasolis@gmail.com & Jacob.slusser@yale.edu

INTRODUCCIÓN

La Finca El Ñopo ha utilizado *Tithonia diversifolia* (*T. diversifolia*) por más de una década en múltiples sistemas y arreglos de siembra que promueven la restauración del paisaje forestal para los servicios ecosistémicos, así como para el aumento de la productividad ganadera. *T. diversifolia* se ha empleado en bancos mixtos de forraje, sistemas de pastoreo rotacional intensivo y sistemas agroforestales agrosucesionales. *T. diversifolia* ha sido esencial para promover el aumento de la biomasa y la nutrición del ganado, lo que ha resultado en un aumento de la carga animal de 0.75 por hectárea a 3-5 por hectárea, dependiendo de la temporada y un ahorro de 75 por ciento de agroinsumos. Además, el uso de *T. diversifolia* ha promovido la conservación del suelo en laderas empinadas en sistemas silvopastoriles intensivos, sirviendo como abono verde para la restauración en zonas de amortiguamiento ribereño, controlando parásitos intestinales en el ganado y atrayendo polinizadores para sistemas agroforestales basados en frutales.

DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DESARROLLADO

La Finca El Ñopo es una pequeña finca ganadera de 8.2 hectáreas, ubicada en el ecosistema bosque seco tropical a 300m sobre el nivel del mar en el Distrito de Pedasí, Provincia de Los Santos, Panamá. La finca se utiliza como finca modelo y la propietaria, Licenciada Odielca Solís, como facilitadora para capacitaciones sobre restauración de paisajes forestales lideradas por la Iniciativa de Liderazgo y Capacitación Ambiental de la Escuela de Medioambiente de la Universidad de Yale (Yale-ELTI). *Tithonia diversifolia (T. diversifolia)* fue introducida durante un proyecto silvopastoril financiado por Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF), Programa de Pequeñas Donaciones (SGP) otorgada a la Asociación de Productores Ganaderos y Agrosilvopastoriles de Pedasí. Con asistencia técnica proporcionada por el Cuerpo de Paz de los Estados Unidos y Yale-ELTI, la *T. diversifolia* fue establecido en bancos de forraje y sistemas de ramoneo por estacas muy similar a la yuca. Para lograr los mejores resultados, fueron lo más frescas posible como estacas verdes y gruesas de mínimo 40 cm de largo y 2 cm de diámetro, sembradas a 1.5 m de distancia en menos de 24 horas de cortada.

Para la siembra en sistemas de ramoneo la preparación del terreno fue al principio del invierno. Para suelos con una pendiente leve (0 - 8%) y mecanizables, se dio un pase del arado como primera limpieza. Para pendientes mayores al 8%, realizaron un sobrepastoreo primero y posteriormente fumigaron con glifosato. La siembra se hizo en surcos ubicados a 5m de distancia en las pendientes y a 3m en zonas planas cada 40cm, y en cada punto se sembraron dos estacas de 40cm en forma de X. El corte o cara superior de la estaca fue clavado en el suelo para evitar que se pudran o se sequen al estar expuestas.

Un mes después de la siembra de *T. diversifolia*, se procedió a la siembra del pasto mediante semilla. Posteriormente fue necesario esperar entre 120 a 180 días antes de realizar el primer pastoreo para el cual se utilizaron terneros, que generaban menos daños a las estacas de *T. diversifolia* y al pasto, ya que el ganado adulto no mordía el follaje, sino que lo halaba con la lengua. Después del primer pastoreo, las estacas de *T. diversifolia* fueron podadas por un corte de nivelación, que consistió en un corte de tajada de abajo hacia arriba sin causar desgarres en el tallo. El recorte de las ramas se hizo 30 cm arriba o abajo del último corte. La poda del *T. diversifolia* fue realizado 2-3 veces al año.

Para el banco de forraje se restableció un semillero propio sembrado con estacas vivas, cepas y semillas en filas dejando 1m mínimo entre surcos alternados con otras especies mixtas de árboles maderables. El manejo del banco de forraje consistió principalmente en podas regulares que permiten aprovechar el forraje cuando está en su punto óptimo de nutrición y digestibilidad. La *T. diversifolia* fue cosechado antes de la floración para evitar que las plantas reabsorban los nutrientes de las hojas para facilitar la reproducción y también para aprovecharlos con una mejor calidad nutricional. Las podas también fueron necesarias para evitar el crecimiento excesivo de árboles y arbustos, y para estimular el crecimiento de brotes nuevos de alto valor nutricional. Todo el material de las podas que fueron reintegrados al mismo sistema como abono orgánico. El banco fue abonado con fertilizantes orgánicos y material vegetal.

La *T. diversifolia* fue utilizado como abono verde dentro de áreas reforestadas como zonas de amortiguamiento de fuentes de agua y sistemas agroforestales, dentro de los surcos a una distancia de cada metro.

MEDIDAS PRODUCTIVAS

Desde que la finca comenzó a integrar *T. diversifolia* en bancos de forraje y pasturas silvopastoriles rotacionales, la carga ganadera ha aumentado de 0.75 por hectárea a entre 3 y 5 (temporada seca/temporada húmeda) por hectárea. Antes, la

pequeña finca de 8.2 hectáreas solo podía mantener ocho vacas durante seis meses. Ahora, seis hectáreas de pasturas mantienen 25 vacas todo el año, lo cual representa una mejora sustancial considerando que antes era necesario alquilar seis meses de pastura para permitir la recuperación de los pastos de la finca.

Además, la integración de *T. diversifolia* en toda la finca ha contribuido a aumentar su resiliencia y a generar ahorros al disminuir la necesidad de muchos insumos agrícolas que antes se requerían para mantener los pastos de monocultivo. Por ejemplo, la cantidad de fertilizantes sintéticos, herbicidas, pesticidas y antiparasitarios se ha reducido en un promedio del 75%. El aumento de la biomasa de *T. diversifolia* con alto contenido proteico (la cantidad de concentrados) se ha reducido en un promedio del 25%, lo que también ha generado ahorros sustanciales gracias a los recientes aumentos en la cantidad de concentrados.

Aspectos positivos y aprendizajes

- *T. diversifolia* mantiene la biomasa forrajera durante la época seca, cuando los pastos mejorados disminuyen su productividad y se secan.
- *T. diversifolia* contiene mayor proteína para una mejor nutrición animal, lo que ha resultado en un aumento de la densidad de población y el peso del ganado.
- *T. diversifolia* ayuda el control de parásitos intestinales, e incluso algunas plagas como las hormigas arrieras y la flor, atrae abejas que son importantes para polinizar cultivos.
- Considerando la gran cantidad de especies forrajeras prometedoras que se han utilizado en sistemas silvopastoriles, *T. diversifolia* es una de las más adoptadas y replicadas en la región debido a su facilidad de siembra (similar a la siembra de yuca) y su resiliencia en sitios degradados y secos.
- El cultivo intercalado de *T. diversifolia* en plantaciones de especies nativas de madera ha resultado en un aumento del 17 % en el crecimiento y del 25% en la supervivencia, en comparación con las plantaciones convencionales de especies nativas de madera.



TD-27. Empleo de *Tithonia diversifolia* en pastoreo para la producción de leche de cabra en la Finca Jabaco

Use of *Tithonia diversifolia* in grazing for goat milk production at Jabaco farm

A Brito Ravelo

Finca Jabaco, CCS Eduardo Panizo, provincia Artemisa, Cuba

Correspondencia: kbrito@nauta.cu

RESUMEN

La finca Jabaco pertenece a la CCS Eduardo Panizo, en el municipio Guanajay, provincia Artemisa, Cuba. Por más de 20 años se produce leche de cabras y derivados. Cuenta con un rebaño de 250 cabras de la raza Saanen y una producción diaria promedio de 1.2-1.3 litros de leche por animal, en un sistema semiestabulado en tarima. La alimentación se garantiza 100 porciento con el pastoreo de pastos y plantas proteicas. Desde hace más de 10 años comenzaron a sembrar *Tithonia diversifolia* para incorporar en la alimentación de las cabras. Se encuentra intercalada en los potreros con gramíneas y leguminosas. Es una planta proteica con buena resistencia al pastoreo y adaptación a suelos infértiles y pedregosos. La experiencia que se tiene al emplear la tithonia en el pastoreo de cabras para producción de leche es positiva y con perspectivas de continuar expandiendo su siembra.

Palabras clave: *botón de oro, plantas proteicas, alimentación de cabras*

ABSTRACT

The Jabaco farm belongs to the Credit and Services Cooperative (CCS) Eduardo Panizo in the Giuanajay municipality, Artemisa province, Cuba. For over 20 years, it has produced goat milk and dairy products. The farm has a herd of 250 Saanen goats, with and average daily milk production of 1.2-1.3 liters per animal, under a semi-stabled system on raised plataforms. The feed is 100 % guaranteed with grazing on grasses and protein plants. For more than 10 years, they have been planting *Tithonia diversifolia* to incorporate into the goats´ diet. It is intercropped in pastures alongside grasses and legumes. This protein plant shows good resistance to grazing and adapts well to infertile and rocky soils. Their experience using Tithonia in goat grazing for milk production has been positive, with plans to continue expanding its cultivation.

Key words: *grazing tithonia, protein plants, goat feeding*

DESARROLLO

La finca Jabaco pertenece a la Cooperativa de Crédito y Servicios (CCS) Eduardo Panizo, se localiza en el municipio Guanajay, provincia Artemisa, Cuba. Por más de 20 años se produce leche de cabra y derivados de reconocida calidad. Posee 100 hectáreas de tierra para garantizar la crianza y alimentación animal. Las tierras no son de buena calidad ya que son empedradas, infértiles y con mucha pendiente. Aun así, se implementan alternativas para mejorarlas con el empleo de materia orgánica generada por los animales.

Cuenta con un rebaño de 250 cabras de la raza Saanen y una producción diaria promedio de 1.2-1.3 litros de leche por animal, en un sistema de semiestabulación en tarima. La alimentación se garantiza 100 porciento con el pastoreo. Como parte de la rutina diaria, las cabras están pastando alrededor de siete horas diarias y de estas, dedican una hora y media pastoreando tithonia.





La tithonia se sembró desde hace 10 años y tuvo conocimiento de las bondades de esta planta a través de las capacitaciones realizadas por la Asociación Cubana de Producción Animal (ACPA) y la Asociación de Técnicos Agrícolas y Forestales (ACTAF). Es así, que poco a poco se sembró la planta en los potreros intercalada con gramíneas y leguminosas ya que, las cabras ramonean y les gusta la variedad de pastos. Es una planta proteica con buena resistencia y adaptación a los suelos de la finca.



En los últimos años, ha sido beneficiado con recursos y capacitación a través de proyectos internacionales, lo que le ha permitido mejorar las condiciones de crianza y la producción de manera general. La reproducción la realizan en tres ciclos de monta para garantizar la producción de leche el año entero. En la actualidad efectúan cruzamiento para refrescamiento de la raza y evitar consanguinidad. La perspectiva futura es continuar incrementando el rebaño y con ello, la producción y derivados lácteos.



TD-28. Finca demostrativa Los Chagualos. Sistema silvopastoril intensivo con botón de oro, pasto estrella y árboles dispersos

Los Chagualos demonstration farm. Intensive silvopastoral system with Mexican sunflower, start grass and dispersed trees

Sandra Carbonell Piedrahita

Finca Los Chagualos, municipio Guadalajara de Buga, departamento Valle del Cauca, Colombia.

Correspondencia: sancarpie@hotmail.com

RESUMEN

Finca Los Chagualos, Buga, Colombia. Sandra Carbonell, Área 14.1 ha., altitud 1.420 m.s.n.m, precipitación: 1.200 mm/año, topografía: quebrada, suelos pedregosos, pH ácido (5.3), materia orgánica 2%. Planificación Predial Participativa para definir usos del suelo: Sistemas silvopastoriles intensivos (SSPi) con botón de oro, pasto estrella, cercas vivas, bosque, corredores ribereños, huerta, abonera, gallinero, lago de piscicultura, lombricultura y viviendas. Fase 1: Siembra de 4,5 ha de SSPi con pasto estrella y botón de oro utilizando estacas. Siembra en curvas a nivel, 4 m entre surcos y 0,5 m entre plantas. En cada sitio se aplicó una libra de abono orgánico y se sembraron 2 estacas. La estrella se sembró por estolones a 0,5 m entre plantas. Cercas vivas a 3 metros entre árboles protegidos con cerca eléctrica. El acueducto ganadero lleva el agua a todos los potreros de 2.500 m2 que se subdividen en 3 partes usando cinta electroplástica. Período de ocupación un día y 45 a 60 días de descanso. El botón de oro se poda a 0,5 m de altura cada 6 a 8 meses. Fase 2: Siembra de 4,5 ha de SSPi con pasto estrella y plántulas de botón de oro a raíz desnuda obtenidas con semilla sexual en germinador. Se sembró una plántula por sitio a 4 m entre surcos y 0,5 m entre plantas. El sistema ganadero es levante de novillas lecheras de raza Lucerna manejadas en rotación de potreros. Resultados: Hasta ahora solo hay resultados de la fase 1 con ganancias promedio de 18,6 kilos/ha/mes.

Palabras clave: *tithonia, silvopastoreo, arbóreas, ganadería*

ABSTRACT

Los Chagualos Farm, Buga, Colombia. Sandra Carbonell, Area: 14.1 ha, altitude: 1,420 m above sea level, precipitation: 1,200 mm/year, topography: rugged, stony soils, acidic pH (5.3), organic matter: 2%. Participatory Land Use Planning (PPPL) to define land uses: Intensive silvopastoral systems (SSPI) with buttercup, stargrass, living fences, forest, riparian corridors, vegetable garden, compost heap, chicken coop, fish pond, vermiculture, and housing. Phase 1: Planting of 4.5 ha of SSPI with stargrass and buttercup using stakes. Planting in contour lines, 4 m between rows and 0.5 m between plants. One pound of organic fertilizer was applied at each site, and two stakes were planted. The starflower was planted by runners, spaced 0.5 m apart. Live fences were planted 3 meters apart between trees, protected with electric fencing. The livestock aqueduct carries water to all 2,500 m2 pastures, which are subdivided into three sections using electroplastic tape. The pasture is occupied for one day and then 45 to 60 days off. The buttercup is pruned to 0.5 m in height every 6 to 8 months. Phase 2: Sowing of 4.5 ha of SSPi with stargrass and bare-root buttercup seedlings obtained from seed germinators. One seedling per site was planted 4 m apart and 0.5 m apart. The livestock system consists of raising Lucerna breed dairy heifers managed in pasture rotation. Results: So far, only results from Phase 1 are available, with average gains of 18.6 kg/ha/month.

Key words: *tithonia, silvopasture, tree-based, livestock*

Finca Los Chagualos tiene un área de 14.1 hectáreas, altitud 1.420 m.s.n.m, precipitación de 1.200 mm/año, una topografía quebrada, suelos pedregosos, pH ácido (5.3), materia orgánica baja (2%).

ANTECEDENTES

2004: Mi esposo y yo compramos la finca con mucha piedra y en muy mal estado, con mucha maleza y cobertura de grama (*Paspalum notatum*). Se dejó quieta (en descanso) durante cinco años (hasta el 2009) con el fin de que el suelo se recuperara un poco.
2007: Se sembraron cercas vivas con Botón de Oro (*Tithonia diversifolia*) en todo el borde de la carretera con el fin de producir estacas para ser usadas en el futuro.
2009: Iniciamos la construcción de la casa con muy pocos recursos, con el fin de irla construyendo poco a poco.
2010: Lamentablemente mi esposo falleció.
2010 – 2014: Se crían terneros cebú (lotes de 8 animales) con el poco pasto grama (*Paspalum notatum*) y puntero (*Hyparrhenia rufa*) que se producía naturalmente, obteniendo muy baja productividad.
2015: El predio es seleccionado por FEDEGAN y CIPAV como finca demostrativa del proyecto "Ganadería Colombiana Sostenible" (GCS).

¿Que se hizo 2015 - 2016?

Con el apoyo técnico del proyecto "GCS" se realizó una "Planificación Predial Participativa" en la que definimos las áreas a dejar como zona productiva con ganadería en sistemas silvopastoriles intensivos con botón de oro y cercas vivas, las zonas de conservación de bosque, y las zonas de protección de cuencas con corredores ribereños que luego se enriquecerían con árboles nativos. Además, se definieron las áreas para la huerta casera para producir alimentos de autoconsumo, la abonera para procesar el abono orgánico, el gallinero para producción de huevos, el lago de piscicultura, la lombricultura, y las viviendas.

Fase 1 del sistema silvopastoril intensivo con botón de oro y pasto estrella (2015 – 2016). Se implementaron 4,5 ha de sistemas silvopastoriles intensivos de ramoneo con botón de oro, para lo cual se utilizaron estacas de 35 centímetros de largo con al menos 5 yemas.

Selección de estacas: Las varas maduras de botón de oro se cortaron con machete, se descartó el tercio inferior (muy viejo y grueso) y el tercio superior de las varas (muy tierno sin lignificarse) y se sembraron las estacas que se obtuvieron del tercio medio de las varas. El diámetro de las estacas utilizadas fue de 1.5 a 2.5 cm. La siembra se realizó en curvas a nivel, utilizando distancias de 4 metros entre surcos y 50 centímetros entre plantas; así se logró una densidad de 5000 sitios de botón de oro por hectárea.

En cada sitio de siembra se aplicó una libra de abono orgánico y 2 estacas de botón de oro cruzadas en forma de X. Es decir que se utilizaron 10.000 estacas por hectárea. El abono orgánico se preparó mezclando 15 sacos de 40 kilos de gallinaza seca + un saco de Fosforita Huila + un saco de cal dolomita. Esta mezcla se dejó compostar de uno a tres meses.

El pasto estrella se sembró por estolones doblados y colocados en cada hueco a 50 centímetros entre surcos y 50 centímetros entre plantas. El pasto estrella también se abonó con abono orgánico.

Los árboles nativos de las cercas vivas se sembraron de forma lineal a 3 metros entre plantas y también recibieron abono orgánico. Los árboles pequeños se protegieron con doble cerca eléctrica hasta que estuvieron grandes (aproximadamente 1.5 años).

A todos los potreros de la rotación se lleva el agua mediante un acueducto ganadero y bebederos móviles, es decir que "el agua va al ganado y no el ganado al agua".

El tamaño de los potreros es de aproximadamente 2.500 metros cuadrados, delimitados con cerca eléctrica fija. Cada potrero se subdivide en tres partes utilizando cerca eléctrica móvil con cinta electroplástica. El primer pastoreo se realizó a los 7 u 8 meses; el período de ocupación de cada subdivisión es de un día y el período de descanso es de 45 a 60 días. El botón de oro se poda a 50 cm de altura cada 6 a 8 meses.

Se hizo un convenio con la Reserva Natural El Hatico (que es una finca de producción de leche y caña orgánica). El convenio consiste en que El Hatico entrega terneras a los Chagualos para levantarlas. Las terneras llegan a los Chagualos con alrededor de 200 kilos de peso y salen de 350 kilos aproximadamente. Las ganancias se reparten así: 60% del peso ganado es para Los Chagualos y el 40 % para El Hatico. El precio que El Hatico paga a Los Chagualos por cada kilo de peso, es igual al precio actual del ganado extra (el mejor) en la feria de Medellín más el 20%.

¿Que se hizo en los años 2023 – 2024?

I. Fase 2 del sistema silvopastoril intensivo con botón de oro

Se establecieron 4.5 ha en SSP intensivo con semilla sexual de botón de oro, pasto estrella y cercas vivas con árboles nativos que producen comida y condiciones de anidación para las aves (en esta fase se tuvo apoyo técnico y económico de AUDUBON).

Se construyó un germinador (20 m x 20 m) se abonó con 500 kilos de gallinaza compostada seca, se repicó el suelo con azadón hasta quedar bien suelto. Se conformaron eras o camas de germinación de 1 metro de ancho, 20 metros de largo y 20 centímetros de alto y toda el área se cubrió con polisombra. Para darle más volumen a la semilla sexual, se mezcló con gallinaza seca en proporción de 1:5. La siembra se realizó manualmente en surcos continuos con 10 centímetros de distancia entre surcos a lo ancho de las eras.

Después de 45 días se empezaron a arrancar a raíz desnuda, las plántulas que tenían un grosor mayor al de un lápiz, se llevaron a campo y se sembró una plántula por sitio a 4 m de distancia entre surcos y 50 cm entre plantas.

Como resultados se tuvieron 2.5 ha adicionales de SSP intensivo con botón de oro, pasto estrella, árboles dispersos y cercas vivas. Dos de las hectáreas sembradas con plántulas de botón de oro presentaron mortalidad mayor al 80 % debido al exceso de humedad en los lotes que naturalmente están sobresaturados de agua durante la época de lluvias.

Resultados. Convenio con El Hatico.

El siguiente cuadro presenta los resultados de crecimiento de tres grupos de novillas raza lucerna que se han levantado en el SSP.



Lote	# animales	Peso inicial	Peso final	Incremento kg	Meses	Promedio kg/ha/ mes
1	20	4.525	7.022	2.497	14,8	17,8
2	19	3.408	6.945	3.537	19,8	18,8
3	20	3.854	7.143	3.289	18,3	18,9
Totales	59	11.787	21.110	9.323	52,9	18,6

Las novillas pastorean en rotación con cerca eléctrica en 4,5 ha de SSPi de pasto estrella más botón de oro y 5 ha en pasto grama y puntero, sal mineralizada y agua a voluntad.

Indicadores de logro

Productivos

Con la implementación de la primera fase del SSPi (4.5 ha) con botón oro y pasto estrella, se incrementó la carga animal de la finca de 8 terneros a 20 novillas.

Con la implementación de la segunda fase del SSPi (2,5 ha) con botón de oro se espera incrementar la carga de la finca a 30 novillas. Poder pagar un administrador de la finca con todas las prestaciones sociales de Ley. Siempre tener comida para el ganado, incluso en la época seca. Poder contar con un Convenio a mediano y largo plazo con El Hatico.

Ambientales.

Presencia de 74 especies de aves en la finca, de las cuales dos son migratorias y diez son endémicas o casi endémicas.

Proceso de 16 años de mejoramiento del suelo con aportes de abonos orgánicos y ramas producto de las podas del botón de oro. Conservación de 4.3 hectáreas del predio que reciben PSA (pago por servicios ambientales) por 6 años con la Empresa de Servicios Públicos de Aguas de Buga. Esto debido a que la finca Los Chagualos está ubicada en cuenca del río Guadalajara, que provee agua para la cabecera municipal.

Sociales.

Una familia campesina que administra la finca con mejor calidad de vida. Una niña creciendo con educación enfocada a la protección del medio ambiente. Seguridad alimentaria con una huerta agroecológica diversificada con excedentes para la venta que garantizan nuevas cosechas.

TD-29. Potencial y desafíos de *Tithonia diversifolia* en sistemas de bovinos de corte en Brasil

Potential and challenges of *Tithonia diversifolia* in Brazilian beef cattle systems

H.A.Koury
Fazenda Itapuã, Gália–SP, Brasil.

Afiliación: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ/USP), Piracicaba–SP, Brasil
Correspondencia: helenaakoury@gmail.com

INTRODUCCIÓN

Tithonia diversifolia es un arbusto forrajero de rápido crecimiento, adaptable y con elevado contenido de proteína bruta y buena digestibilidad, lo que la convierte en una potencial fuente de banco de proteína o voluminoso estratégico en sistemas silvopastoriles intensivos (Hernández et al., 2014; Franco et al., 2018). Estudios en Colombia, México y Cuba han mostrado mejoras en el desempeño animal y reducción del uso de concentrados al incluir *Tithonia* en dietas (Murgueitio et al., 2011; Mahecha & Rosales, 2005). En Brasil, sin embargo, la evidencia sigue siendo limitada, sin protocolos técnicos validados de manejo para productores.

Contexto y motivación

En la ganadería de corte brasileña, marcada por degradación de pasturas y baja carga animal (Dias-Filho, 2014), integrar especies arbustivas como *Tithonia* podría aumentar la resiliencia del sistema, diversificar la dieta y avanzar hacia una ganadería sostenible (FAO, 2013; Murgueitio et al., 2015). La especie destaca por su elevada producción de biomasa y calidad nutricional, pero faltan estudios adaptados al clima y condiciones del centro-sur de Brasil.

Implantación de la experiencia

En la Fazenda Itapuã (Gália–SP), en diciembre de 2021 se implantaron 96 líneas de *Tithonia*, organizadas en 48 renques, con espaciamiento de 2,0 m entre líneas y 0,5 m entre plantas, estimándose unas 18 000 plantas (3 000 pl/ha). El establecimiento se realizó con estacas pre-hidratadas y replantíos en febrero de 2023 en cuatro renques con mortalidad alta. El sistema integra cercas eléctricas para controlar el acceso animal, un componente arbóreo (*Eucalyptus urograndis*) y gramíneas (*Brachiaria* spp.), conformando un sistema silvopastoril intensivo (SSPi).

Indicadores en recolección

Este trabajo está en curso; el pastoreo de animales está planificado para iniciar en septiembre de 2025. A lo largo de ese período se recogerán sistemáticamente los siguientes datos:

- **Establecimiento y persistencia de *Tithonia***: conteo de plantas vivas por metro, altura promedio y vigor (escala visual 1–3).
- **Productividad de biomasa**: materia fresca y seca por corte, diferenciando fracción comestible (hojas y brotes) y no comestible (tallos lignificados).
- **Calidad de la dieta**: participación de *Tithonia* vs. gramíneas en la dieta estimada mediante análisis de δC13 de heces y plantas.
- **Desempeño animal**: ganancia media diaria (GMD), consumo voluntario, comportamiento ingestivo durante el ramoneo.
- **Variables ambientales**: pluviometría, temperatura, humedad del suelo, radiación solar, fertilidad y stock de carbono del suelo.
- **Viabilidad económica**: costos de implantación y manejo, proyección de retorno económico mediante flujo de caja, VAN y TIR.

RESULTADOS PRELIMINARES Y DESAFÍOS

Los primeros resultados muestran que *Tithonia* se establece con vigor, con altas tasas de supervivencia en estacas aparentemente débiles y rebrota efectiva, lo que coincide con su conocida resiliencia (Hernández et al., 2014; Franco et al., 2018). Al cabo de 90 días, muchas plantas superan el metro de altura, confirmando su rápida tasa de crecimiento (Mahecha & Rosales, 2005). No obstante, se observó heterogeneidad entre los renques, con mortalidad > 50 % en algunos casos, lo cual compromete la uniformidad del sistema.



Los animales inicialmente no consumieron la *Tithonia*, pero tras un periodo de adaptación comenzaron a ramonear voluntariamente hojas y brotes nuevos, reflejando selectividad por tejidos tiernos, un comportamiento también descrito en estudios realizados en Cuba y Colombia (Murgueitio et al., 2011; Ibrahim et al., 2015). Este patrón indica la necesidad de protocolos de adaptación alimentaria gradual.

Además, hubo problemas operacionales: retardos en los cortes provocaron lignificación de tallos, lo que redujo la palatabilidad; la cosecha manual demanda mucha mano de obra; y la falta de protocolos validados para fertilización y espaciamiento regional agrava las barreras tecnológicas.

CONCLUSIONES

Esta experiencia de campo confirma que *Tithonia diversifolia* tiene **alto potencial como arbustiva forrajera** en sistemas silvopastoriles brasileños, gracias a su capacidad de rebrota, resistencia a veranicos y calidad nutritiva. Sin embargo, obstáculos como heterogeneidad en establecimiento, aceptación inicial y desafíos de manejo impiden su adopción rápida. Se requiere consolidar estudios que cuantifiquen el desempeño, sustitución de concentrados, servicios ecosistémicos y viabilidad económica antes de recomendar su uso a productores comerciales.

BIBLIOGRAFIA

Dias-Filho, M. B. (2014). *Degradação de pastagens no Brasil*. Embrapa Amazônia Oriental, Belém.

FAO. (2013). *Tackling climate change through livestock: A global assessment of emissions and mitigation opportunities*. FAO, Roma.

Franco, L. H., Herrera, R. S., & Ibrahim, M. (2018). Forage yield and nutritive value of *Tithonia diversifolia* in tropical silvopastoral systems. *Tropical Grasslands–Forrajes Tropicales*, 6(2): 45–54.

Hernández, F. J., Argel, P., & Ibrahim, M. (2014). *Manejo y utilización de arbustivas forrajeras en sistemas ganaderos tropicales*. CIPAV, Cali.

Ibrahim, M., Murgueitio, E., & Zapata, A. (2015). *Intensive silvopastoral systems for sustainable cattle production in Latin America*. FAO–CIPAV.

Mahecha, L., & Rosales, M. (2005). *Potencial forrajero de la Tithonia diversifolia en la alimentación de rumiantes*. Universidad Nacional de Colombia.

Murgueitio, E., Chará, J., & Barahona, R. (2011). *Sistemas silvopastoriles intensivos en Latinoamérica: avances y desafíos*. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 24(1): 123–137.

Murgueitio, E., Calle, Z., Uribe, F., Calle, A., & Solorio, B. (2015). Native trees and shrubs for the productive rehabilitation of tropical cattle ranching lands. *Forest Ecology and Management*, 261: 1654–1663.



Producción Animal con Enfoque Una Sola Salud

COORDINADORES:
Dr. C. Lázara Ayala González. Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba
Dr. C. Yoleisy García Hernández. Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba
Dr. C. Yaneisy García Hernández. Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba

2025
SILVOPAT

ISBN: 978-959-7171-88-1
Cu-ID: https://cu-id.com/book/978-959-7171-88-1

TABLA DE CONTENIDO

PAS-01. Formulaciones naturales innovadoras basadas en extractos de orujo de uva blanca para prevenir el uso de antibióticos convencionales en producción animal: alimentación, salud y reproducción 4

PAS-02. Determinación de Lactobacillus lactis ATCC microencapsulado en condiciones gastrointestinales y cultivos de adhesión en $CaCO_2$ 9

PAS-03. Determinación de Lacticaseibacillus casei ATCC microencapsulado en condiciones gastrointestinales y cultivos de adhesión en $CaCO_2$ 14

PAS-04. Empleo del péptido GHRP-6 como aditivo para el pienso en peces: estimulación de crecimiento y sistema inmune 19

PAS-05. Desarrollo de bioproductos agroecológicos a partir de residuos de la fruticultura para la alimentación animal: Un enfoque a Una Salud 20

PAS-06. Producción de biomasa de Tithonia diversifolia (Hemsl.) A. Gray, con aplicaciones de Azotobacter para su uso en sistemas silvopastoriles 28

PAS-07. Modificación del procedimiento de conformación del banco de trabajo de lactobacilos y levadura para la producción del aditivo zootécnico ME Adizoot-1® 35

PAS-08. Actividad in vitro de un aditivo probiótico seco con Lactobacillus pentosus LB-31 para la producción animal 40

PAS-09. Evaluación de criterios para el proceso de escalado de un aditivo zootécnico con Pichia guilliermondii LEVICA-27 44

PAS-10. Evaluación del ME Adizoot-2 en el agua de bebida en las aves ligeras y su influencia en la producción de huevos 48

PAS-11. Efecto de la inclusión de ME con acción probiótica en la dieta de cerdos lactantes en producción intensiva. Resultados preliminares 55

PAS-12. Sustainable biomass valorization by solid-state fermentation with the mutant strain *Trichoderma viride* M5-2 of forage legumes to improve its nutritional composition as animal feed 58

PAS-13. Alternative feeding of monogastric species with fiber pretreated by fungal laccase. A new approach 64

PAS-14. Respuesta productiva de pollos de ceba tratados con un aditivo zootécnico ecuatoriano como alternativa a antibióticos promotores del crecimiento 70

PAS- 15. Determinación de carbohidratos y minerales en frutos de *Roystonea regia* (palmiche) con posible actividad nutracéutica 77

PAS-16. Pre tratamiento enzimático de la Cachaza para su utilización en cerdos en fase de crecimiento-ceba 81

PAS-18. La producción de ensilaje de residuos agroindustriales y la importancia en el manejo de la innovación tecnológica 85

PAS-19. Efecto de la vinaza en la calidad de ensilajes de Tithonia diversifolia vc. IcaCuba Occ-10, sola o con *Cenchrus purpureus* vc. Cuba 608 88

PAS-20. Efecto en la adición de diferentes porcentajes de yogurt de yuca en cerdos en la etapa de crecimiento y engorde 93

PAS-22. Alimento Ensilado Cubano (AEC), buena alternativa en vacas lecheras 102

PAS-23. Microorganismos eficientes para la producción de ensilajes de *Tithonia diversifolia* en la MIPYME Carnes D'Tres 107

PAS-24. Enfoque de Una Salud en la seguridad alimentaria 113

PAS-25. O enfoque "Saúde Única" na produção de alimentos no Brasil, com ênfase na pecuária bovina na Amazônia 114

PAS-27. Evaluación preliminar de la torta de sacha inchi como sustituto parcial de soya en dietas para alimento animal 121

PAS-28. Cuantificación de fitolitos en asociación de gramínea con mezcla múltiple de leguminosas utilizada en pastoreo para la engorda bovina 128

SILVOPAT – 2025 | ICA | ISBN: 978-959-7171-88-1 | Cu-ID: https://cu-id.com/book/978-959-7171-88-1

PAS-29. Inclusión de la harina elaborada con semillas de algarrobo y marabú en dietas de cerdos criollos en la categoría de preceba en la finca El Jardín del PCC en el Municipio Guantánamo 132

PAS-30. Efecto de inclusión de *Tithonia diversifolia* sobre los parámetros fisicoquímicos de la canal de conejo 138

PAS-31. Harina de frutipán (*Artocarpus altilis*), sobre los índices productivos y morfometría de órganos linfoides en pollos de engorde cobb 500 142

PAS-32. Estrategia de manejo para la optimización productiva en ovinos Pelibuey blanco en un ecosistema costero del sureste de Cuba 150

PAS-33. Influencia del consumo voluntario de la ración totalmente mezclada con la inclusión del forraje de *Tithonia diversifolia* (Helms) A. Gray en el perfil lipídico del queso caprino 154

PAS-34. Estudio diagnóstico a la producción y consumo de alimentos sanos en los municipios de Perico y Jovellanos 161

PAS-35. Disponibilidad de palmiche como alimento alternativo en la provincia de Guantánamo. Resultados de su utilización en convenios porcinos 166

PAS-36. Estudio de peligro, vulnerabilidad y riesgos de Epizootias en la especie avícola en Guantánamo 169

PAS-37. Percepción del riesgo de contraer enfermedades transmitidas por garrapatas en humanos 175

PAS-38. La inclusión de torta de palmiste pretratada con *Pleurotus ostreatus* en dietas de sistemas convencionales y silvopastoriles para rumiantes mejora la degradación de la fibra y reduce la producción de metano *in vitro* 182

PAS-39. Influencia del consumo de harina de palmiche, fruto de la Palma Real (*Roystonea regia*) en las características de la canal, calidad de la carne y atributos sensoriales de pollos de ceba 188

PAS-40. Efecto de la inclusión de harina de *Tithonia diversifolia* en la producción y calidad de la leche de vacas en ordeño 193

PAS-41. Efecto del consumo de grasa y lignina sobre indicadores productivos de conejos en ceba alimentado con harina desgrasada en la dieta 199

PAS-42. Evaluación de la canal de conejos (*Oryctolagus cuniculus*) alimentados con piensos elaborados con materias primas de producción endógenas 204

PAS-42. Evaluación de la inclusión de harina de cascarilla de cacao en dietas para conejos 210

PAS-44. Análisis nutricional de subproductos agrícolas para su uso en la alimentación animal 216

PAS-45. Análisis nutricional de la harina de copra de coco desgrasada para su uso en la alimentación del conejo (*Oryctolagus cuniculus*) 219

PAS-46. Factores e impactos de los indicadores productivos del integral porcino en el Instituto de Ciencia Animal (ICA) 224

PAS-47. Una salud. Análisis de vulnerabilidad; impactos y adaptación al cambio climático para la producción ovino-caprino. (JM) 229

PAS-48. Influencia de las pruebas ambientales sobre la productividad de plantas de incubación y calidad del pollito 236

PAS-49. Valoración de un factor que influye en la calidad del agua de bebida de las aves 240

PAS-50. Potencialidades de los residuos de poscosecha de zanahoria (*Daucus carota* L.) como alimento alternativo animal 243

PAS-51. Primeras evidencias del análisis del genoma del Siboney de Cuba y comparación con otros bovinos del mundo 246

PAS-52. Indicadores zootécnicos en la crianza de pollos de engorde alimentados parcialmente con harina de (*Hibiscus rosa-sinensis*) 259

PAS-53. Reemplazante lechero RELAC. Características físico-químicas 262

PAS-54. Torta de sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L) tratada por métodos físico-químicos para su uso como alimento animal alternativo 269



PAS-55. Criterios estadísticos para el análisis de investigaciones dedicadas a la producción de alimentos 273

PAS-56. Composición química del forraje de ajonjolí en tres edades de corte en el trópico seco de México 280

PAS-57. Caracterización química, microbiológica y control de la calidad de un producto fermentado seco obtenido a partir del líquido de rumen para su uso como suplemento nutricional en la alimentación animal 284

PAS-58. Indicadores hematológicos en gallinas ponedoras que consumen torta de moringa (*Moringa oleifera*) tostada en la ración 290

PAS-59. Calidad nutritiva de fracciones proteicas y fibrosas de materiales vegetales de harina de forraje de *Tthonia diversifolia* para la alimentación de especies monogástricas 293

PAS-60. Validación inicial de ensayo molecular por PCR en tiempo real para la identificación de OGM en maíz destinado a la alimentación animal 298

PAS-61. Indicadores hematológicos del *Canis lupus familiaris* vistos desde el contexto de Una salud .. 304

PAS-62. Evaluación del efecto de la inclusión en el alimento balanceado de la enzima Natuphos E 5000 G en el comportamiento bioproductivo y la calidad de los huevos de gallinas ponedoras 308

PAS-63. Cannabis variedad Cherry Oregón como promotor de crecimiento en gallinas Lohmann Brown en arranque de postura 314

PAS-64. Crecimiento y desarrollo de añojas novillas en pastoreo, suplementadas con bloques multinutricionales que contienen contenido ruminal seco 323

PAS-65. Comportamiento de indicadores sanguíneos en vacas de primer parto en la vaquería Genético 4 del Instituto de Ciencia Animal (ICA) 327

PAS-66. Productive response of calves fed with RELAC milk replacer and a medium-quality concentrate 330

PAS-68. Caracterización química y toxicológica del fruto de la Palma Real (palmiche) 336

PAS-69. Metabolismo energético durante el ayuno en variedades de ovinos Pelibuey bajo condiciones de pastoreo tropical 340

PAS-70. Incremento de la productividad ovina: Efecto de un modelo de pastoreo rotacional y suplementación en unidades de demostración del Valle del Cauto 346

PAS-71. Estructura y composición de bosques de pino-encino en sistemas silvopastoriles con cerdo criollo, Viñales 350

PAS-72. Causas de degradación en sistemas silvopastoriles con cerdo criollo, Viñales 359

PAS-73. Efecto de la escarificación en semillas de *Leucaena leucocephala* L. 367

PAS-74. Análisis bibliométrico de *Spathodea campanulata* como compuesto nutracéutico 370

PAS-75. Análisis bibliométrico de *Tithonia diversifolia* en alimentación de rumiantes 375

PAS-76. La cromatografía gaseosa y la cromatografía líquida de alta resolución en la rama agropecuaria 381

PAS-01. Formulaciones naturales innovadoras basadas en extractos de orujo de uva blanca para prevenir el uso de antibióticos convencionales en producción animal: alimentación, salud y reproducción

Innovative natural formulations based on white grape marc extracts to prevent the use of conventional antibiotics in animal production: feed, health and reproduction

M. Lores[*]*; C. García-Jares; M. Celeiro*

Laboratorio de Investigación y Desarrollo de Soluciones Analíticas (LIDSA), Departamento de Química Analítica, Nutrición y Bromatología, Facultad de Química, Avda. das Ciencias, s/nº. Universidade de Santiago de Compostela, Santiago de Compostela, E-15782, España.

[*]Correspondencia a: marta.lores@usc.es

RESUMEN

The main objective of this work is to develop and validate innovative natural formulations with antimicrobial and antioxidant properties from the valorisation of white grape marc to be used in cattle, swine, poultry and farmed fish, aiming to reduce the dependence on the use of antibiotics in animal/aquaculture production. This strategy will significantly contribute to the fight against antimicrobial resistance (AMR) derived from the production of animals on farms, by providing an economically viable alternative to the routine use of conventional antibiotics. The aim is to overcome AMR challenges arising from the overuse of antibiotics on farms, while improving waste management in the wine sector. Proposed solutions are based on the known potent antimicrobial and antioxidant activities of natural grape marc extracts, due to their arsenal of phytochemicals, particularly polyphenols. Suitable bioactive molecules were identified, with validation of their benefits, and recovered to match their sustainable sourcing and processing with efficient and cost-effective use in animal production. Final products include enhanced feed & additives for animal feeding, therapeutic products for diseases treatment in animal production, and sperm preservation extenders. All of them were produced after verifying the effectiveness of the extract as a functional ingredient for the different uses. This research, carried out in the framework of NeoGiANT project over 4 years, will contribute to the transition to an antibiotic-free environment, to sustainable food systems, and to the global action plan on antimicrobial resistance, and it is in line with the "One Health approach".

Palabras claves: *salud animal, soluciones innovadoras, compuestos bioactivos, resistencia antimicrobiana, polifenoles*

Keywords: *animal health, innovative solutions, bioactive compounds, antimicrobial resistance, polyphenols*

INTRODUCCIÓN

Los sectores pecuario y acuícola exigen soluciones para la salud de los animales sin efectos secundarios tanto para ellos como para los consumidores finales. También exigen productos respetuosos con el medio ambiente. En este sentido, el desarrollo, obtención y uso de extractos naturales a partir de residuos agroalimentarios es una opción adecuada, ya que son una fuente natural de compuestos bioactivos que pueden satisfacer estas demandas, a la vez que dan valor añadido a una materia prima considerada, *a priori*, como un residuo (Santana-Méridas et al., 2012).

La Organización Mundial de la Salud (OMS) incluye la resistencia a los antimicrobianos (RAM) entre los 10 principales peligros para la salud mundial (OMS, 2021). Para luchar contra esta amenaza, se hace necesario el desarrollo de productos antimicrobianos alternativos para el control y la prevención de las enfermedades más relevantes en la producción animal. En este sentido, el uso de extractos naturales derivados de subproductos agroalimentarios como materia prima, como el orujo de uva, es una opción muy adecuada y poco explorada todavía (Castillo et al., 2022).

El objetivo de este trabajo es validar soluciones que garanticen la producción sostenible de alimentos en el futuro, teniendo en cuenta las condiciones ambientales cada vez más inciertas y el avance hacia una producción y un consumo "eco-saludables" e inteligentes. La propuesta de valor clave de este trabajo es desarrollar y probar la funcionalidad de los extractos de orujo de uva para su empleo como ingredientes funcionales bajo la perspectiva de la salud animal, reduciendo así el impacto ambiental asociado a este residuo agroalimentario y contribuyendo a la economía circular. En la Figura 1 se muestra el concepto general de este trabajo.



Figura 1. *Resumen esquemático de la propuesta: extractos de orujo de uva como ingredientes funcionales para el sector zooproductivo.*

A partir del bagazo u orujo de uva blanca, un subproducto de la industria vitivinícola, se han obtenido de forma sostenible extractos ricos en compuestos bioactivos como alternativa a compuestos convencionales con capacidad antimicrobiana y antioxidante. El procedimiento de obtención se basa en un sistema de escala mediana a temperatura ambiente, MSAT (acrónimo del nombre en inglés de la técnica: *Medium Scale Ambient Temperature* system). Este proceso, patentado por los autores, emplea disolventes GRAS (Generally Recognized As Safe), no genera residuos, opera a presión atmosférica y temperatura ambiente y es fácilmente escalable (Lores et al., 2016). Estos extractos se emplearán como ingredientes funcionales para la obtención de productos finales: piensos mejorados y aditivos para piensos; diluyentes para conservación de semen para inseminación artificial; y productos naturales para profilaxis y tratamiento de enfermedades importantes en la producción animal, tales como mastitis bovina, epidermitis exhudativa porcina o disfunciones entéricas avícolas. Los prototipos finales serán testados *in vivo* en ganadería bovina, porcina y avícola y en acuicultura.

Estos productos no sólo evitarán el crecimiento de microorganismos patógenos, sino que también mejorarán la salud y el bienestar de los animales, aumentando la rentabilidad. Su desarrollo, además, se basa en 3 pilares fundamentales de la bioeconomía: 1) uso de fuentes locales de biomasa 2) producción de compuestos bioactivos rentable, eficiente y sostenible 3) ingredientes funcionales obtenidos en sistemas de producción sostenibles de economía circular.

El trabajo presentado se engloba en el marco del proyecto NeoGiANT, una acción innovadora (IA) cuatrienal financiada por la UE en 2021 y cuyos coordinadores son los autores. La propuesta es sostenible a tres niveles: medioambiental (subproductos agroalimentarios como materia prima - orujo de uva procedente de la vinificación - y tecnologías verdes (sin productos químicos nocivos, bajas temperaturas, eficiencia energética)); económico (el proceso de producción es de bajo coste y cero residuos); y social (se contribuye al desarrollo de los productores locales de vino). Además, los productos que se desarrollan están destinados a controlar un gran número de enfermedades de suma importancia en la producción animal, tanto en ganadería (bovina, porcina, avícola) como en acuicultura.

De este modo, el objetivo final de este trabajo es ofrecer alternativas eficaces a los principales antibióticos utilizados en los animales de granja, contribuyendo al objetivo de reducir su uso y abuso, al destinarlos únicamente al tratamiento de infecciones graves y no como acción preventiva indiscriminada. Al mismo tiempo, reducir la velocidad de aparición de nuevas resistencias antimicrobianas (RAM) y controlar mejor las existentes. El fin último de este trabajo multi- e interdisciplinar es contribuir a la transición hacia un entorno sin antibióticos, a sistemas alimentarios sostenibles y al plan de acción mundial sobre la RAM, en consonancia con el enfoque de "una sola salud" (*One Health*): se beneficiarán indirectamente los humanos, ya que los animales objetivo se crían para su alimentación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Obtención de extractos ricos en compuestos bioactivos

Para la obtención de los extractos en forma líquida a partir del orujo de uva blanca, se ha empleado un sistema MSAT usando varios disolventes de extracción GRAS (glicoles, cetonas y alcoholes) así como mezclas hidro-orgánicas de los mismos. La variedad de disolventes utilizados permite la obtención de un amplio catálogo de extractos que se destinarán como ingredientes funcionales en las distintas aplicaciones a desarrollar según sus diferentes propiedades bioactivas y físico-químicas (viscosidad, volatilidad, miscibilidad con otros componentes de las formulaciones, etc.). Los extractos se obtuvieron en una primera fase a escala laboratorio y, posteriormente, una vez optimizadas las condiciones experimentales para obtener la mayor eficacia de extracción, a escala pre-industrial.

Se han medido las bioactividades de todos los extractos obtenidos: contenido total de polifenoles (TPC), actividad antioxidante, contenido total de azúcares y contenido total de proteínas, así como actividad antimicrobiana, mediante técnicas espectrofotométricas (UV-Vis, fluorescencia). Además, se ha empleado la cromatografía de líquidos acoplada a espectrometría de masas en tándem (LC-MS/MS) para cuantificar la concentración de polifenoles marcadores y el uso de técnicas avanzadas como la espectrometría de masas de alta resolución (HRMS) para hacer un análisis no-supervisado y conocer su composición química en profundidad.

Asimismo, al emplearse como materia prima un subproducto de un cultivo, como es el orujo de uva blanca, se hace necesario comprobar la ausencia de compuestos o sustancias no deseadas, tales como metales o pesticidas, mediante técnicas como espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente (ICP-MS) y cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS), respectivamente.

Soluciones innovadoras en alimentación animal

Para la fabricación de piensos mejorados, se han empleado los extractos de orujo de uva blanca tanto en forma líquida como en forma sólida tras un proceso de secado mediante formación de aerosoles (*spray-drying*). En ambos casos se ha evaluado su estabilidad, ya que actúan como ingredientes funcionales en los pellets fabricados como alimento para ganado bovino, avícola, porcino y en acuicultura. Se han considerado diferentes condiciones de temperatura y presión y diferentes metodologías de extrusión y peletizado. Asimismo, se ha comprobado la estabilidad de los piensos finales durante 1 año, en diferentes condiciones de almacenamiento, midiendo periódicamente sus bioactividades (TPC, actividad antioxidante, etc.), así como los polifenoles individuales marcadores. Una vez seleccionados los prototipos más adecuados, estos se evaluaron en estudios *in vivo* de seguridad y en estudios de campo en granjas reales (bovino, porcino, avícola y distintas especies de acuicultura: pez cebra, lubina, trucha y salmón) para demostrar su eficacia y para disponer de datos comparativos frente a los productos disponibles actualmente en el mercado.

Formulaciones para prevención y tratamientos de enfermedades

En primer lugar, se han seleccionado dos enfermedades objetivo, por su importancia en la producción animal y/o por la dificultad de encontrar tratamientos alternativos eficaces: mastitis en vacas y epidermitis exudativa en cerdos. En una primera etapa se evaluó la actividad antimicrobiana *in vitro* de los extractos frente a diferentes especies microbianas implicadas en dichas infecciones. Una vez seleccionados los extractos más adecuados, se determinó el tipo de formulación que más se adecuaba a la aplicación sobre los animales: emulsiones y soluciones acuosas. Se escogieron, a continuación, los excipientes y condiciones de operación para producir las formulaciones; obteniéndose varios prototipos para cada una de las enfermedades objetivo. Durante todo el proceso de formulación, se estudiaron los efectos de las variables del proceso y de los componentes sobre las propiedades de la formulación. Además, se garantizó un rendimiento adecuado de las mismas, evaluando sus propiedades reológicas y texturométricas y su estabilidad. Finalmente, con las formulaciones más adecuadas se llevaron a cabo estudios *in vivo*, donde se comprobó su seguridad y su eficacia en comparación con tratamientos ya disponibles comercialmente.

Diluyentes para la conservación de esperma

Se han desarrollado medios de conservación mejorados, denominados habitualmente diluyentes de semen, para la conservación refrigerada y crioconservación de dosis de esperma utilizadas en la industria para la inseminación rutinaria (cría y conservación y difusión genética). En todos los casos, se ha evaluado la actividad antimicrobiana *in vitro* de las formulaciones utilizando para ello cepas bacterianas aisladas de dosis de semen preparadas en la industria porcina, bovina, avícola y en acuicultura.

Ya que los diluyentes de semen requieren una liberación prolongada y constante del extracto, la atención se centró en el uso de portadores o conservantes compatibles con los espermatozoides. Se evaluó la estabilidad de las formulaciones para las diferentes aplicaciones industriales: almacenamiento refrigerado a corto o largo plazo y congelación (en nitrógeno líquido) de semen de diferentes especies. También se evaluó su estabilidad a lo largo del tiempo de almacenamiento (1 año) a través de procesos de congelación/descongelación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Soluciones innovadoras en alimentación animal

Los productos no antibióticos disponibles comercialmente para aumentar la productividad animal y ayudar a los animales a desarrollar su potencial genético incluyen probióticos, ácidos orgánicos, fitogénicos, prebióticos, simbióticos, enzimas, péptidos antimicrobianos, anticuerpos de huevo hiperinmunes, bacteriófagos, arcilla y metales. Aunque los efectos beneficiosos de muchas de estas alternativas desarrolladas han sido demostrados, la información sobre su mecanismo de acción, eficacia y ventajas y desventajas de sus aplicaciones en el campo es escasa o inexistente. Por lo tanto, más allá de evaluar los parámetros zootécnicos (imprescindibles para evaluar el rendimiento de los aditivos y su retorno económico para las granjas) es deseable definir mejor sus modos de acción.



Los piensos desarrollados en este trabajo incluirán los extractos de orujo de uva blanca por su doble potencial, antimicrobiano y antioxidante. Así, estos nuevos aditivos -que pueden incluirse en estado líquido o sólido en los distintos formatos de pienso- no solo inhibirán el crecimiento de microorganismos y la oxidación del propio alimento, sino que modularán la microbiota y mejorarán el estado antioxidante de los animales, aumentando significativamente su estado de salud, al tiempo que garantizan la seguridad alimentaria, el bienestar animal y la protección del medio ambiente (Calvo et al., 2025, Castillo et al., 2025). De esta forma se aumentará la eficiencia alimentaria, disminuyendo los costos de alimentación y promoviendo un rendimiento mejorado general que conduzca a una mayor rentabilidad. Se han desarrollado prototipos líquidos para su utilización como pienso complementario en el agua de bebida de pollos de engorde y prototipos sólidos para bovino (utilizando el ingrediente en estado líquido) y porcino (convirtiendo el extracto líquido en sólido para ser añadido en este estado en la manufactura del pienso). Se han desarrollado también distintos prototipos para especies comerciales de acuicultura, explorando ambos formatos e incluso combinándolos con otros extractos de origen natural como las algas.

Formulaciones para prevención y tratamientos de enfermedades

La mastitis generalmente se trata mediante la infusión intramamaria de antibióticos en la ubre infectada. Los animales infectados que no muestran síntomas clínicos a menudo se tratan al final de la lactancia para eliminar la infección que, de otro modo, puede persistir durante el período seco y causar mastitis después del parto siguiente. Se pueden utilizar diferentes antibióticos para tratar la infección (tetraciclinas, penicilinas y cefalosporinas, u otros fármacos betalactámicos) y, en este contexto, la presencia de cepas resistentes a los antibióticos puede ser crítica en la industria láctea. Además, los antimicrobianos presentan un período de espera durante el cual la leche de los animales tratados debe ser desechada (Barlow et al., 2011). A pesar de los esfuerzos llevados a cabo en los últimos años para desarrollar alternativas a los antibióticos convencionales, actualmente no existe una alternativa eficaz para la administración *in vivo*.

El producto final desarrollado en este trabajo para el tratamiento de la mastitis es una jeringa intramamaria que contiene las formulaciones basadas en los extractos de uva que actúan como principio activo; no tiene competidores en su tipo, siendo una solución nueva e innovadora. Las industrias veterinaria y alimentaria han manifestado su interés por este producto natural para satisfacer la demanda de los consumidores finales y también para cumplir con las normativas sanitarias y de seguridad cada vez más estrictas en el uso de antibióticos convencionales y otros aditivos sintéticos. Por lo tanto, las formulaciones diseñadas, desarrolladas y validadas en el marco del proyecto NeoGiANT representan un gran paso adelante, al permitir el tratamiento de infecciones y la recolección y venta de leche muy poco después de dicho tratamiento o, incluso, durante el manejo de la enfermedad, gracias a los compuestos bioactivos presentes en los extractos obtenidos a partir del orujo de uva blanca.

La epidermitis exudativa generalmente se trata con antibióticos. El microorganismo causante (*Staphylococcus hyicus*) es inhibido por muchos antibióticos, como amoxicilina, ampicilina, eritromicina, lincomicina, penicilina, tilosina, trimetoprim-sulfonamida, los aminoglucósidos y las cefalosporinas. Sin embargo, algunos estudios han demostrado la resistencia a los antimicrobianos (RAM) de las bacterias responsables de esta enfermedad (J. Park et al., 2013). Existen algunos estudios sobre la aplicación de una vacuna autógena que reduce el uso de antimicrobianos y las tasas de mortalidad. Sin embargo, no se ha encontrado un tratamiento natural para esta enfermedad. El producto desarrollado en este trabajo es el primer tratamiento tópico de base natural para la epidermitis exudativa, y su eficacia ha sido demostrada satisfactoriamente en ensayos *in vivo*. El producto terapéutico en formato spray, representa, por tanto, un enfoque innovador basado en compuestos bioactivos obtenidos del orujo de uva blanca, que permitirá luchar contra esta enfermedad al mismo tiempo que se reduce la RAM. A su vez, el ganado porcino tratado con este producto de origen natural satisfará la demanda creciente de los consumidores de productos procedentes de animales "Criados sin antibióticos".

Diluyentes para la conservación de esperma

Los antibióticos son componentes obligatorios de los diluyentes de semen para el control de la contaminación y el crecimiento bacteriano. Los microorganismos pueden reducir la fertilidad de los espermatozoides e incluso causar infecciones en la hembra y, en algunos casos, las dosis de semen podrían propagar patógenos entre granjas. La creciente tasa de resistencia mundial a los antibióticos convencionales en los medios de conservación del semen requiere el desarrollo de nuevas alternativas antimicrobianas. En todo el mundo se utilizan un gran número de clases diferentes de antibióticos para inseminación artificial, incluidos los antibióticos de la medicina humana. Además, existe una tendencia a utilizar antibióticos de amplio espectro, es decir, agentes muy potentes en diversas combinaciones para reducir la exposición bacteriana de los espermatozoides. Sin embargo, se ha detectado resistencia a estos antibióticos (RAM) en bacterias que se encuentran en el semen de diferentes especies, lo que requiere el uso de antibióticos adicionales (J. Morrell et al., 2024). Se han realizado varios estudios para determinar métodos alternativos a los antibióticos para la conservación del semen. Estas alternativas se basan en el uso de péptidos, en métodos físicos o en nuevos productos bioactivos naturales como los fitoterápicos y otros compuestos obtenidos de plantas o animales para sustituir a los antibióticos en la tecnología de conservación del semen.

A pesar de que la búsqueda de alternativas a los antimicrobianos ha ido en aumento, se necesita más investigación para permitir el uso de concentraciones adecuadas de estos nuevos compuestos que deberían ser efectivos para las bacterias sin afectar la calidad del esperma. Asimismo, debe evaluarse el efecto *in vivo* de estas sustancias sobre la fertilidad tras el uso de semen refrigerado o criopreservado. Los productos innovadores desarrollados en el marco del proyecto NeoGiANT y presentados en este trabajo, aprovecharán el potencial bioactivo de los extractos de orujo de uva

blanca como sustitutos de los antibióticos convencionales (estreptomicina, penicilina, gentamicina, tetraciclina, polimixina A) en diluyentes de semen. Por último, los consumidores finales de estos productos mejorarán el valor de sus explotaciones ganaderas al mejorar la supervivencia y el bienestar de los animales tratados, pudiendo reducir cada vez más el uso de antibióticos convencionales y otros aditivos.

CONCLUSIONES

Las principales conclusiones de este trabajo y del proyecto en el que se engloba, NeoGiANT, se pueden resumir en que se han demostrado las propiedades antioxidantes y antimicrobianas de extractos obtenidos de forma sostenible a partir de orujo de uva blanca. Estos extractos se han empleado como ingredientes funcionales para formular piensos mejorados, tratamientos para enfermedades comunes en ganadería y como conservantes en reproducción animal. Sus propiedades antimicrobianas y antioxidantes se han evaluado satisfactoriamente en estudios *in vitro* y los prototipos más eficaces se han aplicado en ensayos *in vivo*. Actualmente, todos los prototipos desarrollados se están validando a nivel pre-comercial.

El fin último de este trabajo es el de contribuir a un sistema de producción animal con un uso mínimo de antibióticos convencionales, solamente cuando sea estrictamente necesario; a un sistema alimentario sostenible bajo el enfoque One Health, a la vez que se le da un valor añadido a un subproducto de la industria agroalimentaria, en este caso, el bagazo de uva blanca procedente de la industria vitivinícola.

AGRADECIM IENTOS

Este trabajo ha recibido financiación del programa de investigación e innovación Horizonte 2020 de la Unión Europea en virtud del acuerdo de subvención nº 101036768 (proyecto NeoGiANT)

BIBLIOGRAFÍA

Barlow, J. (2011). Mastitis therapy and antimicrobial susceptibility: a multispecies review with a focus on antibiotic treatment of mastitis in dairy cattle. Journal of mammary gland biology and neoplasia, 16, 383-407.

Calvo, L. G., Celeiro, M., Lores, M., Abril, A. G., & de Miguel, T. (2025). Assessing the effect of gastrointestinal conditions and solubility on the bioaccessibility of polyphenolic compounds from a white grape marc extract. Food Chemistry, 480, 143810.

Castillo, A., Celeiro, M., Rubio, L., Bañobre, A., Otero-Otero, M., Garcia-Jares, C., Lores, M. 2022. Optimization of bioactives extraction from grape marc via a medium scale ambient temperature system and stability study. Frontiers in Nutrition,9, 1008457.

Castillo, A., Celeiro, M., Martínez-Vallespín, B., Rubio, L., Gonzalez-Iglesias, D., Facorro, R., Zentek, J., Lores, M. 2025. In vivo tracking of grape marc biomarkers, bioconversion, metabolic tracers, and microbiota modulation in swine fed a polyphenol-rich extract diet. PLoS One, 20(6), e0325079.

Lores, M., Álvarez Casas, M., Garcia-Jares, C., Llompart, M. 2016. Polyphenol extract from white-grape residue. EP Patent EP2875822A4,15.

Morrell, J. M., Cojkic, A., Malaluang, P., Ntallaris, T., Lindahl, J., & Hansson, I. (2024). Antibiotics in semen extenders–a multiplicity of paradoxes. Reproduction, Fertility and Development, 36(5), RD23218.

OMS, 2021. Resistencia a los antimicrobianos. Disponible en: https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/antimicrobial-resistance (junio 2025).

Park, J., Friendship, R. M., Poljak, Z., Weese, J. S., & Dewey, C. E. (2013). An investigation of exudative epidermitis (greasy pig disease) and antimicrobial resistance patterns of *Staphylococcus hyicus* and *Staphylococcus aureus* isolated from clinical cases. The Canadian veterinary journal,54(2), 139.

Santana-Méridas, O., González-Coloma, A., Sánchez-Vioque, R. 2012. Agricultural residues as a source of bioactive natural products. Phytochemistry reviews, 11, 447-466.

PAS-02. Determinación de Lactobacillus lactis ATCC microencapsulado en condiciones gastrointestinales y cultivos de adhesión en $CaCO_2$

Determination of microencapsuled *Lactobacillus lactis* ATCC under gastrointestinal conditions and adhesion cultures in $CaCO_2$

H A Jurado-Gámez [1*]; *C A Jojoa-Rodríguez*[1]; *E G Insuasty-Santácruz*[1]; *I C Fajardo- Argoti*[1]

[1]Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Pecuarias, Programa de Zootecnia, Colombia.

[*]Correspondencia a: henryjugam@udenar.edu.co

ABSTRACT

Research project funded by the Vice-Rector's Office for Research and Social Interaction of the University of Nariño, 2023 Teaching Call. **Objectives**: The in vitro effect of microencapsulated *L. lactis* was determined under simulated gastrointestinal conditions and in cell cultures. **Materials and methods**: Microencapsulation of *L. lactis* was carried out by spray drying, using maltodextrin and inulin at 20% w/v. Its viability was evaluated under simulated gastrointestinal conditions at pH 2.3 (gastric phase) and enteric phase at pH 5.0 and 6.3, and bile salts (0.3%) and bovine bile (0.4%). The viability of microencapsulated *L. lactis* was evaluated during 21 days of storage; the microencapsulated material was physically characterized. **Results**: The viability of *L. lactis* at pH 2.3 was 2.3 x1010 CFU/mL (gastric phase), enteric phase at pH 5.0 and 6.3 was 2.1 x 108 CFU/mL and 2.5 x 109 CFU/mL respectively, and bile salts (0.3%) and bovine bile (0.4%) with values of 2.1 x 109 CFU/mL and 2.0 x 109 CFU/mL respectively. The viability at 21 days of microencapsulated *L. lactis* was 81.2%. The physical and chemical variables of the microencapsulated were: Moisture content (% ds) 7.2; Water activity (Aw) 0.310; Hygroscopicity (g moisture/100 g dry solid) 1.5; Wettability (min) 2.4 and Solubility (%) 82.9. Cultures adhering to CACO2 cells showed good adherence to the pathogenic bacteria. **Conclusion**: Microencapsulated *L. lactis* had a good probiotic effect, making it a valuable alternative in ice cream-type nutraceuticals.

Palabras claves: *inocuidad alimentaria, salud humana y animal.*

Keywords: *food safety, human and animal health.*

INTRODUCCIÓN

La industria láctea es una de las industrias alimentarias, que se presentan en todo el mundo y transforman muchos productos como leche, mantequilla, leche en polvo y queso, generando desechos sólidos y líquidos. La producción de quesos genera gran cantidad de suero, producto que no es aprovechado adecuadamente y es considerado un desecho, sin embargo, el suero de leche o lactosuero tiene cantidades elevadas de materia orgánica, donde, el principal componente del lactosuero son proteínas de alto valor biológico y superior a las caseínas del queso, como son beta-lactoglobulina, alfa-lactoalbúmina, albúmina de suero bovino, inmunoglobulinas y aminoácidos esenciales. Generalmente, el lactosuero es vertido en la red pública y fuentes de agua sin tratamientos adecuados, provocando grandes causas en la calidad del agua, suelo y aire, debido a su alta concentración de nutrientes, demanda biológica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO) y contenidos orgánicos e inorgánicos (Asas, et al, 2021).

El suero dulce es un producto con mayor contenido de lactosa y menor acidez que el suero ácido. En los últimos años se han realizado diversos estudios sobre el uso de suero residual y se han identificado beneficios, características y versatilidad en la industria alimentaria, farmacéutica, panadería, bebidas, elaboración de chocolate, nata, postres, helados, cereales, alimentos para mascotas y animales de producción pecuaria. El lactosuero es un subproducto que se genera en cantidades significativas, aproximadamente de 180 a 190 millones de toneladas al año a nivel mundial, con tasas de incremento del 1% al 2% y un procesamiento de tan solo el 50 %, ésto, debido a la gran cantidad de productos lácteos que se produce a nivel mundial, especialmente en países sobrepoblados como India y China (Peris, 2018).

Con relación a lo mencionado anteriormente, se busca dar un valor agregado que identifique al producto como un alimento nutracéutico y/o funcional, con lo cual, la adición de un probiótico microencapsulado, como el *Lactobacillus lactis* a un helado de crema con inclusión de lactosuero, generando una propuesta que contribuya al desarrollo económico de las empresas lácteas por el aprovechamiento del subproducto (lactosuero) y a su vez obtener un proceso de innovación que contribuya no solo a la salud del ser humano por los beneficios de los probióticos si no que obtener un beneficio adicional al generar un impacto ambiental favorable.

Por esta razón, es fundamental considerar el promover la generación de conocimiento de alto valor, que dé soluciones a las necesidades sociales y oportunidades de desarrollo productivo que generen beneficios a la región.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación

La investigación se realizó en el laboratorio del Grupo de Investigación PROBIOTEC-FORAPIS ubicado en la Universidad de Nariño de la ciudad de Pasto (N), Colombia, a una altura de 2527 m.s.n.m, con una temperatura promedio que varía de los 7 °C a los 17 °C. Materiales y Equipos

Materiales y equipos

Cepa de *Lactobacillus lactis* ATCC 19435 comercial

Agar MRS, caldo MRS, agua peptonada buferada.

Sales biliares y bilis bovina sigma

Azul de anilina

Enzimas digestivas comerciales

Métodos

Reconstitución: se realizó de acuerdo a las instrucciones del fabricante y en un medio específico para las bacterias con el fin de optimizar su crecimiento y recuperación.

Siembra: transcurridas 24 horas de reconstituida la cepa se confirmará el crecimiento y desarrollo de esta, se procederá a realizar el repique en cajas de agar MRS comercial con azul de anilina, con asa de argolla con el método de estrías y se llevará a incubar por 24 horas, de 35-37°C. Este procedimiento se llevará a cabo en cámara de flujo laminar tipo II, junto a mechero para evitar contaminación del medio. Al día siguiente, se revisará nuevamente su crecimiento en el agar MRS y para constatar su morfología macroscópica como microscópicamente, y mediante coloración de Gram se confirmará su morfología.

Conservación: posterior a la reconstitución se debe realizar un repique en tubos y cajas con caldo y agar MRS azul de anilina y se debe incubar por 24 horas, de 35 - 37°C, después de este tiempo se realiza una tinción de Gram, para constatar que las cepas son morfológicamente compatibles. Se conservan en agar MRS para elaborar un stock reciente, para ello se tomarán colonias aisladas del medio MRS azul de anilina, se deberán sembrar en profundidad y en superficie en tubos inclinados que estén compuestos por MRS glucosa 5 g/L más agar al 1,5%, estos preservados se deben incubar por 20 - 24 horas, de 35 - 37°C y se almacena a 4°C. También se conservarán las cepas en glicerol al 25% con caldo MRS en tubos eppendorf a una temperatura de -20°C y en crioperlas (Jurado-Gámez et al, 2021).

Ajuste de inóculo: se tomará una asada del cultivo y se depositará en un erlenmeyer que contenga 40 mL de caldo MRS comercial estéril. Se debe incubar por 24 horas de 35-37°C. Nuevamente se deberá realizar un repique de 4 mL de este caldo a otros 40 mL de caldo MRS comercial e incubar en las condiciones antes mencionadas. Después de este tiempo se depositarán 9 mL de cultivo en un erlenmeyer que contenga 90 mL de caldo MRS, se deben incubar en las condiciones antes nombradas. Según Crueger y Crueger (1993), el porcentaje de inóculo se debe ajustar al 10% v/v, para iniciar la fermentación. Después de este tiempo se calcula el número de bacterias por mL (Anexo C). Del caldo MRS comercial con el inóculo se deberá tomar 1 mL y vertir en 9 mL de solución peptonada. Cuando se presente mayor población de la establecida, se adiciona caldo estéril, teniendo en cuenta el cálculo matemático de proporcionalidad de acuerdo a Guerrero et al (2002) y Montes et al (2003).

Microencapsulación de Lactobacillus lactis

Obtención de biomasa microbiana: el inóculo de *L. lactis* se obtendrá de la siguiente manera: en un erlenmeyer con 40 mL de caldo MRS estéril, se deposita una alícuota de la cepa láctica y se lleva a incubación a 35°C por 24h (preparado A). Al terminar el periodo de incubación, se deberá tomar 4 mL del preparado A y se deposita en un nuevo Erlenmeyer con otros 40 mL de caldo MRS estéril, al cual se denomina preparado B, este luego se llevará a incubar a la misma temperatura y tiempo de la primera incubación. El ajuste del inóculo se realizará a 10% v/v mediante la metodología de Crueger y Crueger (1993), para ello se preparará 90 mL de caldo MRS estéril y se deberán añadir 10 mL del preparado B. Después se deberá realizar el conteo de bacterias por mL. Para el conteo se tomará 1 mL y se lleva a lectura directa en espectrofotómetro a 625 nm. En los casos donde la población fuese mayor a la establecida, se debe adicionar caldo estéril mediante cálculo de proporcionalidad. Finalmente, las células serán recuperadas según se mencionó y lavadas con una solución estéril de NaCl al 0.85 % p/v y conservadas en refrigeración (6±2 °C) hasta su uso.

Microencapsulación por la Técnica Spray Drying (Secado por Aspersión) de *Lactobacillus lactis*: de acuerdo a la metodología descrita por Rodríguez et al (2016) para la investigación de *L. lactis* se preparará un inóculo de 400 mL al 20 %p/v (80 g de Maltodextrina y 80 g de Inulina en 240 mL de Inóculo bacteriano previamente ajustado) en relación 1:1 p/p la cuales serán agitadas hasta homogeneizar.



Se utilizó el equipo de secado por aspersión Secador Spray Bilon 6000s®, con una temperatura de entrada de 170°C y una temperatura de salida en un rango de 65 - 67°C. Con ciclo completo de 2 horas y 30 minutos. El material microencapsulado se empaca en recipientes plásticos esterilizados oscuros y se almacenarán a temperatura ambiente (20±2 °C).

Estudio de Supervivencia y Estabilidad: para evaluar el efecto de los materiales microencapsulantes (Maltodextrina e Inulina) sobre la viabilidad del microorganismo encapsulado se seguirá lo establecido en la metodología de Rodríguez et al (2016) donde el número de células viables y los criterios de estabilidad: la Viabilidad de las BAL evaluadas durante el almacenamiento (10^8 UFC/g), las Propiedades Físicas (Actividad de Agua, Humedad Relativa, Solubilidad, Eficiencia de microencapsulación y Humectabilidad), y Caracterización Estructural (Morfología y tamaño de las microcápsulas). Estos parámetros se determinarán por duplicado y se medirán cada 10 días, desde el día 0 hasta el día 21.

Caracterización del material probiótico encapsulado después de la microencapsulación por Spray Drying.

Viabilidad: De acuerdo a lo propuesto por Rodríguez et al (2016).

Eficiencia de la Microencapsulación de *Lactobacillus lactis*. Según lo descrito por Gonzales et al (2015).

Caracterización Física

Humedad: para determinar la humedad se tomarán 2 gramos de material microencapsulado y se realizará en el Determinador de Humedad KERN DBS 60-3 (Balingen - Germany) a una temperatura de 105°C con una Resolución: 0,001 g. (0.01%). El resultado se expresa en porcentaje base seca (% bs).

Actividad de agua (Aw): para la actividad de agua se tomarán 2 g de material microencapsulado y se determinará mediante una lectura directa usando un termohigrómetro Hygrolab Rotronic (Nürnberg-Alemania) previamente calibrado. El resultado se expresará en porcentaje base seca (% bs).

Solubilidad: se obtendrá al disolver 1 g de muestra en 100 mL de agua destilada, esta solución se deberá mantener durante 5 minutos a una temperatura de 30±2°C a 120 rpm en una placa de calentamiento C-MAG H57 (IKA Labortechnik, Staufen, Germany).

Humectabilidad: el tiempo de humectación de *L. lactis* microencapsulado será determinado por el método de humectación estática (Freudig et al 1999) modificada y adaptada por los autores Ceballos et a (2012) y Rodríguez et al (2016).

Higroscopicidad: La higroscopicidad será determinada de acuerdo a lo propuesto por Fritzen-Freire et al. (2012).

Condiciones gastrointestinales.

De acuerdo a la metodología descrita por González et al (2015).

Elaboración de helado

De manera general, los ingredientes se reciben, pesan, mezclan y homogenizan, para posteriormente pasteurizarse, adicionar los probióticos microencapsulados seguido de un enfriamiento durante 24h. La cantidad de inóculo de probiótico no está definida, eso depende de la resistencia de cada especie, por lo que se recomienda añadir una concentración mayor a 107 UFC/g (Ramos et al 2013).

Para la elaboración de helado a base de lactosuero se utilizará la metodología según Delgado y Morán (2016).

Condiciones y periodo de evaluación del producto final: Temperatura - 4ºC.

Para el análisis estadístico se utilizará un diseño de medidas repetidas en el tiempo, los datos se recopilarán en Microsoft Excel y posteriormente se procesará la información en el paquete estadístico R, versión 14.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La viabilidad de *L. lactis* a un pH 2,3 fue de 2,3 x10^{10} UFC/mL (fase gástrica), fase entérica a pH 5.0 y 6.3 fue de 2,1 x 10^8 UFC/mL y 2,5 x 10^9 UFC/mL respectivamente, y sales biliares (0,3 %) y bilis bovina (0,4 %) con valores de 2,1 x 10^9 UFC/mL y 2,0 x 10^9 UFC/mL respectivamente.

La viabilidad a los 21 días de *L. lactis* microencapsulado fue de 81,2 %. Las variables físico químicas del microencapsulado fueron: Contenido de humedad (% bs) 7,2; Actividad de agua (Aw) 0,310; Higroscopicidad (g humedad/100 g de sólido seco) 1,5; Humectabilidad (min) 2,4 y Solubilidad (%) 82,9.

Los cultivos de adhesión a células $CACO_2$ mostraron una buena adherencia respecto a *Escherichia coli*.

En este sentido, es importante tener en cuenta que una de las características de las BAL que al encontrarse en el tracto gastrointestinal y/o alimentos) pueden ejercer efectos benéficos en la salud, dependiendo de la habilidad que presentan los probióticos de multiplicarse en el sitio objetivo, para ello deben sobrevivir a presencia o ausencia de oxígeno, medio ambiente ácido, interacción entre especies, condiciones del cultivo, producción de peróxido de hidrógeno por metabolismo microbiano, disponibilidad de nutrientes y presencia de inhibidores de crecimiento. En estos procesos es importante la microencapsulación, que básicamente es un proceso mediante el cual ciertas sustancias bioactivas (bacterias acido lácticas) son retenidas dentro de una matriz o sistema pared con el propósito de protegerlos frente a

condiciones deletéreas, una microcápsula consistente de una membrana fuerte, delgada y esférica que rodea un núcleo con un diámetro que varía de unas micras a 1 mm. (Rodrigues et al., 2020) (Gonzales Cuello et al., 2015).

Las condiciones de los microencapsulados cambian en la concentración de material encapsulante, temperaturas de microencapsulado, periodos de almacenamiento, sin embargo, son valores similares a los obtenidos en la presente investigación, a excepción del valor para actividad de agua que en el presente estudio es mayor, a pesar de ello, el microencapsulado presentó niveles adecuados durante el periodo de almacenamiento, demostrando una buena interacción entre el material microencapsulante y la bacteria láctica.

Narváez et al 2019, evaluaron pH (1, 2 y 3), sales biliares (0,3% y 1%) y bilis bovina (0,5%), frente a *L. plantarum* microencapsulado con valores de $3x10^7$ a $6,4x10^9$ UFC/mL. Los valores referenciados, al igual que los valores obtenidos en la presente investigación, superan el mínimo recomendado, $1x10^7$ UFC/mL, para productos probióticos, después de someterse a pruebas gastrointestinales simuladas, de esta forma garantizar la expresión de las características probióticas del microrganismo microencapsulado.

De esta manera, la inclusión de *L. lactis* microencapsulado en una matriz tipo helado favorece lo relacionado con la importancia de los alimentos nutracéuticos y /o funcionales, en una sociedad cada vez más exigente en el cuidado de su salud, tanto humana como animal.

CONCLUSIONES

1. *L. lactis* microencapsulado tuvo buen efecto probiótico, siendo una alternativa valiosa en alimentos nutracéuticos tipo helados.
2. *Lactobacillus lactis* microencapsulado en una matriz binaria compuesta por inulina y maltodextrina, presenta una adecuada estabilidad a condiciones gastrointestinales simuladas.
3. *L. lactis* microencapsulado soportó muy adecuadamente a todas las condiciones evaluadas, determinando unos excelentes materiales microencapsulantes como lo fueron la inulina y maltodextrina, y por lo tanto, son adecuados para aplicaciones en industria alimentaria y biotecnológica animal y humana.
4. De igual manera, en relación con la adhesión a células CaC02 fue adecuada y lo cual, indica una buena respuesta inmunológica.

AGRADECIMIENTOS

Los autores del presente trabajo de investigación manifiestan sus más sinceros agradecimientos a la Vicerrectoría de Investigación e Interacción Social de la Universidad de Nariño, Pasto, Colombia, por la financiación de este Proyecto de Investigación, Código 2853, Convocatoria Docente 2023.

BIBLIOGRAFÍA

Asas, C., Llanos, C., Matavaca, J, y Verdezoto, D. (2021). El lactosuero: impacto ambiental, usos y aplicaciones via mecanismos de la biotecnología. Revista Agroindustrial Science. volumen 11(1), 105-116. doi: http://dx.doi.org/10.17268/agroind.sci.2021.01.13.

Peris Sastre, JP. (2018). Diseño de un proceso de ósmosis directa para la concentración de una corriente de lactosuero con un caudal de 5 m3/día. http://hdl.handle.net/10251/106562.

Fajardo-Argoti, C, Jurado-Gámez, H, y Parra-Suescún, J. (2021). Viabilidad de Lactobacillus plantarum microencapsulado bajo condiciones gastrointestinales simuladas e inhibición sobre Escherichia coli O157:H7. Revista U.D.C.A Actualidad y Divulgación Cientifica. volumen 24(1). doi: http://doi.org/10.31910/rudca.v24.n1.2021.1733

Crueger, W., & Crueger, A. (1993). Biotecnología: Manual de Microbiología Industrial. Traducido por Paloma Liras Padín. 3 ed. Madrid. España: Ed. Acribia, p.118.

Guerrero, M., Guzmán, S., Yandar, N., Pazos, A. (2002). Efecto inhibitorio de lactobacillus acidophilus sobre el enteropatogeno vibrio cholerae 01 ogawa, in vitro. Universidad Y Salud, 1(3). http://revistas.udenar.edu.co/index.php/usalud/article/view/314

Montes, A., Santacruz, A., Sañudo, J. (2003). Efecto in vitro de Lactobacillus casei subsp. rhamnosus sobre el crecimiento de un aislado de Helicobacter pylori. San Juan de Pasto, Colombia: Universidad de Nariño. 85p. Trabajo de grado (Biólogo).

Rodriguez-Barona, S., Giraldo, G., Montes, L. (2016). Encapsulación de Alimentos Probióticos mediante Liofilización en Presencia de Prebióticos. Inf. tecnol.,La Serena,v. 27, n. 6, p. 135-144. http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642016000600014



González CR, Pérez MJ, Morón AL. 2015. Efecto de la Microencapsulación sobre la Viabilidad de *Lactobacillus delbrueckii* sometido a Jugos Gástricos Simulados. Información Tecnológica. 26: 11-16. Doi: 10.4067/S0718-07642015000500003.

Freudig, B., Hogekamp, S., Schubert, H. (1999). Dispersion of powders in liquids in a stirred vessel. Chemical Engineering and Processing; 38:525–532

Ceballos, A. M., Giraldo, G. I., & Orrego, C. E. (2012). Effect of freezing rate on quality parameters of freeze dried soursop fruit pulp. Journal of Food Engineering, 111(2), 360-365. https://doi.org/10.1016/J.JFOODENG.2012.02.010.

Fritzen-Freire, CB., Prudêncio, ES., Amboni, RD., Pinto, SS., Negrão-Murakami, AN., Murakami, FS. (2012). Microencapsulation of bifidobacteria by spray drying in the presence of prebiotics. Food Research International; 45: 06–312.

Ramos-Clamont Montfort, G., Hernández-González, L. E., Fernández-Michel, S. G., Froto-Madariaga, M. de L., & Vázquez-Moreno, L. (2013). ESTRATEGIAS PARA MEJORAR LA SOBREVIVENCIA DE PROBIÓTICOS EN HELADOS. Biotecnia, 15(2), 31-38. https://doi.org/10.18633/bt.v15i2.147.

Delgado, V. y Morán, D. (2016). Elaboración de helado a partir de lactosuero saborizado con cocoa y relleno de galleta. Tesis Pregrado. Recuperado de http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/handle/123456789/4998.

Rodrigues, F. J., Cedran, M. F., Bicas, J. L., & Sato, H. H. (2020). Encapsulated probiotic cells: Relevant techniques, natural sources as encapsulating materials and food applications - A narrative review. Food Research International, 137, 109682. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109682

Gonzales Cuello, R., Perez Mendoza, J., & Morón Alcazar, L. (2015). Efecto de la Microencapsulación sobre la Viabilidad de Lactobacillus delbrueckii sometido a Jugos Gástricos Simulados. Información Tecnológica, 26(5), 11-16. https://doi.org/10.4067/S0718-07642015000500003

Sinsajoa-Tepud, M., Jurado-Gamez, H., & Narváez-Rodríguez, M. (2019). Evaluación de Lactobacillus plantarum microencapsulado y su viabilidad bajo condiciones gastrointestinales simuladas e inhibición frente a Escherichia coli O157:H7. Revista de La Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, 66(3), 231-244. https://doi.org/10.15446/rfmvz.v66n3.84260

PAS-03. Determinación de Lacticaseibacillus casei ATCC microencapsulado en condiciones gastrointestinales y cultivos de adhesión en $CaCO_2$

Determination of microencapsuled *Lacticaseibacillus casei* ATCC under gastrointestinal condicions and adhesión cultures in $CACO_2$

H A Jurado-Gámez[1*]; *S Jurado-Díaz*[1,2]

[1]Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Pecuarias, Programa de Zootecnia, Colombia. Grupo de Investigación PROBIOTEC-FORAPIS

[2]Universidad Mariana, Programa de Enfermería.

[*]Correspondencia a: henryjugam@udenar.edu.co

ABSTRACT

Objectives: The in vitro effect of microencapsulated *L. casei* was determined under simulated gastrointestinal conditions and in cell cultures. **Materials and methods**: Microencapsulation of *L. casei* by spray drying using maltodextrin and inulin at 20% w/v and cocoa mucilage was performed. Its viability was evaluated under simulated gastrointestinal conditions at pH 2.5 (gastric phase) and enteric phase at pH 5.0 and 6.5, and bile salts (0.3%) and bovine bile (0.4%). The viability of microencapsulated *L. casei* was evaluated during 28 days of storage; the microencapsulated material was physically characterized**. Results**: The viability of *L. casei* at pH 2.5 was 2.7 x 10^9 CFU/mL (gastric phase), enteric phase at pH 5.0 and 6.5 was 2.3 x 19^8 CFU/mL and 2.2 x 10^8 CFU/mL respectively, and bile salts (0.3%) and bovine bile (0.4%) with values of 2.3 x 10^8 CFU/mL and 2.1 x 10^9 CFU/mL respectively. The viability at 28 days of microencapsulated *L. casei* was 82.3%. The physical and chemical variables of the microencapsulated were: Moisture content (% ds) 7.3; Water activity (Aw) 0.330; Hygroscopicity (g moisture/100 g of dry solid) 1.6; Wettability (min) 2.3 and Solubility (%) 83.7. CACO2 cell adhesion cultures showed good adherence to *Salmonella enteritidis*. **Conclusion**: Microencapsulated *L. casei* had a positive probiotic effect, making it a valuable alternative in nutraceutical and/or functional foods.

Palabras claves: *inocuidad alimentaria, salud humana y animal*

Keywords: *food safety, human and animal health.*

INTRODUCCIÓN

Actualmente las investigaciones se han encaminado a utilizar Microorganismos Generalmente reconocidos como Seguros (GRAS), los cuales crean antagonismo con muchas bacterias patógenas (Ortiz-Rivera et al, 2017). Dentro de este grupo, se encuentran las bacterias ácido lácticas (BAL), siendo ampliamente estudiadas en los seres humanos y algunas especies animales (Campana et al, 2017). En este sentido, *Lacticaseibacillus casei* en muchas investigaciones realizadas ha mostrado una buena efectividad en el control de bacterias patógenas y se ha descubierto que su antagonismo es producto de mecanismos como la disminución del pH del ambiente por la producción de ácido láctico, la producción de bacteriocinas, exclusión competitiva, y la estimulación del sistema inmune del huésped (Lemme-Dumit et al, 2018). Todos estos mecanismos demuestran que *L. casei* es una bacteria con alto potencial para el manejo como microorganismo probiótico.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación

La investigación se realizó en el laboratorio del Grupo de Investigación PROBIOTEC-FORAPIS ubicado en la Universidad de Nariño de la ciudad de Pasto (N), Colombia, a una altura de 2527 m.s.n.m, con una temperatura promedio que varía de los 7 °C a los 17 °C. Materiales y Equipos

Materiales y equipos

Cepa de *Lactobacillus casei* ATCC xxx comercial

Agar MRS, caldo MRS, agua peptonada buferada.

Vidriería en general.

Sales biliares y bilis bovina sigma

Azul de anilina

Enzimas digestivas comerciales



Métodos

Reconstitución: se realizó de acuerdo a las instrucciones del fabricante y en un medio específico para las bacterias con el fin de optimizar su crecimiento y recuperación.

Siembra: transcurridas 24 horas de reconstituida la cepa se confirmará el crecimiento y desarrollo de esta, se procederá a realizar el repique en cajas de agar MRS comercial con azul de anilina, con asa de argolla con el método de estrías y se llevará a incubar por 24 horas, de 35-37°C. Este procedimiento se llevará a cabo en cámara de flujo laminar tipo II, junto a mechero para evitar contaminación del medio. Al día siguiente, se revisará nuevamente su crecimiento en el agar MRS y para constatar su morfología macroscópica como microscópicamente, y mediante coloración de Gram se confirmará su morfología.

Conservación: posterior a la reconstitución se debe realizar un repique en tubos y cajas con caldo y agar MRS azul de anilina y se debe incubar por 24 horas, de 35 - 37°C, después de este tiempo se realiza una tinción de Gram, para constatar que las cepas son morfológicamente compatibles. Se conservan en agar MRS para elaborar un stock reciente, para ello se tomarán colonias aisladas del medio MRS azul de anilina, se deberán sembrar en profundidad y en superficie en tubos inclinados que estén compuestos por MRS glucosa 5 g/L más agar al 1,5%, estos preservados se deben incubar por 20 - 24 horas, de 35 - 37°C y se almacena a 4°C. También se conservarán las cepas en glicerol al 25% con caldo MRS en tubos eppendorf a una temperatura de -20°C y en crioperlas (Jurado-Gámez et al, 2021).

Ajuste de inóculo: se tomará una asada del cultivo y se depositará en un erlenmeyer que contenga 40 mL de caldo MRS comercial estéril. Se debe incubar por 24 horas de 35-37°C. Nuevamente se deberá realizar un repique de 4 mL de este caldo a otros 40 mL de caldo MRS comercial e incubar en las condiciones antes mencionadas. Después de este tiempo se depositarán 9 mL de cultivo en un erlenmeyer que contenga 90 mL de caldo MRS, se deben incubar en las condiciones antes nombradas. Según Crueger y Crueger (1993), el porcentaje de inóculo se debe ajustar al 10% v/v, para iniciar la fermentación. Después de este tiempo se calcula el número de bacterias por mL (Anexo C). Del caldo MRS comercial con el inóculo se deberá tomar 1 mL y verter en 9 mL de solución peptonada. Cuando se presente mayor población de la establecida, se adiciona caldo estéril, teniendo en cuenta el cálculo matemático de proporcionalidad de acuerdo a Guerrero et al (2002) y Montes et al (2003).

Microencapsulación de Lacticaseibacillus casei

Obtención de biomasa microbiana: el inóculo de *L. casei* se obtendrá de la siguiente manera: en un Erlenmeyer con 40 mL de caldo MRS estéril, se deposita una alícuota de la cepa láctica y se lleva a incubación a 35°C por 24h (preparado A). Al terminar el periodo de incubación, se deberá tomar 4 mL del preparado A y se deposita en un nuevo Erlenmeyer con otros 40 mL de caldo MRS estéril, al cual se denomina preparado B, este luego se llevará a incubar a la misma temperatura y tiempo de la primera incubación. El ajuste del inóculo se realizará a 10% v/v mediante la metodología de Crueger y Crueger (1993), para ello se preparará 90 mL de caldo MRS estéril y se deberán añadir 10 mL del preparado B. Después se deberá realizar el conteo de bacterias por mL. Para el conteo se tomará 1 mL y se lleva a lectura directa en espectrofotómetro a 625 nm. En los casos donde la población fuese mayor a la establecida, se debe adicionar caldo estéril mediante cálculo de proporcionalidad. Finalmente, las células serán recuperadas según se mencionó y lavadas con una solución estéril de NaCl al 0.85 % p/v y conservadas en refrigeración (6±2 °C) hasta su uso.

Microencapsulación por la Técnica Spray Drying (Secado por Aspersión) de *L. casei*: de acuerdo a la metodología descrita por Rodríguez et al (2016) para la investigación de *L. casei* se preparará un inóculo de 400 mL al 15 %p/v (60 g de Maltodextrina y 60 g de Inulina en 280 mL de Inóculo bacteriano previamente ajustado), y mucilago de cacao en relación 1:1 p/p la cuales serán agitadas hasta homogeneizar.

Se utilizó el equipo de secado por aspersión Secador Spray Bilon 6000s®, con una temperatura de entrada de 170°C y una temperatura de salida en un rango de 65 - 67°C. Con ciclo completo de 2 horas y 30 minutos. El material microencapsulado se empaca en recipientes plásticos esterilizados oscuros y se almacenarán a temperatura ambiente (20±2 °C).

Estudio de Supervivencia y Estabilidad: para evaluar el efecto de los materiales microencapsulantes (Maltodextrina, Inulina y Mucilago de Cacao) sobre la viabilidad del microorganismo encapsulado se seguirá lo establecido en la metodología de Rodríguez et al (2016) donde el número de células viables y los criterios de estabilidad: la Viabilidad de las BAL evaluadas durante el almacenamiento (10^8 UFC/g), las Propiedades Físicas (Actividad de Agua, Humedad Relativa, Solubilidad, Eficiencia de microencapsulación y Humectabilidad), y Caracterización Estructural (Morfología y tamaño de las microcápsulas). Estos parámetros se determinarán por duplicado y se medirán cada 10 días, desde el día 0 hasta el día 28.

Caracterización del material probiótico encapsulado después de la microencapsulación por Spray Drying.

Viabilidad: De acuerdo a lo propuesto por Rodríguez et al (2016).

Eficiencia de la Microencapsulación de *Lacticaseibacillus casei*. Según lo descrito por Gonzales et al (2015).

Caracterización Física

Humedad: para determinar la humedad se tomarán 2 gramos de material microencapsulado y se realizará en el Determinador de Humedad KERN DBS 60-3 (Balingen - Germany) a una temperatura de 105°C con una Resolución: 0,001 g. (0.01%). El resultado se expresa en porcentaje base seca (% bs).

Actividad de agua (Aw): para la actividad de agua se tomarán 2 g de material microencapsulado y se determinará mediante una lectura directa usando un termohigrómetro Hygrolab Rotronic (Nürnberg-Alemania) previamente calibrado. El resultado se expresará en porcentaje base seca (% bs).

Solubilidad: se obtendrá al disolver 1 g de muestra en 100 mL de agua destilada, esta solución se deberá mantener durante 5 minutos a una temperatura de 30±2°C a 120 rpm en una placa de calentamiento C-MAG H57 (IKA Labortechnik, Staufen, Germany).

Humectabilidad: el tiempo de humectación de *L. casei* microencapsulado será determinado por el método de humectación estática (Freudig et al 1999) modificada y adaptada por los autores Ceballos et a (2012) y Rodríguez et al (2016).

Higroscopicidad: La higroscopicidad será determinada de acuerdo a lo propuesto por Fritzen-Freire et al. (2012).

Condiciones gastrointestinales.

De acuerdo a la metodología descrita por González et al (2015).

Para el análisis estadístico se utilizará un diseño de medidas repetidas en el tiempo, los datos se recopilarán en Microsoft Excel y posteriormente se procesará la información en el paquete estadístico R, versión 14.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La viabilidad de *L.casei* a un pH 2,5 fue de 2,7 x10^9 UFC/mL (fase gástrica), fase entérica a pH 5.0 y 6.5 fue de 2,3 x 19^8 UFC/mL y 2,2 x 10^8 UFC/mL respectivamente, y sales biliares (0,3 %) y bilis bovina (0,4 %) con valores de 2,3 x 10^8 UFC/mL y 2,1 x 10^9 UFC/mL respectivamente. La viabilidad a los 28 días de *L.casei* microencapsulado fue de 82,3 %.

Las variables físico químicas del microencapsulado fueron: Contenido de humedad (% bs) 7,3; Actividad de agua (Aw) 0,330; Higroscopicidad (g humedad/100 g de sólido seco) 1,6; Humectabilidad (min) 2,3 y Solubilidad (%) 83,7.

Los cultivos de adhesión a células CACO2 mostraron una buena adherencia respecto a la *Salmonella enteritidis*.

Las Bacterias Ácido Lácticas (BAL), al estar presentes en el tracto gastrointestinal ayudan en los beneficios para la salud, para ello deben sobrevivir a la presencia o ausencia de oxígeno, medio ambiente ácido, interacción entre especies, condiciones del cultivo, producción de peróxido de hidrógeno por metabolismo microbiano, disponibilidad de nutrientes y presencia de inhibidores de crecimiento. La microencapsulación, que es un proceso mediante el cual bacterias acido lácticas son retenidas dentro de una matriz o sistema pared con el propósito de protegerlos frente a condiciones extremas, siendo que una microcápsula consistente de una membrana fuerte, delgada y esférica que rodea un núcleo con un diámetro que varía de unas micras a 1 mm. (Rodrigues et al., 2020) (Gonzales Cuello et al., 2015).

Estas condiciones de los microencapsulados cambian en la concentración de material encapsulante, temperaturas de microencapsulado, periodos de almacenamiento, sin embargo, son valores similares a los obtenidos en la presente investigación, el microencapsulado presentó niveles adecuados durante el periodo de almacenamiento, demostrando una buena interacción entre el material microencapsulante y la bacteria láctica.

En investigaciones realizadas por Zambrano-Mora y Jurado-Gámez (2020), indican que con respecto a los resultados de la microencapsulación, la viabilidad en un periodo de 20 días fue buena (75,94%), lo que señala que la técnica de microencapsulación fue efectiva, coincidiendo con lo encontrado en esta investigación. Autores como Wang et al. (2018) encontraron una viabilidad de 67% a los 15 días de la microencapsulada, que se administró por aspersión, lo que permite inferir un mayor tiempo de conservación de la cepa. En cuanto, a la eficiencia, Parra-Huertas (2010), afirma que los resultados de la técnica deben estar entre 96 a 100%, siendo menor el valor obtenido; sin embargo, el mismo autor menciona que la estructura de la pared y las condiciones de producción del microencapsulado (temperatura, pH, presión, humedad) tienen un efecto significativo sobre la eficiencia. Gómez-Mascaraque et al. (2017), presentaron valores de eficiencia del 87%, utilizando la misma técnica, lo que podría indicar que los valores de la presente investigación están en el rango adecuado.

Las características físicas indicaron una buena humedad y este resultado es importante, dado que el parámetro influye sobre la conservación de la cepa microencapsulada y el tiempo en que es viable, para ser administrada (Champagne et al. 2017). Los valores de la actividad del agua (Aw), están dentro de lo establecido por Muhammad et al. (2017), que sostiene que este parámetro debe estar alrededor de 0,3, para evitar el deterioro de la cápsula. Con respecto a la humectabilidad, Champagne et al. (2017), sostiene que es importante para una adecuada humectación y consiguiente liberación de la bacteria, ya que permite mejorar la sobrevivencia. La solubilidad mostró excelentes resultados, dado

que este parámetro mide la capacidad de disolverse en el agua, factor importante para una correcta liberación del microorganismo en el tracto gastrointestinal.

En cuanto a los resultados de bilis y sales biliares, se encontraron un adecuado crecimiento de la cepa, a pesar de las dificultades para adaptarse a estas condiciones. Overbeck et al. (2017) manifiestan que la resistencia a pH básico permite a la bacteria atravesar el intestino delgado, lugar donde se libera la bacteria microencapsulada.

De esta manera, la inclusión de *L. casei* microencapsulado es una alternativa importante que puede ser usada para la elaboración de alimentos nutracéuticos y /o funcionales, en una sociedad cada vez más exigente en el cuidado de su salud, tanto humana como animal.

CONCLUSIONES

1. *L. casei* microencapsulado tuvo una adecuada acción probiótica, siendo una alternativa valiosa en alimentos nutracéuticos y/o funcionales.
2. *L. casei* microencapsulado por inulina, maltodextrina y mucilago de cacao, presenta una adecuada estabilidad a condiciones gastrointestinales simuladas y por lo tanto, son adecuados para aplicaciones en industria alimentaria y biotecnológica animal y humana.
3. En relación con la adhesión a células CaC02 fue adecuada y lo cual, indica una buena respuesta inmunológica.

BIBLIOGRAFÍA

ORTIZ-RIVERA, Y., SÁNCHEZ-VEGA, R., GUTIÉRREZ-MÉNDEZ, N., LEÓN-FÉLIX, J., ACOSTA-MUÑIZ, C. and SEPULVEDA, D.R. Production of reuterin in a fermented milk product by *Lactobacillus reuteri*: Inhibition of pathogens, spoilage microorganisms, and lactic acid bacteria. Journal of dairy science, 100(6), 2017, p. 4258-4268. doi: 10.3168/jds.2016-11534.

CAMPANA, R., VAN HEMERT, S. and BAFFONE, W. Strain-specific probiotic properties of lactic acid bacteria and their interference with human intestinal pathogensinvasion. Gut pathogens, 9(1), 2017, p. 12. doi: 10.1186/s13099-017-0162-4.

LEMME-DUMIT, J.M., POLTI, M.A., PERDIGON, G. and GALDEANO, C.M. Probiotic bacteria cell walls stimulate the activity of the intestinal epithelial cells and macrophage functionality. Beneficial microbes, 9(1), 2018, p. 153-164. doi: 10.3920/BM2016.0220.

FAJARDO-ARGOTI, C, JURADO-GÁMEZ, H, Y PARRA-SUESCÚN, J. (2021). Viabilidad de Lactobacillus plantarum microencapsulado bajo condiciones gastrointestinales simuladas e inhibición sobre Escherichia coli O157:H7. Revista U.D.C.A Actualidad y Divulgación Cientifica. volumen 24(1). doi: http://doi.org/10.31910/rudca.v24.n1.2021.1733

CRUEGER, W., & CRUEGER, A. (1993). Biotecnología: Manual de Microbiología Industrial. Traducido por Paloma Liras Padín. 3 ed. Madrid. España: Ed. Acribia, p.118.

GUERRERO, M., GUZMÁN, S., YANDAR, N., PAZOS, A. (2002). Efecto inhibitorio de lactobacillus acidophilus sobre el enteropatogeno vibrio cholerae 01 ogawa, in vitro. Universidad Y Salud, 1(3). http://revistas.udenar.edu.co/index.php/usalud/article/view/314

MONTES, A., SANTACRUZ, A., SAÑUDO, J. (2003). Efecto in vitro de Lactobacillus casei subsp. rhamnosus sobre el crecimiento de un aislado de Helicobacter pylori. San Juan de Pasto, Colombia: Universidad de Nariño. 85p. Trabajo de grado (Biólogo).

RODRIGUEZ-BARONA, S., GIRALDO, G., MONTES, L. (2016). Encapsulación de Alimentos Probióticos mediante Liofilización en Presencia de Prebióticos. Inf. tecnol.,La Serena,v. 27, n. 6, p. 135-144. http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642016000600014

GONZÁLEZ CR, PÉREZ MJ, MORÓN AL. 2015. Efecto de la Microencapsulación sobre la Viabilidad de *Lactobacillus delbrueckii* sometido a Jugos Gástricos Simulados. Información Tecnológica. 26: 11-16. Doi: 10.4067/S0718-07642015000500003.

JURADO-GÁMEZ, H.; ZAMBRANO-MORA, E.J. 2020. Efecto de Lactobacillus casei microencapsulado sobre la salud intestinal y parámetros bioquímicos y productivos en pollo de engorde. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 23(2):e1480. http://doi.org/10.31910/rudca.v23.n2.2020.1480

WANG, W.; CHEN, J.; ZHOU, H.; WANG, L.; DING, S.; WANG, Y.; LI, A. 2018. Effects of microencapsulated Lactobacillus plantarum and fructooligosaccharide on growth performance, blood immune parameters, and intestinal morphology in weaned piglets. Food and agricultural immunology. 29(1):84-94. https://doi.org/10.1080/09540105.2017.136025429.

PARRA-HUERTAS, R.A. 2010. Bacterias ácido lácticas: papel funcional en los alimentos. Facultad de Ciencias Agropecuarias. 8(1):67-78

GÓMEZ-MASCARAQUE, L.G.; AMBROSIO-MARTÍN, J.; PEREZ-MASIÁ, R.; LÓPEZ-RUBIO, A. 2017. Impact of acetic acid on the survival of L.plantarum upon microencapsulation by coaxial electrospraying. J. Healthcare Engineering. 67(4):1234-1240 https://doi.org/10.1155/2017/4698079

CHAMPAGNE, C.P.; MOINEAU, S.; LAFLEUR, S.; SAVARD, T. 2017. The effect of bacteriophages on the acidification of a vegetable juice medium by microencapsulated Lactobacillus plantarum. Food microbiology. 63:28-34 https://doi.org/10.1016/j.fm.2016.10.036

MUHAMMAD, Z.; RAMZAN, R.; HUO, G.C.; TIAN, H.; BIAN, X. 2017. Integration of polysaccharide-thermoprotectant formulations for microencapsulation of Lactobacillus plantarum, appraisal of survivability and physico-biochemical properties during storage of spray dried powders. Food hydrocolloids. 66:286-295.

OVERBECK, T.J.; WELKER, D.L.; HUGHES, J.E.; STEELE, J.L.; BROADBENT, J.R. 2017. Transient MutS-Based hypermutation system for adaptive evolution of *Lactobacillus casei* to low pH. Appl. Environ. Microbiol. 83(20) :e01120-17

FREUDIG, B., HOGEKAMP, S., SCHUBERT, H. (1999). Dispersion of powders in liquids in a stirred vessel. Chemical Engineering and Processing; 38:525–532

CEBALLOS, A. M., GIRALDO, G. I., & ORREGO, C. E. (2012). Effect of freezing rate on quality parameters of freeze dried soursop fruit pulp. Journal of Food Engineering, 111(2), 360-365. https://doi.org/10.1016/J.JFOODENG.2012.02.010.

FRITZEN-FREIRE, CB., PRUDÊNCIO, ES., AMBONI, RD., PINTO, SS., NEGRÃO-MURAKAMI, AN., MURAKAMI, FS. (2012). Microencapsulation of bifidobacteria by spray drying in the presence of prebiotics. Food Research International; 45: 06–312.

RAMOS-CLAMONT MONTFORT, G., HERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, L. E., FERNÁNDEZ-MICHEL, S. G., FROTO-MADARIAGA, M. DE L., & VÁZQUEZ-MORENO, L. (2013). ESTRATEGIAS PARA MEJORAR LA SOBREVIVENCIA DE PROBIÓTICOS EN HELADOS. Biotecnia, 15(2), 31-38. https://doi.org/10.18633/bt.v15i2.147.

DELGADO, V. Y MORÁN, D. (2016). Elaboración de helado a partir de lactosuero saborizado con cocoa y relleno de galleta. Tesis Pregrado. Recuperado de http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/handle/123456789/4998.

RODRIGUES, F. J., CEDRAN, M. F., BICAS, J. L., & SATO, H. H. (2020). Encapsulated probiotic cells: Relevant techniques, natural sources as encapsulating materials and food applications - A narrative review. Food Research International, 137, 109682. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109682

GONZALES CUELLO, R., PEREZ MENDOZA, J., & MORÓN ALCAZAR, L. (2015). Efecto de la Microencapsulación sobre la Viabilidad de Lactobacillus delbrueckii sometido a Jugos Gástricos Simulados. Información Tecnológica, 26(5), 11-16. https://doi.org/10.4067/S0718-07642015000500003

SINSAJOA-TEPUD, M., JURADO-GAMEZ, H., & NARVÁEZ-RODRÍGUEZ, M. (2019). Evaluación de Lactobacillus plantarum microencapsulado y su viabilidad bajo condiciones gastrointestinales simuladas e inhibición frente a Escherichia coli O157:H7. Revista de La Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, 66(3), 231-244. https://doi.org/10.15446/rfmvz.v66n3.84260

PAS-04. Empleo del péptido GHRP-6 como aditivo para el pienso en peces: estimulación de crecimiento y sistema inmune

Use of the peptide GHRP-6 as a feed additive for fish: stimulation of growth and the immune system

Rebeca Martínez, Adrián Rodríguez, Liz Mariam de Armas, Alejandro Campos, Leandro Viera, Noelia Pérez, Danielle Reyes, Antonio Morales y Mario Pablo Estrada

Proyecto Modificadores Metabólicos. Departamento de Biotecnología Animal Investigaciones Agropecuarias. CIGB. P. O Box 6162 Habana. Cuba.

*Correspondencia a: rebeca.martinez@cigb.edu.cu

RESUMEN

La acuicultura es un sector de rápido crecimiento en los últimos años, constituye una fuente de gran importancia de proteína animal para la alimentación humana. Aparejado con este incremento en la producción, es mayor la necesidad de contar con fuentes de alimentos disponibles y saber controlar los posibles brotes de enfermedades en estos cultivos. Es necesario el estudio de aditivos en el pienso que sean capaces de aumentar la eficiencia productiva. El péptido GHRP-6 es una molécula de seis aminoácidos que ha demostrado su acción como estimuladora del crecimiento y del sistema inmune innato en larvas de peces y crustáceos, al ser administrada por baños d inmersión. En este trabajo abordamos el estudio de la inclusión de este péptido a concentración conocida, en el pienso, durante meses de evaluación en dorada y en tilapia. Se estudió el desempeño de los peces en cuanto a ganancia de peso y estimulación de genes del sistema inmune. Resultan de gran interés estos resultados para su posible aplicación en el sector de la producción de alimentos.

ABSTRACT

Aquaculture has been a rapidly growing sector in recent years, constituting a vital source of animal protein for human consumption. Along with this increase in production, there is a growing need for available food sources and the ability to control potential disease outbreaks in these crops. It is necessary to study feed additives that can increase production efficiency. The peptide GHRP-6 is a six-amino acid molecule that has demonstrated its action as a growth and innate immune system stimulant in fish and crustacean larvae when administered by immersion baths. In this work, we address the inclusion of this peptide at known concentrations in feed for a months evaluation in seabass and tilapia. The performance of the fishes in terms of weight gain and stimulation of immune system genes was studied. These results are of great interest for their potential application in the food production sector.

PAS-05. Desarrollo de bioproductos agroecológicos a partir de residuos de la fruticultura para la alimentación animal: Un enfoque a Una Salud

Yoandy Rodríguez Castro[*]*; Ailén Álvarez González; Hugo Marcelino Oliva Díaz; Martha Rosa Hernández Zaldívar; Yohanna Guzmán Sánchez; David Zamora Blanco.*

Unidad Científico Tecnológica de Base Alquízar. Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical. La Habana. Cuba.

[*]Correspondencia a: yoandyrodríguezcastro46@gmail.com

RESUMEN

Este trabajo tuvo como objetivo establecer fuentes locales de bioinsumos y bioproductos para la alimentación animal, bajo principios agroecológicos y de economía circular. Se logró obtener una mayor biomasa de hojas de mora mediante la aplicación de un bioproducto foliar compuesto por hidrolizado de lombriz, boniato, sábila y humus líquido de lombriz. Además, se produjeron otros bioinsumos como hidrolizado de pescado (fuente de aminoácidos), germinado de maíz, fermentado de boniato con bacterias lácticas y extracto de orégano. La combinación de estos ingredientes generó un nuevo bioproducto que, al ser incorporado en la dieta de cerdos, demostró efectos positivos en el aumento del apetito y la prevención de enfermedades diarreicas. El estudio destacó la importancia de aplicar buenas prácticas agroecológicas y el concepto de "Una Salud", que integra el bienestar animal, humano y ambiental. La colaboración entre instituciones como la UCTB de Alquízar, el CUM de Güira de Melena y estudiantes de agronomía fue fundamental para el intercambio de experiencias y el desarrollo local en dos municipios de la provincia de Artemisa. Los resultados resaltan la viabilidad de producir bioinsumos de manera sostenible, promoviendo la interacción planta-animal y reduciendo la dependencia de insumos externos.

Palabras clave: *Prácticas Agroecológicas, Bienestar, Combinación, Interacción*.

INTRODUCCIÓN

Un enfoque integrador resulta necesario para abordar el tema de la gestión del conocimiento para el desarrollo agropecuario local que justifica el papel del primero, como factor condicionante, reconociendo la responsabilidad de los gobiernos municipales con sus entidades subordinadas, que son los articuladores y actores principales de estos procesos, donde debe prevalecer lo comunitario como una de sus cualidades esenciales. Es necesario identificar las potencialidades y los obstáculos más importantes en que el gobierno local debe incidir, para implementar acciones de gestión del conocimiento que permitan la conformación de estrategias en el entorno agropecuario municipal, (Hernández *et al*., 2022).

En Cuba la reciente actualización del marco legal del sistema de ciencia, tecnología e innovación en el país, la reorganización de los centros de investigación y de servicios científicos tecnológicos y empresas de interface, para vincular las universidades y las empresas, constituyen un contexto favorable para la implementación de modelos de economía circular que contribuyan con una alimentación sostenible y sustentable (CITMA, 2021).

Los bioinsumos son derivados de recursos biológicos renovables a diferencia de los productos convencionales, estos utilizan biomasa de plantas, microorganismos y residuos orgánicos, lo que los hace sostenibles y ambientalmente amigables, promueven la economía circular al aprovechar residuos y subproductos agrícolas e industriales, no solo se reduce el desperdicio, sino que también crea valor añadido a partir de materiales que de otro modo se desecharían **(**Agrozapiens, 2023; González *et al.,* 2024).

El objetivo de esta investigación se relaciona con el establecimiento de fuentes locales de bioinsumos y bioproductos para la alimentación animal en el municipio de San Antonio de los Baños. La utilización de diagnósticos participativos entre productores interesados en la crianza porcina, facilita la búsqueda de soluciones a través del intercambio de experiencia. Las trasformaciones hacia sistemas agroecológicos y ECA (Economía Circular Agraria) se basan en la aplicación de diagnósticos y el uso de instrumentos para medir el cambio (Castro y Raja, 2022). El país se encuentra enfrascado en incrementar la alimentación de la población y aumentar la calidad de vida de sus habitantes, aun con la escasez de recursos externos e internos, que impiden el desarrollo en sus diferentes dimensiones. En los últimos 25 años, Cuba ha sido reconocida como uno de los países con mayores avances en el desarrollo de una agricultura sostenible sobre bases agroecológicas (Leyva y Pohlan, 2005).

La circularidad significa reutilizar continuamente materiales y recursos con el objetivo de reducir los desechos en el mundo. Cuando se reutilizan productos, se produce menos basura y se requieren menos materias primas nuevas. Se reutilizan los desechos, se conservan los recursos (FIA, 2022). La alimentación de los cerdos en Cuba presenta problemas de cantidad y calidad de los alimentos, el primer contacto con los alimentos que se suministren al cerdo resulta decisivo para que los consuman o no. La palatabilidad puede ser definida como la aceptación de un alimento por parte de cerdo u otro animal, en lo que se refiere a los aspectos de olor, sabor y textura. Esta característica afectará directamente el tipo de relación que el animal tendrá con su alimento. En algunos casos, cuando las características sensoriales no son aprobadas por el animal, el mismo puede negarse a comer, afectando su peso y llevando a su dueño a cambiar de marca (BRF, 2019). Para lograr una alimentación y una agricultura sostenible, es necesario adoptar

mecanismos de gobernanza responsables y eficaces a diferentes escalas, local, nacional y mundial. En Cuba, resulta insuficiente el alimento que se les proporciona a los cerdos, una forma de incrementarlo puede ser con la introducción de bioproductos de fácil adquisición para elaborar el alimento final a suministrarles. El objetivo de este trabajo fue demostrar el efecto de bioproductos elaborados a partir de residuos orgánicos sobre el aumento del consumo de alimentos en cerdos.

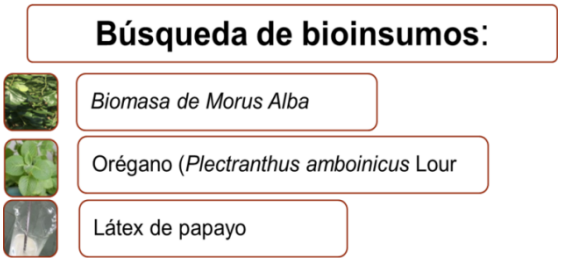
MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación y caracterización de las áreas de trabajo. Principales métodos y técnicas empleados en la investigación

La investigación se desarrolló de marzo a octubre del 2024 en la Unidad Científico Tecnológica de Base (UCTB) de Alquízar, provincia Artemisa Cuba, localizada en las coordenadas 22° 46' de latitud Norte y 83° 33' de longitud Oeste, a una altitud de 6,80 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.). Esta área se caracteriza por presentar un suelo Ferrasol Rhodicéutrico (Hernández et al., 2015), el cual es reconocido por su fertilidad moderada y adecuado drenaje, condiciones favorables para el cultivo de frutales. La finca La Felicia cuenta con un área de 32 ha de estas 30 ha se dedican a cultivos varios, entre estos frutales y 2 ha a plantas ornamentales y algunas condimentosas, produce humus de lombriz y compost, poseen dos estanques para la cría de peces, dos cochiqueras con un total de 21 cerdos y de estos seis de capa oscura, además tiene una mini industria que se ocupa de la fabricación de pulpas, encurtidos, procesan el pescado y obtiene los desechos. Valoración y búsqueda de bioinsumos en la UCTB

Se valoró la producción y búsqueda de bioinsumos para la elaboración de bioproductos, estuvo centrada en la producción de orégano (Plectranthus amboinicus Lour) y sábila (Aloe vera), se tomaron restos de mango (Mangifera indica L.), restos de boniato (Ipomea batata), látex de papayo, y se evaluó la biomasa y estimulación foliar con bioproductos en la especie Morus alba para obtener un bioinsumo de masa vegetal que complementa la elaboración del bioproducto que será evaluado en la finca La Felicia de San Antonio de los Baños. Aprovechando la cooperación para la producción de bioproductos se consideraron y emplearon los bioinsumos elaborados por Buzón (2025) en la UCTB.

Se utilizó la producción de bioproductos para uso vegetal elaborado por (Buzón, 2025), para la estimulación de la mora y se evaluó la fenología, para determinar el momento de la aplicación foliar para la obtención de más biomasa.



Poda de Morus alba para obtener biomasa de las hojas

Los ensayos de poda se realizaron en dos grupos de cinco plantas cada uno, señalados como T (testigo) y A (tratadas con un bioproductos)

Bioproducto para la estimulación del crecimiento vegetativo después de las podas

- Humus líquido 25 %
- Hidrolizado de boniato 25 %
- Extracto de sábila puro 25 %
- Hidrolizado de lombriz 25 %.

Finca, La Felicia del productor Lemay Muñoz en San Antonio de los Baños. Experimentos desarrollados

- La biomasa de *Morus alb*a fue llevada a la finca desde la UCTB Alquizar.
- El látex de papayo para elaborar el hidrolizado de pescado fue entregado al productor
- Germinado de maíz



Se utilizaron recipientes reciclables creando un fondo de 10 cm con una mezcla de materia orgánica y tierra 1,1. Las semillas de maíz criollo, se humedecieron 24 horas y después, se incorporaron al sustrato, regándolas durante los 3 primeros días, 4 veces/día, obteniendo una saturación de humedad, con 1 riego diario.

Producción de fermentado de boniato

80 libras de boniato con cáscara, limpio, fueron trituradas y se colocaron en un tanque de 200 litros, se les adicionó un inóculo de fermentado madre, 20 litros y se colocó a temperatura ambiente una semana.

Producción de aminoácidos de restos de pescado

Látex + pescado = aminoácidos

Porcentaje de sustrato hidrolizado = Peso g de residuo final solido/ g de peso.

Producción de aceite de orégano (Plectranthus amboinicus Lour)

Se calentaron las hojas de orégano a fuego lento durante 30 minutos, se colocó a una temperatura de 8 °C donde se separó el agua del aceite.

Prueba de aceptación de los bioinsumos disponibles

1- Se les proporcionó a 5 cerdos durante las primeras 4 horas de la mañana una ración de masa verde de 10 kg de masa total, compuesta por hojas de Morus alba 35%, germinado de maíz 35%, hidrolizado de pescado 25 %, y aceite de orégano 5%, proporcionándole 2kg de masa total a cada cerdo.

2- Se le suministró 1 lt de hidrolizado de pescado 100% a cada cerdo.

Experimentación de bioestimulación

Se elaboró diariamente 10 kg, de un bioproducto utilizando los siguientes bioinsumos. Suministrándole 2 kg por cada cerdo.

1-Fermentado de boniato. Solidos disueltos y líquidos.64 %.

2-Hojas de Morus alba trituradas (procedentes de la UCTB). 10 %.

3-Hidrolizado de pescado. 15 % liquido.

4-Germinado de semillas de maíz. 10 %.

4-Aceite de orégano. 1%.

Indicadores medibles

BRF, (2019), refiere que la palatabilidad es la aceptación de un alimento por parte de los cerdos u otro animal, en lo que se refiere a los aspectos de olor, sabor y textura.

1-Acercamiento por el olfato.

2-Cantidad de alimento consumido en el tiempo.

3- Evaluación de la digestibilidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

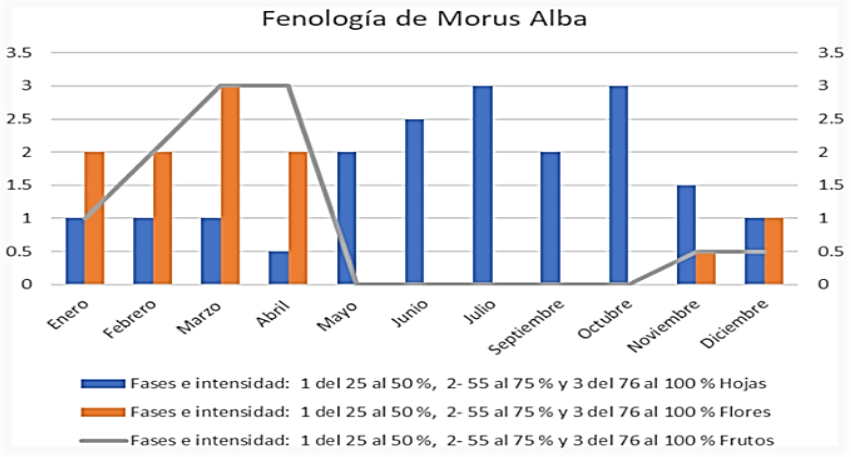
UCTB. Producción y búsqueda de bioinsumos

Bioinsumos para la producción de los bioproductos, como parte de la aplicación de la ECA.

Utilizando los resultados de Buzón, (2025), se pudo conocer la metodología de extracción del látex que se entregó al productor de San Antonio de los Baños, así como lo relacionado con la producción de orégano (*Plectranthus amboinicus* Lour), se determinó un potencial de 20 kg en 10 m2, se ha demostrado que es capaz de estimular el crecimiento de algunas especies vegetales y animales (Montoya et al., 2024).

Fenología de la mora

Según se observó la producción de biomasa (hojas) presenta sus mayores intensidades en los meses de mayo a octubre, la producción de flores y frutos a parir de noviembre hasta abril. Las podas y las aplicaciones foliares del bioproducto se realizaron teniendo en cuenta estas fases fenológicas.



Efecto de las aplicaciones del bioproducto en diferentes meses del año sobre la producción de biomasa foliar en plantas de mora

En la producción de biomasa en julio, los valores obtenidos no difirieron significativamente entre 2 y 3 kg.

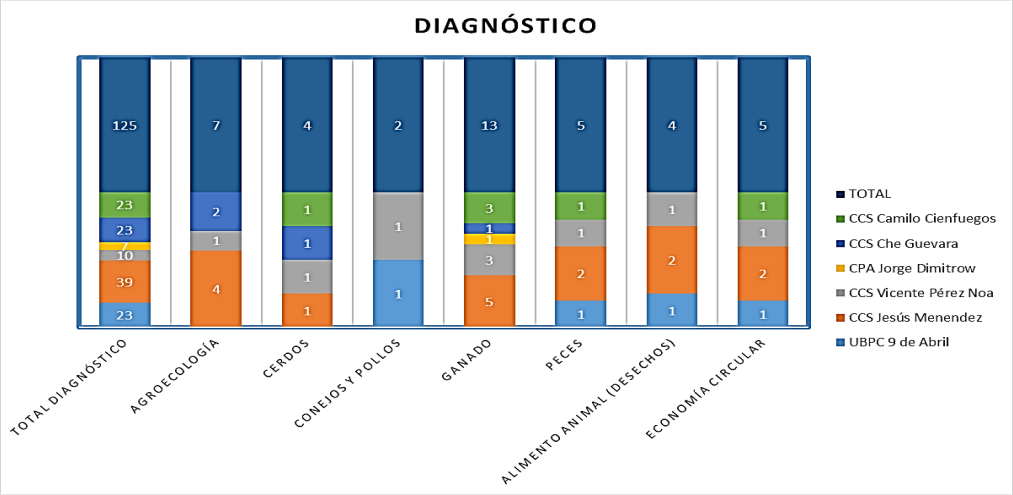
La aplicación de julio después de tres meses de la influencia del bioproducto en las plantas, incrementó en 2 kg la biomasa en octubre.

Las aplicaciones en octubre, influyeron también en el aumento de la biomasa de enero, disminuyendo el ciclo reproductivo y aumentando la biomasa en 1.8 kg por planta.

Meses	Valores Medios
Julio T	2.05 c
Julio A	3.2 c
Oct T	5.1 b
Oct A	7.65 a
Enero T	0.65 d
Enero A	2.45 c
	ES 0.32
	CV 15 %

En la Experimentación de San Antonio de los Baños

- Desean información sobre dietas para cerdos con alimentos obtenidos en la finca, además conocer los componentes nutricionales de las dietas, resaltando las proteínas.
- Aprender sobre el manejo y aprovechamiento de los desechos.
- Sugieren fortalecer una finca como centro de referencia local para la práctica de la alimentación de los cerdos.



Datos obtenidos acerca de la disponibilidad de bioinsumos.



Producción de fermentado de boniato

Se comprobó que el fermentado de bacterias lácticas alcanzó sólidos solubles de 15 ºBrix pH 4,6 y aroma acido.

Hidrolizado de desechos de pescado

Se pudo observar que las proteínas de la tilapia fueron hidrolizadas por las enzimas presentes en el látex 40 %± 6.8 CV 19%. Quedó una cantidad de exoesqueleto de pescado.



Prueba de aceptación de los bioinsumos disponibles

Ración de 2 kg de masa verde a cada uno de los 5 cerdos evaluados, compuesta por:

Hojas de Morus alba 35%

Germinado de maíz 35%

Aceite de orégano 5%

Hidrolizado de pescado 25 %.

De los cinco cerdos en el indicador

- ✓ **Acercamiento por el olfato**. Se acercaron de forma inmediata, tres cerdos, dos se retiraron por unos instantes y regresaron.
- ✓ **Cantidad de alimento consumido en el tiempo.** En un periodo de 10 minutos, tres cerdos consumieron la mitad de la ración, y dos un tercio.
- ✓ **Evaluación de la digestibilidad.** Pasadas 24 horas no se observaron problemas en la digestibilidad, no hubo diarreas.

Prueba de aceptación de los bioinsumos disponibles

- ✓ Proporción de 1 lt de hidrolizado de pescado por cada cerdo. Ortiz, (2024), demostró que el sabor a pescado es de alta referencia para los cerdos.

De los cinco cerdos en el indicador:

- ✓ **Acercamiento por el olfato**. Se acercaron de forma inmediata, los cinco cerdos.
- ✓ **Cantidad de alimento consumido en el tiempo.** En un periodo de 10 minutos, consumieron los cinco cerdos la cantidad suministrada de un litro.
- ✓ **Evaluación de la digestibilidad**. Pasadas 24 horas no se observaron problemas en la digestibilidad, no hubo diarreas.

Resultados de la bioestimulación a los cerdos

Se le suministró a cada cerdo de los 5 evaluados durante 15 días 2 kg del bioproducto compuesto por:

- ✓ Fermentado de boniato sólidos disueltos y líquidos 64 %.
- ✓ Hojas de *Morus alba* trituradas 10 %.
- ✓ Hidrolizado de pescado. 15 % liquido.
- ✓ Germinado de semillas de maíz. 10 %.
- ✓ Aceite de orégano. 1%.

De los cinco cerdos en el indicador:

- ✓ **Acercamiento por el olfato:** Se acercaron de forma inmediata, los cinco cerdos en todos los días.
- ✓ **Cantidad de alimento consumido en el tiempo:** En un periodo de 10 a 15 minutos los cinco cerdos consumieron todo el bioproducto suministrado.
- ✓ **Evaluación de la digestibilidad:** Diariamente no se observaron problemas en la digestibilidad, no hubo diarreas en los quince de evaluación.

Resultados del suministro de la dieta antidiarreica a otros 3 cerdos

En esta experiencia, donde el productor facilitó la participación de tres cerdos aislados, suministrándole:

- ✓ Fermentado de boniato: 85%
- ✓ Hidrolizado de pescado: 10%
- ✓ Aceite de orégano: 5%

De los tres cerdos en el indicador:

- ✓ **Acercamiento por el olfato:** Se acercaron de forma inmediata los tres cerdos cada día.
- ✓ **Cantidad de alimento consumido en el tiempo:** En un periodo de 15 a 20 minutos, los tres cerdos en el primer día consumieron, el 50 % de todo el bioproducto suministrado. En el segundo día aumentó a un 75 % y en el tercer día el 100 % en un tiempo de 10 minutos.
- ✓ **Evaluación de la digestibilidad:** Hubo diarreas, durante dos días en los tres cerdos, disminuyendo en dos de estos en el tercer día.

CONCLUSIONES

Sistematizados los antecedentes teóricos y metodológicos de la producción de alimento animal, se tuvo en cuenta, los desechos, las características de los bioinsumos, la producción de los bioproductos, la pertinencia de producirlos, con buenas prácticas, haciendo énfasis en la circularidad, aplicando el concepto de A UNA SALUD.

Diagnosticado en fincas del municipio de San Antonio de los Baños, fuentes de bioinsumos suficientes, para elaborar bioproductos, en favor de la alimentación de los cerdos, a bajo costo, disminuyendo la dependencia externa. Seleccionada una finca para facilitar la introducción de los resultados, desde lo local.

Se elaboró un bioproducto en San Antonio de los Baños, obtenidos de desechos de animales y plantas, que favoreció el consumo de alimentos y la salud de los cerdos.

RECOMENDACIONES

- ✓ Continuar evaluando nuevas formulaciones de bioproductos con dobles propósitos nutricionales y para evitar enfermedades en los cerdos.
- ✓ Promover entre los productores la búsqueda de bioinsumos con bases en la circularidad.
- ✓ Continuar la formación de facilitadores/as entre los productores de cerdo de San Antonio de los Baños que promuevan el consumo de bioproductos.

BIBLIOGRAFÍA

Acosta, E. 2025. Producción de Ipomea batata en la cooperativa Frank País de Güira de Melena. Encuentro de facilitadores con el INIVIT. Febrero. resúmenes p: 56.

Agrozapiens. 2023 Bioproductos tipos y beneficios. Bioproductos Vo1 No.• •5: p:p12 https://www.conama.org/2024/comunicaciones/beonnat-un-proyecto-europeo-para-el-desarrollo-de-bioproductos-innovadores.

Alexander. 2025. Producción de humus de lombriz roja californiana Eisenia foetida en diferentes sustratos y densidades de crianza. La Libertad. UPSE, Matriz. Facultad de Ciencias Agrarias. 36p. https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/12968

Blanch, A. 2018. Uso de proteínas con actividad biológica en nutrición porcina. Nutrinews, octubre, LATAM:1-20. http//www.nutricionanimal.info.com.

BRF. 2019. Palatabilidad conceptps y medición. Nutricion en cerdos, 1-5 https://www.brfingredients.com/es/blog/posts/palatabilidad-concepto-fundamental-para-pet-food/

Buzón 2025. Elaboración y aplicación de bioproductos para favorecer la producción del papayo. Universidad de Artemisa Facultad de Ciencias Agropecuarias, Técnicas y Económicas, tesis en proceso, Carrera de Agronomía, tesis en proceso:p52.

Castro T. R. y H. Raja. 2022. ¿Innovación Abierta, Economía Circular, Producción Más Limpia, alternativas, principios o fundamentos para la producción agropecuaria cubana? Revista Universidad y Sociedad. 14(4): 90-96.

Cervantes, K.; A. López; M. Campos. 2016. Subproductos obtenidos a partir de distintas cáscaras de fruta. Revista Iberoamericana de Producción Académica y Gestión Educativa ISSN 2007 -8412 Publicación # 04 Enero –Junio: 1-5.

CITMA. 2021. Diagnóstico de la economía circular en Cuba. Lanzamiento del Proyecto Internacional de Asistencia Técnica para la # Economía Circular en Cuba: 1-5. Recuperado de: htpp//citmacuba. pic.twitter.com/k3ATXFTwPS.

Delgado S. 2021. Actualidad agropecuaria de América Latina y el Caribe:1-5 Recuperado de: https://www.fao.org/in-action/agronoticias/detail/es/c/509557.

FAO (2021) TAPE: Herramienta para la Evaluación del Desempeño de la Agroecología. Proceso de desarrollo y Directrices para la aplicación. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Roma: p25



FIA .2022.Granja La Pachamama: crean centro de agroecología y economía circular. FIA - Fundación para la innovación agraria, noticias : 1-5 . En www. granja la pachamama .noticias. http://fundación.innovaciónagraria.htm.

Hernández M. R., H. Oliva., C. M. Noriega. 2022. Informe sobre los logros de la UCTB Frutales, Taller Proyecto PAAS UCTB, mayo 20: 1-8.

Hernández, R.; A. Islay; E. García; E. Casanova y D. Guillen.2015. Nuevo activador fisiológico potencializador de la fructificación en papaya (Carica papaya L.). Rev. Bras. Frutic. Jaboticabal. Vol. 37(4):1065-1073.

Hleap, J.; I. Zapata y C. A. Gutiérrez. 2017. Hidrolizados de pescado producción, beneficios y nuevos avances en la industria. Una revisión. Acta Agron. Vol. 66 (3) 311-322 ISSN 0120-2812. Publicado en: https://www.doi.org/10.15446/acag.v66n3.52595.

INTAGRI. 2018. Aminoácidos para la Bioestimulación de Cultivos Hortofrutícolas. Serie Nutrición Vegetal. Núm. 112. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 4 p.

Leyva, A. y J. Pohlan. 2005. Agroecología en el trópico. Ejemplos de Cuba. La biodiversidad vegetal, cómo conservarla y multiplicarla. Ed. Shaker Verlag (Alemania). 199p. ISBN 3-8322-3814-X.

Llanes P. 2016. Revista Cubana de Investigaciones Pesqueras. Enero-diciembre, 2016, vol. 33, No. 1, ISSN 0138-8452, pp.53

Montoya, G.; O Garcés.; J. López. 2024 Tendencias y desafíos en la producción alimentaria y sus implicaciones para el sistema global., Wani, Vol. 81: 01-22. https://doi.org/10.5377/wani.v1i81.18767

Ortiz 2024, Criador de cerdos en Alquizar que promueve el uso de hidrolizados de roteinas en el proyecto UCTB Agrofrutales.

PAS-06. Producción de biomasa de Tithonia diversifolia (Hemsl.) A. Gray, con aplicaciones de Azotobacter para su uso en sistemas silvopastoriles

Biomass production of *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray, with applications of Azotobacter for use in silvopastoral systems

A. Cardosa Garcia[1]; Y. Acosta Acosta[1]; O. Matos Leiva[2]; Á. L. La O Michel[1] y L. Rodríguez Bornó[3]

[1]Facultad Agroforestal. Universidad de Guantánamo. Ave Che Guevara km 1.5 carretera a Jamaica, Guantánamo, Cuba. CP: 95 100.

[2]Asociación Cubana de Producción Animal. Filial Guantánamo. Carlos Manuel de Céspedes esquina F. V. Agulera. Guantánamo. Cuba

[3]Finca Hermanos Rodríguez, CCS Osmel Gonzalvo. Jamaica. Manuel Tames Gunatánamo. Cuba.

[*]Correspondencia a: anniacg@cug.co.cu

ABSTRACT

Tithonia diversifolia (Hemsl.) A. Gray is one of the plants used in silvopastoral systems with excellent results in livestock production. This research was conducted to evaluate the biomass production potential of Tithonia, with the application of different levels of Azotobacter, in the Guantanamo ecosystem, for use in silvopastoral systems. The experiment was conducted on the Hermanos Rodríguez farm, part of the Osmel Gonzálvo Community. A Tithonia plantation was grown on a 602 m2 plot in a relief with uniform soil fertility. Prior to the research, a uniformity cut was performed, the plot was subdivided into four subplots, a completely randomized design was used, and four treatments were applied: 50 ml, 100 ml, and 150 ml of Azotobacter per liter of water, and no Azotobacter application. The plant-controlled variables were: number of shoots, number of leaves, stem thickness and height, as well as biomass production: total, stem, and leaf, leaf:stem ratio, and dry matter production per hectare. The results showed a significant influence of Azotobacter application on morphological characteristics and biomass production, with the best results in terms of morphological indicators at doses of 150 ml of Azotobacter per liter of water, while dry matter yields improved compared to the control in treatments using 50 to 150 ml of Azotobacter per liter of water.

Keywords: *biomass production*, *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray, *and organic fertilization*

INTRODUCCIÓN

La producción de biomasa vegetal es una actividad crucial para la agricultura, la ganadería y la industria, ya que proporciona materia prima para la alimentación animal, la generación de energía, la elaboración de bioproductos y la conservación del suelo. Sin embargo, esta actividad se enfrenta a desafíos como la escasez de agua, la degradación de la fertilidad del suelo, el aumento de los costos de los insumos y el cambio climático. Por lo tanto, es necesario buscar soluciones que optimicen el uso de los recursos naturales y mejoren la productividad y la calidad de la biomasa vegetal.

Una solución propuesta es el uso de plantas forrajeras con alto potencial de producción y adaptación a condiciones adversas, como la *Tithonia diversifolia (Hemsl.) A. Gray (Botón de oro)*. Esta especie arbustiva, originaria de Centroamérica y extendida a otras regiones tropicales y subtropicales del mundo, se caracteriza por su rápido crecimiento, alta capacidad de rebrote, elevada producción de materia seca y alto contenido de proteína cruda. Además, tiene propiedades medicinales, insecticidas y fungicidas, y puede utilizarse como abono verde, cobertura vegetal y barrera viva.

Otra opción sugerida es el uso de biofertilizantes a base de microorganismos benéficos que promueven el crecimiento vegetal, como el *Azotobacter*. Este género de bacterias fijadoras de nitrógeno atmosférico que se encuentran en el suelo puede, según Pérez *et al.* (2009), aumentar la disponibilidad de nitrógeno para las plantas, mejorar la estructura y la actividad biológica del suelo, estimular el desarrollo radicular y foliar, y proteger a las plantas contra patógenos y estrés ambiental.

De ahí que, estudios realizados por Pérez *et al.* (2020), han evaluado el efecto del *Azotobacter* sobre el rendimiento y la calidad de diferentes cultivos, como maíz, trigo, arroz, frijol y alfalfa. No obstante, son escasas las investigaciones que han analizado el efecto del *Azotobacter* sobre la producción y calidad de la biomasa del botón de oro. Teniendo en cuenta estos antecedentes se define como objetivo evaluar el efecto de la aplicación de *Azotobacter* en la producción de biomasa del botón de oro en la finca Hermanos Rodríguez de la Provincia de Guantánamo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del área de estudio

La investigación se desarrolló en la finca Hermanos Rodríguez, perteneciente a la CCs Osmel Gonzalvo, la misma está ubicada en un área de sabana con relieve llano. El clima es tropical, con temperatura promedio de 25 a 30 ° C en el año. El nivel de precipitaciones promedio es de 200 mm (milímetros) al año. La fuente de abasto de agua para riego proviene del canal secundario de la Empresa Cañera Argeo Martínez, con posibilidades de usar el río Bano. Predominan los suelos categoría 3 y 4 adecuados para la siembra de pastos, cultivos varios y frutales.

Diseño experimental

Se empleó una plantación de botón de oro cultivada en un área de *602 m*^{2}, a la cual se le realizó un corte de uniformidad, el área que se utilizó presenta un relieve llano con uniformidad en cuanto a la fertilidad del suelo. El área total se fraccionó en cuatro parcelas de 150,5 m^2, se aplicó un diseño totalmente al azar con cuatro tratamientos que consistieron en: $T_{(1)}$ 50 ml de *Azotobacter* por litro de agua, $T_{(2)}$ 100 ml de *Azotobacter* por litro de agua, $T_{(3)}$ 150 ml de *Azotobacter* por litro de agua y $T_{(4)}$ Sin aplicación de *Azotobacter.* Las variables controladas fueron: número de rebrotes por planta, número de hojas por planta, el grosor de los tallos por planta y la altura de la planta, producción de biomasa total, la producción de biomasa de tallos, la producción de biomasa de las hojas, relación hojas:tallos, y la producción de materia seca por hectárea.



Imagen 1. *Parcela después del corte de uniformidad*

Procedimientos experimentales

La aplicación de los tratamientos se realizó a las 24 horas después del corte y una segunda aplicación a los 22 días. Para la preparación de los tratamientos se utilizaron recipientes de 20 litros de agua donde se adicionó el producto previamente pesado que fue de 50g, 100g, 150g por cada litro de agua y se agitó hasta dilución completa. La primera aplicación se realizó en la base del tallo remanente del corte de uniformidad y la segunda en toda el área foliar de las plantas.

Las mediciones de las variables se realizaron a los 10, 20, 30 y 40 días de realizado el corte de uniformidad, para ello se seleccionaron 15 plantones por parcelas al azar se identificaron para la obtención de datos posteriores.

El número de brotes se contó directamente en los tallos de cada plantón a los 7 días después del corte de uniformidad. El número de hojas, grosor del tallo y la altura de las plantas se tomaron de las 15 plantas de cada parcela tomada al azar (Imagen 1). Para la Producción de biomasa total de hojas y tallos se tomaron 15 plantones de cada parcela se cortaron a una altura de 15 cm del suelo y se pesó todo el material, posteriormente se separó las hojas de los tallos y se pesaron de manera independiente, el promedio obtenido de cada parte se multiplicó por el total de plantones del área. La relación hoja-tallo se obtuvo por la división del peso de las hojas entre el peso de los tallos.



Imagen 2. *Brotes e identificación de las plantas de botón de oro*

Para la determinación de la producción de materia seca por hectárea se tomó una muestra de 300 g de hojas, tallos y planta entera y se colocó en una estufa a 60°C, por 72 horas, los resultados obtenidos de materia seca, se calculó según la producción de biomasa de cada componente.

Análisis estadístico

Los datos fueron procesados con el uso del paquete estadístico Stagraphic versión 5.0, se realizó un análisis de varianza de clasificación simple y las diferencias entre las medias se determinaron con la aplicación de la prueba de Duncan (1955)

RESULTADOS Y DISCUCIÓN

En la figura 1 se muestra el número de brotes de botón de oroa los siete días del corte de uniformidad y a los seis días de la primera aplicación del *Azotobacter* a cada parcela. Se aprecia incrementos respecto al número de brote conforme se incrementó la dosis de *Azotobacter*, por lo que hubo efecto de este bioproducto en el poder de germinación de este cultivo similar a lo indicado por Botero *et al.* (2019).

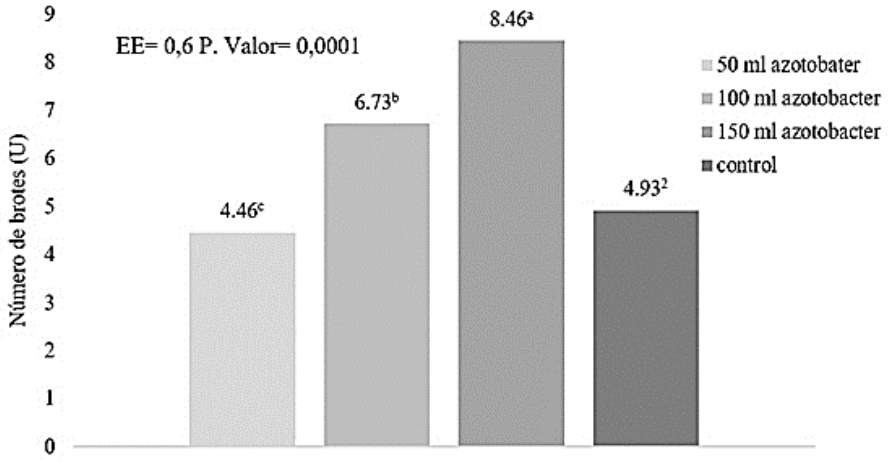


Figura 1. *Número de brotes de botón de oro con aplicación de diferentes dosis de Azotobacter a cada parcela.*

En la tabla 1 se confirma el efecto benéfico de la aplicación de azotobacter en los parámetros morfológicos del botón de oro a los 40 días de edad del corte, los resultados reflejan que la aplicación de este bioproducto tiene un efecto positivo en cuanto a los indicadores evaluados, siendo la dosis de 150 g de azotobacter por litro de agua donde se obtienen los valores más altos para todos los indicadores, estos resultados obedecen a los mecanismos que activa este bioproducto, respecto a esto (Parray*et al.,* 2016) señalan que el azotobacter ejerce efectos benéficos en las plantas a través de mecanismos directos e indirectos, o una combinación de ambos, Los mecanismos directos ocurren cuando las bacterias sintetizan metabolitos que facilitan a las plantas, o bien cuando éstas incrementan la disponibilidad de diferentes elementos nutritivos, requeridos para su metabolismo y para mejorar su proceso de nutrición (Gómez-Luna*et al.,* 2012).

Mientras que, los mecanismos indirectos se caracterizan porque las RPCV ocasionan la disminución o eliminación de microorganismos fitopatógenos, ya sea a través de la producción de sustancias antimicrobianas o de antibióticos, de enzimas líticas o una combinación de éstas; por competencia de nutrimentos o de espacio en el nicho ecológico, así como por estimulación de las defensas naturales de la planta mediante mecanismos de biocontrol; la inducción de resistencia sistémica (IRS) a un amplio espectro de organismos patógenos y la producción de sideróforos, como mecanismo para secuestrar el Fe disponible en los suelos y con esto limitar el desarrollo y la presencia de dichos fitopatógenos; producción de antibióticos y cianuros de hidrógeno que impactan sobre los fitopatógenos; hidrólisis de moléculas como el ácido fusárico generado por éstos para liberar 1-3-glucanasa, con la cual se inhibe el desarrollo de la pared fúngica de hongos como Phytiumultimum y Rhizoctoniasolani (Esquivel-Cote *et al.,* 2013).

El azotobacter tiene un amplio rango de aplicación desde semillas, riego por goteo, microaspersión o aspersión hasta aplicación foliar, se han obtenido resultados muy alentadores en casi todos los cultivos agrícolas de interés agroeconómico (González, 1995), y se ha acortado eficientemente el ciclo y el tiempo de cosecha de los mismos, incrementándose los rendimientos entre un 30 y un 50 %. (Dibut, 1993; Martínez-Viera, 2000).

Tabla 1. *Comportamiento de los parámetros morfológicos del botón de oro con aplicaciones de Azotobacter a los 40 días del cortes.*

Días después del corte de uniformidad	Tratamientos				EE	P. Valor
	I	II	III	IV		
Diámetro del tallo	3,45^{b}	3,65^{b}	4,20^{a}	3,12^{c}	0,07	0,0001
Número de hoja	33,40^{c}	36,00^{b}	42,86^{a}	31,67^{c}	0,84	0,0001
Altura de las plantas	151,4^{b}	153,2^{b}	168,2^{a}	113,67^{c}	4,38	0,0001

^{abc} *Superíndice distinto en la misma fila indica diferencias significativas a p<0,005 Duncan 0,005. T (1) 50 g de Azotobacter por litro de agua, T (2) 100 g de Azotobacter por litro de agua, T (3) 150 g de Azotobacter por litro de agua y un tratamiento control sin aplicación de Azotobacter.*

La tabla 2 proporciona información sobre el promedio de la producción de biomasa por planta a partir de los tallos, las hojas y la planta entera del botón de oro con la aplicación de diferentes dosis de *Azotobacter*. Los resultados indican que hay un efecto significativo de la aplicación de *Azotobacter* sobre la producción de biomasa a partir de los tallos y la planta entera, mientras la producción de biomasa a partir de las hojas no mostró diferencias, es evidente que el desarrollo de los tallos en esta etapa del ciclo de vida de esta planta es quien define el volumen de producción de biomasa, lo que está en relación al desarrollo de estos órganos de las plantas analizado anteriormente, donde se evidenció el efecto benéfico del empleo de azotobacter en el cultivo del botón de oro.

Tabla 2. *Promedio de producción de tallos, hojas y total de Tithonia diversifolia (Hemsl.) A. Gray con aplicación de Azotobacter.*

Indicadores	Tratamientos				EE	P. Valor
	I	II	III	IV		
Tallos, g/planta	603^{a}	653^{a}	693^{a}	405^{b}	31,40	0,0001
Hojas, g/planta	230	226	269	111	45,47	0,122
Planta entera, g/planta	833^{a}	879^{a}	963^{a}	517^{b}	58,04	0,0003

^{abc} *Superíndice distinto en la misma fila indica diferencias significativas a p<0,005 Duncan 0,005. T (1) 50 g de Azotobacter por litro de agua, T (2) 100 g de Azotobacter por litro de agua, T (3) 150 g de Azotobacter por litro de agua y un tratamiento control sin aplicación de Azotobacter.*

En la figura 2 se muestran los resultados relacionados con el rendimiento de materia seca del botón de oro, cultivado con aplicaciones de diferentes dosis de azotobacter, se obtuvo incrementos en cuanto a los rendimientos de materia seca en todas las aplicaciones respecto al tratamiento control donde no se aplicó el bioproducto, en esta variable también se refleja el efecto positivo que causa la aplicación del azotobactacter como mejorador de la fertilidad del suelo

y el rendimiento de los cultivos, esto confirma lo señalado por Adriano *et al.* (2011) los cuales refieren que cuando se aplican biofertilizantes a las semillas, a las superficies de las plantas o a los suelos, éstos colonizan la rizósfera o el interior de las plantas y favorecen su crecimiento, también promueven el desarrollo de mecanismos de defensa de las plantas y generan ambientes adversos contra organismos patógenos. Por ejemplo, *P. fluorescens* habitante natural del suelo, es predominantemente numerosa en la microflora de la rizósfera de muchas especies vegetales y son las primeras en colonizar las raíces jóvenes. Muchos de estos organismos suprimen enfermedades en las plantas, protegiendo las raíces y las semillas de la infección de los patógenos presentes en el suelo (Guerra *et al.,* 2011).

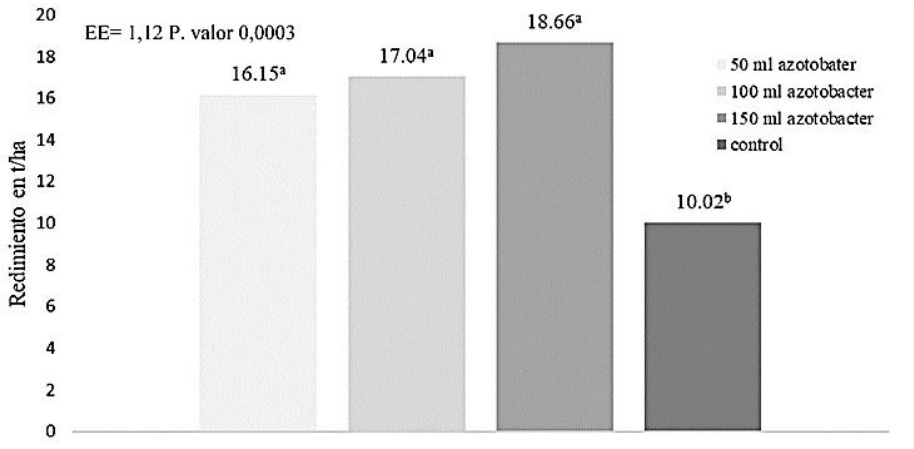


Figura 2. *Rendimiento de masa seca en t/ha de la Tithonia diversifolia (Hemsl.) A. GRAY a 45 días despues del corte con la aplicación a Azotobacter.*

Los rendimientos obtenidos en esta investigación fueron superiores a los reportados por Ramírez *et al.* (2006) que encontraron una producción de forraje de 5 t/MS/ha/corte con ocho cortes anuales para una producción de 40 t/MS/ha/año. Al igual que los reportados por Ríos y Salazar (1995), queal evaluar la producción de la especie bajo diferentes densidades de siembra y alturas de corte, obtuvieron en cinco cortes un rendimiento promedio de biomasa fresca (46-82 t/ha/año) y muy superior a los obtenidos por Sánchez *et al.* (2002), quienes reportaron producción de forraje en suelos de vega de 0,7 a 1,83 t de MS/ha/año con mayor producción en época seca.

Numerosas investigaciones demuestran la viabilidad del uso del Azotobacter en diferentes cultivos tales son los casos de Sánchez *et al.* (2020) al mostrar que la inoculación con estas bacterias (*Azotobacter*) mejoró el rendimiento de grano en un 19,2 % y 17,4 %, respectivamente, en comparación con el control sin inoculación. Asimismo, se observaron incrementos en el número de vainas por planta, el número de semillas por vaina, el peso de cien semillas y el contenido de nitrógeno en el grano obteniendo resultados similares al anterior estudio. Por su parte Gómez *et al.* (2018) Encontraron que la inoculación con estas bacterias (*Azotobacter*) aumentó el rendimiento de grano en un 18,8 % y 16,7 %, respectivamente, en comparación con el control sin inoculación. También se observaron mejoras en el contenido de nitrógeno, fósforo y potasio en el grano y la paja, así como en el índice de cosecha y la eficiencia del uso del nitrógeno.

El rendimiento de la masa seca fue de 16,3 t/ha. Por otra parte, Gómez *et al.* (2018) Encontraron que la inoculación con estas bacterias (*Azotobacter*) aumentó el rendimiento de grano en un 18,8 % y 16,7 %, respectivamente, en comparación con el control sin inoculación. El rendimiento de la masa seca fue de 11,2 t ha y Rodríguez *et al.* (2018) Reportaron que la inoculación con estas bacterias (*Azotobacter*) incrementó el rendimiento del fruto en un 21,4 % y 19,2 %, respectivamente, en comparación con el control sin inoculación. El rendimiento de la masa seca fue de 12,4 t ha.

También Pérez *et al.* (2019) Encontraron que la inoculación con estas bacterias aumentó el rendimiento de caña en un 15,3 % y 13,6 %, respectivamente, en comparación con el control sin inoculación. La masa seca de la caña se determinó por el método gravimétrico, pesando las cañas enteras después de secarlas en una estufa a 70 °C hasta peso constante. El rendimiento de la masa seca fue de 85,7 t ha.

La relación hoja tallo de la *Tithoniadiversifolia (Hemsl.) A. GRAY* a los 45 días de corte (figura 3) no mostró diferencias entre los tratamientos evaluados, con aplicaciones de *Azotobacter.*

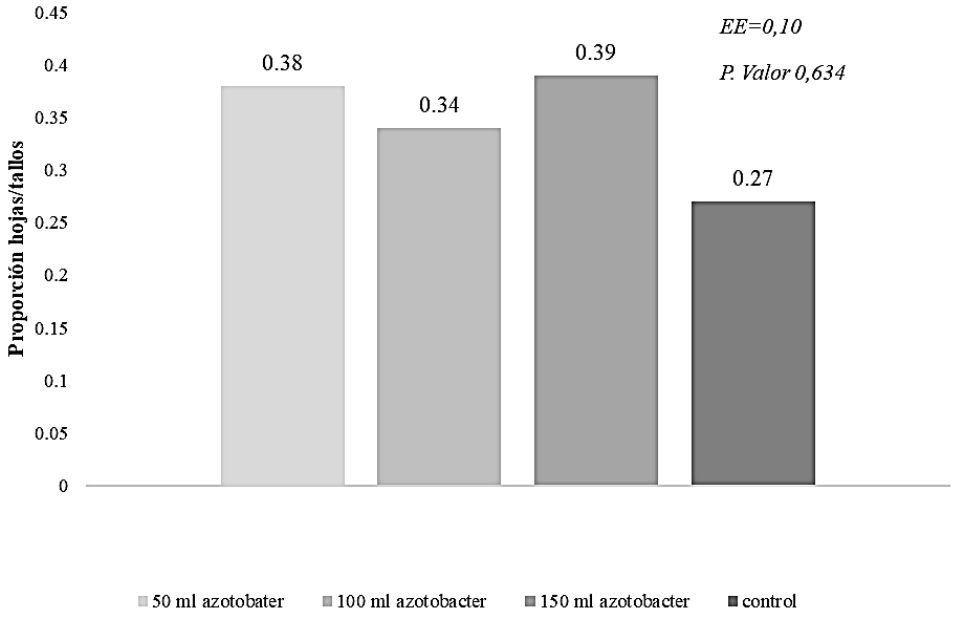


Figura 3. *Relación hoja tallo de la Tithonia diversifolia (Hemsl.) A. GRAY a los 45 días de corte, con aplicaciones de Azotobacter*

CONCLUSIONES

1. La especie *Tithoniadiversifolia (Hemsl.) A. GRAY* presenta características morfológicas que la hacen adecuada para la producción de biomasa, tales como un alto crecimiento, una buena adaptación a diferentes condiciones edafoclimáticas, una alta capacidad de rebrote y una elevada producción de materia seca.

2. La aplicación de diferentes niveles de Azotobacter influye positivamente en los rendimientos productivos y la calidad de la biomasa de *Tithoniadiversifolia (Hemsl.) A. GRAY.* El nivel óptimo de aplicación se encontró en 100 mL de Azotobacter por litro de agua, que produjo el mayor rendimiento de biomasa (96,32 t/ha).

BIBLIOGRAFÍA

Adriano, A. M. de L., Jarquín, G. R., Hernández, R. C., Salvador, F. M. y Monreal, V. C. T. (2011). Biofertilización de café orgánico en etapa de vivero en Chiapas. México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 2(3), 417-431.

Botero Londoño, J. M., Gómez Carabalí, A., & Botero Londoño, M. A. (2019). Rendimiento, parámetros agronómicos y calidad nutricional de la *Tithoniadiversifolia (Hemsl.) A. GRAY* con base en diferentes niveles de fertilización. Revista Mexicana De Ciencias Pecuarias, 10(3), 789-801. https://doi.org/10.22319/rmcp.v10i3.4667

Dibut, B. (1993). Producción de aminoácidos y citoquininas por una cepa cubana de *Azotobacterchroococcum*. Cultivos Tropicales, 16(1): 16-18.

DuncanD.B. (1955). MultipleRangeTest.Biometrics, 11,1-41.

Esquivel-Cote, R., Gavilanes-Ruiz, M., Cruz-Ortega, R. y Huante, P. (2013). Importancia agrobiotecnológica de la enzima ACC desaminasa en rizobacterias, una revisión. Revista Fitotecnia Mexicana, 36(3), 251-258.

Gomez, M; Rodriguez, L; Murgueitio, E; Rios, C; Mendez, M; Molina, C; Molina, C.H; Molina, E Y Molina, J. (2018). Árboles y arbustos forrajeros utilizados en alimentación animal como fuente proteica. Cali, Valle: CIPAV. 147p.

Gómez-Luna, B. E., Hernández-Morales, A., Herrera-Méndez, C. H., Arroyo- Figueroa, G., Vargas-Rodríguez, L. y Olalde-Portugal, V. (2012). Aislamiento de bacterias promotoras del crecimiento de la rizósfera de plantas de guayaba (Psidiumguajava). Ra Ximhai , 8(3), 97-102.

González, R. (1995). Efectividad de ocho cepas de *Azotobacter*spp. En la adaptación de vitroplantas de piña (Ananascomosus L. Merr) cv. Cayena lisa. Centro Agrícola. 3:68-75.

Guerra, G. A., Betancourth, C. A., y Salazar, C. E. (2011). Antagonismo de Pseudomonas fluorescensMigula frente a Fusarium oxysporumsp. pisiSchtdl en arveja Pisumsativum L. Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica ,14 (2), 33-42.

Martínez-Viera, (2000). Acción estimuladora de *Azotobacterchroococcum* sobre el cultivo del tomate en el suelo Ferralítico Rojo. Agrotecnia de cuba, 27(1):23-26.

Parray, J. A., Jan, S., Kamili, A. N., Qadri, R. A., Egamberdieva, D. & Ahmad, P. (2016). Current Perspectives on Plant Growth-Promoting Rhizobacteria. Journal of Plant Growth Regulation, 35(3), 877-902. doi: 10.1007/s00344-016-9583-4.

Pérez, A. Montejo, I. Iglesias, J.M. López, O. Martín G.J. García, D.E. Milián I y Hernández A. (2019). Tithoniadiversifolia (Hemsl.) A. Gray. En: Pastos y forrajes. 32 (1) de. Consultado el 12 de marzo de 2023. Disponible en: http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v32n1/pyf01109.pdf

Ramírez, U; Escobedo, J; Lara, P Y Chay, A. (2006). Productividad agronómica del arbusto forrajero Tithoniadiversifolia en Yucatán México. Resúmenes 4to Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la Producción Animal Sostenible y 3er Simposio sobre Sistemas Silvopastoriles para la Producción Ganadera Sostenible.

Ríos, C. Y Salazar, A. (1995). Botón de oro (Tithoniadiversifolia (Hemsl.) Gray) una fuente proteica alternativa para el trópico. En: LivestockResearchFor Rural. Development 6 (3). Consultado el 7 de marzo de 2023. Disponible en: http://lrrd.cipav.org.co/lrrd6/3/9.htm.

Sánchez, V; Bueno, G Y Pérez, R. (2002). Evaluación agronómica de especies nativas con potencial forrajero en el departamento del Guaviare. Boletín técnico número 40. En línea consultado el 13 de junio de 2023 disponible en: http://www.corpoica.org.co/SitioWeb/Archivos/Publicaciones/Evaluación agronómica de especies nativas con potencial forrajero en el departamento del Guaviare.pdf



PAS-07. Modificación del procedimiento de conformación del banco de trabajo de lactobacilos y levadura para la producción del aditivo zootécnico ME Adizoot-1®

Modification of the procedure for the establishment the lactobacilli and yeast working bank for the production of the zootechnical additive ME Adizoot-1®

N González Ibarra[*]*; Y Marrero Rodríguez; C. I Suárez Calzada; A. M Bada Barro; R. E. Hernández González; Y Cotilla Rodríguez*

Centro Nacional para la producción de Animales de Laboratorio (CENPALAB) Dirección: Calle 3ra, No 40759 e/ 6ta y Carretera a Tirabeque, Reparto La Unión, Boyeros, La Habana. Cuba.

[*]Correspondencia a: niurca.gonzalez@cenpalab.cu

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue modificar el procedimiento que se emplea para la conformación de los bancos de trabajo de lactobacilos y levaduras en el proceso de obtención del aditivo zootécnico a base de microorganismos eficientes ME Adizoot-1®. Se trabajó con cepas puras de lactobacilos y levadura que componen el producto y forman parte de la colección de microorganismos del CENPALAB. La modificación al procedimiento consistió en eliminar la fermentación para la multiplicación de los microorganismos y en su lugar realizar la siembra en placas, reduciéndose los pasos de centrifugación para obtener la biomasa microbiana. Se logró conformar el banco de trabajo de lactobacilos y levadura con la calidad requerida y en menor tiempo. Los inóculos producidos con el empleo de este banco cumplieron con las especificaciones de calidad. Se concluye que es posible modificar el procedimiento para la conformación del banco de trabajo de lactobacilos y levadura sin afectar la calidad del inóculo y garantizar el éxito del proceso productivo del ME Adizoot-1®.

Palabras clave: *aditivo microbiano, microorganismos eficientes, alimentación porcina*

ABSTRACT

The objective of this work was to modify the procedure used to create lactobacilli and yeast working banks in the process of obtaining the zootechnical additive based on efficient microorganisms ME Adizoot-1®. We worked with pure strains of lactobacilli and yeast that are part of the product and the CENPALAB microorganism collection. The modification to the procedure consisted of eliminating fermentation for the multiplication of microorganisms and instead performing plate culture, reducing the centrifugation steps to obtain microbial biomass. The lactobacilli and yeast working bank was established with the required quality and in less time. The inocula produced using this bank met quality specifications. It is concluded that it is possible to modify the procedure for the formation of the lactobacilli and yeast working bank without affecting the quality of the inoculum and guaranteeing the success of the ME Adizoot-1® production process

Keywords: *microbial additive, efficient microorganisms, pig feed*

INTRODUCCIÓN

Muchos productos destinados a la alimentación animal son resultado de la tecnología de los microorganismos eficientes (ME), descubierta por el profesor Teuro Higa (Higa y Parr, 1994), adaptada y aplicada en diferentes países. Numerosas definiciones coinciden en que los ME son un cultivo tecnológico que agrupa distintas especies de microorganismos beneficiosos aeróbicos y anaeróbicos facultativos. Estos microorganismos han demostrado su efecto beneficioso en la salud, respuesta inmunológica e incrementos en los resultados zootécnicos (Elías y Herrera, 2008; Rodríguez et al. 2015 y Barretos et al. 2015, Quintero Rincón, 2021, Valdéz *et al.*, 2022, Henao *et al.*, 2023).

El Centro Nacional para la Producción de Animales de Laboratorio (CENPALAB) cuenta con un producto, a base de ME, clasificado como aditivo zootécnico (ME Adizoot-1®) registrado para la alimentación porcina con resultados positivos en la salud y productividad de las diferentes categorías. Este producto contiene una mezcla de microorganismos entre los que se encuentran cepas puras de lactobacilos, levaduras y hongos filamentosos que forman parte de la Colección de Cultivos Microbianos del CENPALAB.

La producción del ME Adizoot-1® consta de varias fases. Una de ellas es la preparación del inóculo, que transita por un primer inóculo en Erlenmeyer de 5L y un segundo inóculo en tanques plásticos de 22.5L. La calidad del inóculo influye en el éxito del proceso productivo y por ende en la obtención del producto final. Uno de los elementos a tener en cuenta en el desarrollo del inóculo es la conformación de bancos de trabajo de los microorganismos que componen el producto y que cumplan con los ensayos regulados en las especificaciones de calidad.

El procedimiento que se emplea en el proceso de obtención del ME Adizoot-1® para la conformación del banco de trabajo de lactobacilos y levadura consume mucho tiempo y conlleva mucha manipulación, lo que afecta la viabilidad y propicia la contaminación con otros microorganismos no deseados. Lo anterior justifica que se realicen modificaciones al mismo.

El objetivo del presente trabajo fue modificar el procedimiento de conformación del banco de trabajo de lactobacilos y levadura para la producción del aditivo zootécnico ME Adizoot-1®.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se ejecutó en el Laboratorío de Microbiología de la Dirección de Biotecnología del CENPALAB.

Se partió de cepas puras de lactobacilos (Cepa 10, 15, 17 y 18), levadura (cepa 9) que forman parte de la Colección de Cultivos Microbianos del Centro Nacional para la Producción de Animales de Laboratorio (CCM-CENPALAB) registrada en la Federación Latinoamericana de Colecciones de cultivo (FELACC). Dichas cepas son parte de la composición del ME Adizoot-1®.

Procedimiento

- Siembra de lactobacilos y levaduras. Conformación del banco de trabajo

Las cepas de microorganismos se sembraron, por agotamiento, en placas Petri con Medio MRS para los lactobacilos y medio YPG con antibiótico para las levaduras. Se sembraron cinco placas por cepa para los lactobacilos y diez para la levadura para garantizar mayor concentración de estos microorganismos. Se incubaron a 32ºC por 72h. En un gabinete de seguridad, se lavaron las placas con agua destilada estéril para recolectar las colonias con la ayuda de un asa estéril y resuspenderlas. Se centrifugaron a 1500 rpm por 10 min. En un gabinete de seguridad, se recolectó el sobrenadante en un frasco de cristal estéril mediante filtración a través de gasa estéril. Se centrifugó a 10000 rpm por 10 min. Se trasladaron los tubos de centrífuga al gabinete de seguridad y se eliminó el sobrenadante. Se resuspendió el pellet en solución salina 0.85% estéril. Se adicionó leche descremada y glicerol al 10%. Se distribuyó en criotubos. Se tomó un criotubo y se envió a la Dirección de calidad para realizar los ensayos que regula las especificaciones de calidad (Concentración microbiana, características organolépticas y ausencia de patógenos). El resto de los criotubos se conservaron a -20ºC.

- Preparación de inóculos

Con este banco de trabajo de lactobacilos y levadura se prepararon tres lotes de inóculo (25001, 25002 y 25003) para verificar que no se afectaran las especificaciones de calidad del inóculo. Para cada lote, se preparó un primer inóculo en Erlenmeyer de 5L que contenían en su formulación melaza, suero de leche, agua y el contenido de criotubos del banco de trabajo de lactobacilos, levadura y hongos filamentosos. Se dejó fermentar durante siete días hasta que el pH fue menor que 4. Se preparó un segundo inóculo en tanque plástico que contenía también melaza, suero de leche, agua y el contenido del Erlenmeyer de 5L. También se dejó fermentar durante siete días hasta que el pH fue inferior a 4. Se tomaron muestras del inóculo en Erlenmeyer de 5L y tanque de 22.5L y se enviaron a la Dirección de calidad para determinar si se cumplía con las especificaciones de calidad (concentración de lactobacilos, levaduras, pH, características organolépticas y ausencia de patógenos).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

- Siembra de lactobacilos y levaduras. Conformación del banco de trabajo

Las figuras 1 y 2 muestran el crecimiento de los lactobacilos y levadura en los medios selectivos, respectivamente. Hubo abundante crecimiento en todas las placas, lo que permitió disponer de mayor cantidad de colonias para conformar el banco de trabajo de estos microorganismos.

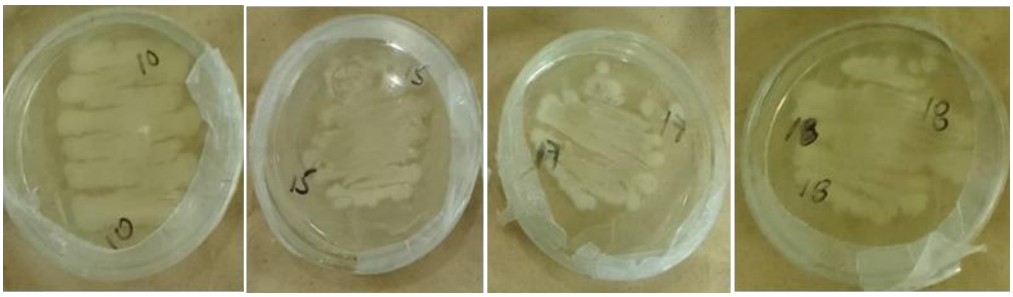


Figura 1: *Crecimiento de cepas de lactobacilos en medio Agar MRS*



Figura 2: *Crecimiento de cepa de levadura en medio YPG con antibiótico*

El procedimiento que está descrito en el proceso de producción de ME Adizoot-1® para la conformación del banco de trabajo de lactobacilos y levadura (POT 16.20.058), conlleva la realización de un proceso fermentativo de siete días (similar al que se desarrolla para la obtención de inóculo) para la multiplicación de los microorganismos. Además lleva varios pasos de lavado y centrifugación para obtener la biomasa microbiana. Esto propicia la contaminación de la muestra por la excesiva manipulación y afecta la viabilidad microbiana. La modificación que se propone al procedimiento no requiere de un proceso fermentativo para la multiplicación de los microorganismos, por lo que se disminuye el tiempo para disponer del banco de trabajo. Reduce considerablemente la manipulación de la muestra ya que se eliminan los pasos de lavado y disminuyen las centrifugaciones, evita la contaminación con microorganismos no deseados y garantiza la viabilidad microbiana. En la tabla 1 se observa que el banco de trabajo de lactobacilos y levadura cumplió con las especificaciones de calidad, esto permitió determinar su efectividad en la obtención de inóculo para la producción de ME Adizoot-1®.

Tabla 1. *Ensayos realizados al banco de trabajo de lactobacilos y levadura*

Ensayo	Banco de trabajo de lactobacilos y levadura	Especificaciones de calidad
Apariencia	Líquido	Líquido
Color	Blanco cremoso	Blanco cremoso
Olor	Leche descremada	Leche descremada
Conteo de lactobacilos (UFC/mL)	6×10^6	$10^4 – 10^8$
Conteo de levaduras (UFC/mL)	3×10^6	$10^4 – 10^8$
Staphylococcus aureus	No presencia	No presencia
Salmonella sp	No presencia	No presencia
Pseudomonas aeruginosa	No presencia	No presencia
E. coli	No presencia	No presencia

UFC: Unidades formadoras de colonia

- Preparación de inóculos

Los tres inóculos que se prepararon con el banco de trabajo de lactobacilos y levadura, conformado con la modificación del procedimiento, cumplieron con las especificaciones de calidad, tanto para el Erlenmeyer de 5L (tabla2), como para el tanque de 22.5L (tabla 3). Las concentraciones de los microorganismos que componen el ME Adizoot 1® (lactobacilos, levaduras y hongos filamentosos) superaron las 10^2 UFC/mL en Erlenmeyer de 5L, esto junto con el pH y las características organolépticas, permitió pasar a la preparación del inóculo en tanques de 22.5L donde también se obtuvieron con los límites de aceptación requeridos. Esto permite disponer de un inóculo de calidad para ejecutar las otras fases del proceso de producción del aditivo zootécnico.

Tabla 2. *Ensayos realizados a los inóculos en Erlenmeyer de 5L*

Ensayo	Lote de inóculo			Especificaciones de calidad
	25001	25002	25003	
Color	Carmelita	Carmelita	Carmelita	Carmelita
Olor	Avinado dulce	Avinado dulce	Avinado dulce	Avinado dulce
pH	3.82	3.75	3.84	<4
Conteo de lactobacilos (UFC/mL)	1.5×10^5	1.2×10^5	3×10^6	$\geq 10^2$
Conteo de levaduras (UFC/mL)	3×10^6	3×10^6	3×10^5	$\geq 10^2$
Conteo de hongos filamentosos (UFC/mL)	6×10^4	4×10^4	1×10^4	$\geq 10^2$
Staphylococcus aureus	No presencia	No presencia	No presencia	No presencia
Salmonella sp	No presencia	No presencia	No presencia	No presencia
Pseudomonas aeruginosa	No presencia	No presencia	No presencia	No presencia
E. coli	No presencia	No presencia	No presencia	No presencia

UFC: Unidades formadoras de colonia

Tabla 3. *Ensayos realizados a los inóculos en tanques plásticos de 22.5L*

Ensayo	Lote de inóculo			Especificaciones de calidad
	25001	25002	25003	
Color	Carmelita	Carmelita	Carmelita	Carmelita
Olor	Avinado dulce	Avinado dulce	Avinado dulce	Avinado dulce
pH	3.6	3.6	3.82	<4
Conteo de lactobacilos (UFC/mL)	2.8×10^5	3.6×10^5	2.5×10^5	$\geq 10^4$
Conteo de levaduras (UFC/mL)	3×10^4	4×10^4	1.6×10^6	$\geq 10^4$
Conteo de hongos filamentosos (UFC/mL)	1×10^4	1×10^4	1×10^4	$\geq 10^4$
Staphylococcus aureus	No presencia	No presencia	No presencia	No presencia
Salmonella sp	No presencia	No presencia	No presencia	No presencia
Pseudomonas aeruginosa	No presencia	No presencia	No presencia	No presencia
E. coli	No presencia	No presencia	No presencia	No presencia

UFC: Unidades formadoras de colonia



CONCLUSIONES

Los resultados anteriores demuestran que es posible emplear el banco de trabajo de lactobacilos y levadura conformado a partir de la modificación del procedimiento POT 16.20.058 y garantizar el éxito del proceso productivo del ME Adizoot-1®.

Bibliografía

Barreto, G., Rodríguez, H., Bertot, J.A., Delgado, R. 2015. "Microorganismos autóctonos multipropósitos (MAM) para el control y prevención de la colibacilosis neonatal porcina". Revista de Producción Animal, 27(2): 16-19, ISSN: 2224-7920.

Elías, A., Herrera, F. 2008. Producción de alimentos para animales a través de procesos biotecnológicos sencillos con el empleode microorganismos beneficiosos activados (MEBA). Vitafer. First version. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba.

Henao, I., Borrás, L., Rodríguez, C. 2023. Evaluación de tres activadores ruminales sólidos (SAR) adicionados con un preparado microbiano. Revista de Investigación Agraria y Ambiental, 14(1), 159 - 176. https://doi.org/10.22490/21456453.5581.

Quintero, L.O. 2021. Efecto del uso de diferentes niveles de microorganismos eficientes sobre los parámetros productivos de cerdos en pre levante, Universidad de Pamplona. Repositorio Hulago Universidad de Pamplona, p. 59. http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/bitstream/20.500.12744/7446/1/Quintero_2021_TG.pdf

Rodríguez, M., Milián, G., Rondón, A.J., Bocourt, R., Beruvidez, A., Crespo, E. 2015. Evaluation of a probiotic mixture in the started birds feeding of heavy pure breeds B4 in a production unit. Cuban Journal of Agricultural Science. 49(4): 497-502.

Valdés, A., Álvarez, V., García , Y., Salgado, P., Rodríguez, Y., Pérez, E. 2022. Efecto de un biopreparado de microorganismos eficientes en indica dores bioproductivos y hematológicos de crías porcinas. Revista de Producción Animal, 34 (1). https://revistas.reduc.edu.cu/index.php/rpa/article/view/e4118

PAS-08. Actividad in vitro de un aditivo probiótico seco con Lactobacillus pentosus LB-31 para la producción animal

In vitro activity of a dry probiotic additive with *Lactobacillus pentosus* LB-31 for animal production

N. Albelo Dorta[1]; Y. García Hernández[1]; D. Sosa Cossio[1]; L. Pérez Ortega[1]; I. Fiallo Pérez[1]; D. Herrera Varela[1]; D. Sanabria Rodríguez[1]; J. C. Dustet Mendoza[2]*

[1]Instituto de Ciencia Animal (ICA). Carretera Central km 47 ½ San José de las Lajas, C.P. 32700, Apartado Postal 24, Mayabeque, Cuba.

[2]Universidad Tecnológica de La Habana "José Antonio Echeverría" (CUJAE), Facultad de Ingeniería Química. Ave. 114, No. 11901, entre Ciclovía y Rotonda, Marianao, La Habana, Cuba.

[*]Correspondencia a: nereydaalbelo@gmail.com

RESUMEN

The objective of the work was to evaluate the in vitro activity of a dry probiotic additive with Lactobacillus pentosus LB-31 for animal production. For this, an experimental sequence was followed that included the activation and propagation of the lactic bacteria, and a spray-drying process at an inlet temperature of 120 ºC and a feed flow of 12.50 mL/min. With the dry additive, in vitro tests to demonstrate the viability and functionality of the strain LB-31 were conducted. In this case, the growth capacity, decrease in the medium pH, tolerance to acidic pH (pH 2.5) and to the presence of bile salts (0.3%), and hydrophobicity of the cell surface were determined. The results showed that the dry probiotic additive with L. pentosus LB-31 maintains its growth capacity, decreases the pH of the culture medium to values below 4.0 with 100% tolerance to acidic pH, although it is unable to grow in a medium supplemented with bile salts at 0.3%. In addition, it maintains the ability to adhere to the intestinal epithelium (hydrophobicity of 86.84%) to subsequently exert its action. Therefore, the in vitro activity of the dry probiotic additive with L. pentosus LB-31 allows for its use as a food additive in order to enhance animal health and obtain higher quality and safety products.

Palabras clave: *aditivo microbiano, bacteria ácido láctica, salud intestinal, alimetación animal*

Keywords: *microbial additive, lactic acid bacteria, intestinal health, animal feed*

INTRODUCCIÓN

En los últimos años el empleo de probióticos en la alimentación animal resulta de gran interés como estrategia para incrementar la salud del huésped y la obtención de productos de origen animal de mayor calidad e inocuidad. Sin embargo, para la obtención de estos aditivos se deben diseñar tecnologías que garanticen su desarrollo y eficacia. Al respecto, numerosas investigaciones coinciden en que el principal problema radica en mantener la viabilidad celular durante los procesos de manufactura, almacenamiento y el tránsito por el tracto gastrointestinal (Granato et al., 2020). De ahí que, en ocasiones, se emplee el secado para aumentar la supervivencia de las células microbianas y su estabilidad y funcionalidad como probiótico. Adicionalmente, el empleo de un aditivo seco reduciría los riesgos de contaminación, facilitando el almacenamiento y la trasportación. Asimismo, contar con un aditivo seco facilitaría el mezclado de estos productos con los piensos para animales y de esta forma el manejo en los sistemas productivos.

Uno de los métodos más utilizados para la producción de probióticos es el secado por atomización (Fonseca et al., 2015; Broeckx et al., 2016). Este tiene mayor aplicación ya que ofrece posibilidades de procesos continuos con períodos de tiempo relativamente cortos (Wang et al., 2020; Luangthongkam et al., 2021). No obstante, puede causar estrés a las cepas probióticas y con ello la pérdida de su viabilidad durante y después del secado debido a la influencia de varios factores como el estrés mecánico y térmico, la presión osmótica, la exposición al oxígeno y la eliminación de agua (Iaconelli et al., 2015; Broeckx et al., 2017). Por ende, se reduce o inhibe la actividad probiótica.

Al tener en cuenta los aspectos anteriores, un grupo de investigación del Instituto de Ciencia Animal (Mayabeque, Cuba), como resultado de la ejecución de varios proyectos nacionales e internacionales, aislaron e identificaron microorganismos con potencialidades de uso como aditivos probióticos (García et al., 2016). Una de estas cepas fue *Lactobacillus pentosus* LB-31, que demostró sus potencialidades probióticas en ensayos *in vitro* e *in vivo*. En estudios recientes, se definió el proceso de obtención del probiótico líquido con *L. pentosus* LB-31 para su futura producción a escala industrial (Sosa, 2021). Además, se evaluaron condiciones de secado, como parte del proceso *downstream* que permitan obtener un producto más estable (Pérez, 2023). Sin embargo, aún es necesario comprobar que el proceso de secado no afectó la funcionalidad de la bacteria láctica. De ahí que el objetivo general del presente estudio fue evaluar la actividad *in vitro* de un aditivo probiótico seco con *Lactobacillus pentosus* LB-31 destinado a la producción animal.

MATERIALES Y MÉTODOS

Activación del microorganismo y preparación del inóculo. Se utilizó la cepa *Lactobacillus pentosus* LB-31 identificada por García et al. (2016) y depositada en el GenBank con número de acceso: FR717464. La cepa, conservada por congelación a -80 ºC, se activó mediante dos subcultivos en erlenmeyers con 50 mL de caldo MRS (Oxoid, UK) a 37 ºC, en condiciones estáticas y 18-24 h de incubación. El inóculo se obtuvo en iguales condiciones y teniendo en cuenta las cantidades necesarias para el proceso de fermentación.

Etapa de fermentación. Se utilizaron erlenmeyers de 1 000 mL de capacidad con 600 mL de volumen efectivo del medio M4 (Sosa-Cossio et al., 2025). Este medio se inoculó al 10 % (v/v) con la cepa activa y se incubó a 37 ºC y sin agitación. Se tomaron muestras al inicio y final de la fermentación (24 h) para realizar diluciones seriadas y siembras del cultivo en placas Petri con agar Rogosa, las que se incubaron de 24-48 h para determinar crecimiento microbiano a través del conteo visual de las colonias (ufc/mL).

Proceso de secado. Una vez obtenido el aditivo probiótico líquido con *L. pentosus* LB-31, este se centrifugó a 4 000 rpm por 10 min y la biomasa se resuspendió y concentró 3X en 200 mL de solución salina 0.85 % (p/v). Se realizaron corridas en un secador atomizador LabPlant (UK) a una temperatura de entrada 120 ºC y flujo de alimentación de 12.50 mL/min. Al producto seco se le determinó la concentración de células viables en un grado de polvo (ufc/g).

Pruebas *in vitro* para demostrar la funcionalidad de LB-31 después del secado. El aditivo seco se resuspendió (1/10, p/v) en solución salina al 0.85 % para determinar la capacidad de crecimiento de LB-31 y la disminución del pH del medio. La suspensión se inoculó al 10 % (p/v) en erlenmeyers con 45 mL de caldo MRS, que se incubaron por 24 h en condiciones estáticas y 37 °C. Se tomaron muestras a las 0 y 24 h de incubación para determinar el pH del cultivo y la concentración de células viables (ufc/g). Se calculó el ΔpH según la ecuación 1:

$$\Delta pH = pH_{Caldo\ MRS} - pH_{Cultivo\ de\ 20\ h} \qquad \text{(ecuación 1)}$$

La tolerancia de la bacteria a pH ácidos se determinó por el procedimiento descrito por Prasad et al. (1998) con las siguientes modificaciones. El polvo se resuspendió a razón de 1/10 (p/v) en solución tamponada de fosfato (PBS, 10 mM fosfato) previamente ajustadas a pH 7.4 y pH 2.5 con NaOH 1M y HCl concentrado, respectivamente. Las soluciones se incubaron a 37 ºC por 3 h y posteriormente, se centrifugaron, lavaron y resuspendieron con solución salina. A estas muestras se les realizó diluciones seriadas y se sembraron en placas Petri con agar Rogosa (Oxoid, UK) para conteo visual de colonias (ufc/mL).

Por otra parte, la tolerancia a sales biliares se determinó por la metodología de Walker y Gillilland (1993) con modificaciones. Para esto se utilizó el polvo resuspendido en solución salina al 0.85 % y se comprobó su concentración (ufc/mL). La suspensión se inoculó en placas Petri con agar MRS suplementado con 0.3 % (p/v) de sales biliares (Ox-Gall, Oxoid). El porcentaje de supervivencia (S) se calculó por la ecuación 2:

$$\% S = [\text{concentración}_{MRS+\ Sales}/\text{concentración}_{MRS}] \times 100 \qquad \text{(ecuación 2)}$$

donde: concentración $_{MRS + Sales}$: es las ufc/mL del cultivo en el medio MRS con la adición de sales biliares y concentración $_{MRS}$: las ufc/mL del cultivo en el medio MRS.

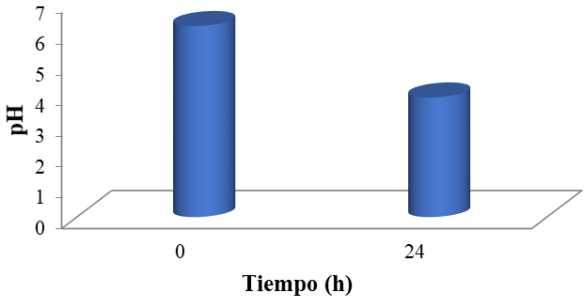
Por último, la hidrofobicidad se determinó como la habilidad de los microorganismos de adherirse a los hidrocarburos (MATS: Microbial adhesión to solvents), según la metodología de Vinderola y Reinheimer (2003) pero en este caso se utilizó el tolueno como solvente. Para esto el polvo se resuspendió en PBS (pH 7,4) y se ajustó la densidad óptica de la suspensión (560 nm) a 1,0 (Ab0). De esta se tomó 1 mL, se le añadirán 0,2 mL del tolueno (Lab-Scan, Dublin, Ireland) y se mezclaron por 2 min. Después de 1 h de incubación a 37 ºC, para facilitar la separación de las fases, se retiró la fase acuosa y se determinó nuevamente su densidad óptica a 560 nm (Ab1). La prueba se realizó por triplicado y el porcentaje de MATS se calculó por:

$$\% MATS = (Ab0 - Ab1)/ Ab0 \times 100 \qquad \text{(ecuación 3)}$$

Análisis estadístico**.** Los datos experimentales se procesaron con el paquete estadístico Infostat versión 1.0 (Di Rienzo et al., 2012). En los casos necesarios, se utilizó la dócima de Duncan (1955) y LSD Fisher (1958) para discriminar diferencias entre medias a $p<0.05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

n la figura 1 se muestra el comportamiento del pH cuando se cultiva la bacteria en caldo MRS después del secado por atomización. Se observa que, a pesar del estrés al que se enfrenta durante este proceso, LB-31 fue capaz de reducir el pH del medio MRS (pH=6.2) a valores por debajo de 4.0 para un ΔpH de 2.3 unidades. Resultados que coinciden con los estudios de García et al. (2016) cuando demostraron las potencialidades del cultivo líquido de esta cepa como probiótico para la producción animal.



Medias difieren a p<0.05 según LSD Fisher (1958)

Figura 1. *pH del cultivo de L. pentosus LB-31 en caldo MRS a 37 ºC (EE±0.03; p<0.001) posterior al proceso de secado por atomización*

Por otra parte, se obtuvieron concentraciones de LB-31 de $1.18x10^9$ ufc/g, por lo que se puede plantear que la cepa mantiene su capacidad de crecimiento después del proceso de secado por atomización. Este resultado está en correspondencia con estudios previos de la bacteria y es una concentración adecuada para que se pueda utilizar en la alimentación animal según señalaron la FAO/WHO (2002).

Las concentraciones del aditivo seco con LB-31 después de estar expuesto por tres horas a soluciones salinas con pH neutro y ácido se muestran en la tabla 1. Se encontró que, en ambas condiciones, la concentración de la bacteria se redujo en dos unidades exponenciales respecto a la inicial. No obstante, la bacteria se mantuvo viable con 10^7 ufc/mL, lo que representa un 100 % de tolerancia al pH ácido en estudio. Este resultado indica que el proceso de secado por atomización no afectó negativamente la capacidad del microorganismo de sobrevivir en un ambiente ácido y que al ser suministrado e ingerido podrá enfrentarse a las condiciones estresantes del tracto digestivo de los animales.

Tabla 1. *Concentración del aditivo con L. pentosus LB-31 posterior a 3 h de exposición en soluciones con pH neutro (7.4) y pH ácido (2.5)*

Condición	log ufc/mL (ufc/mL)	±EE p-valor
Concentración inicial	8.94^a ($1.01x10^9$)	
pH 7.4	7.32^b ($1.93x10^7$)	0.08 <0.0001
pH 2.5	7.57^b ($3.71x10^7$)	

^{a,b} *Medias con letras distintas difieren a p<0.05 (Duncan 1955)*

Contrario al efecto descrito con anterioridad, la bacteria láctica no creció en el medio suplementado con 0.3 % de sales biliares, indicando que no tolera esta condición que simularía su capacidad de desconjugar sales biliares y supervivencia en el tracto gastrointestinal. Quizás el proceso de secado por atomización influyó en la reducción o pérdida de esta capacidad, comparada a la descrita por García et al. (2016) para el aditivo líquido. Por tanto, se considera que es recomendable corroborar este resultado con la ampliación del ensayo, donde se evalúen diferentes concentraciones de sales biliares o se utilice otro procedimiento.

Respecto a la hidrofobicidad de la superficie celular, se obtuvo 86.84 % (DE±2,47) de porcentaje de la habilidad del microorganismo de adherirse al hidrocarburo. Este resultado indica que el proceso de secado por atomización no afectó que *L. pentosus* LB-31 posea potencialidades para adherirse a las células del epitelio intestinal, característica que también fue descrita por García et al. (2016) para el aditivo líquido con LB-31.

CONCLUSIONES

El aditivo probiótico con *L. pentosus* LB-31 después del secado por atomización mantiene su capacidad de acidificar el medio de cultivo y de adherirse al epitelio intestinal, tolera pH ácidos (pH 2.5) y no es capaz de crecer en un medio de cultivo suplementado con sales biliares al 0.3%.

La actividad *in vitro* del aditivo probiótico seco con *L. pentosus* LB-31 posibilita su uso como aditivo alimentario para animales.

BIBLIOGRAFÍA

Broeckx, G., Vandenheuvel, D., Claes, I.J., Lebeer, S., Kiekens, F. 2016. Drying techniques of probiotic bacteria as an important step towards the development of novel pharmabiotics. International journal of pharmaceutics. 505(1-2):303-18.

Broeckx, G., Vandenheuvel, D., Henkens, T., Kiekens, S., van den Broek, M. F. L., Lebeer, S., Kiekens, F. 2017. Enhancing the viability of *Lactobacillus rhamnosus* GG after spray drying and during storage. International Journal of Pharmaceutics, 534(1-2), 35-41. Disponible: https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2017.09.075

Di Rienzo, J. A., Macchiavelli, R. E., Casanoves, F. 2012. Modelos lineales mixtos. Aplicaciones en InfoStat. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Disponible: http://www.infostat.com.ar.

Duncan, D.E. 1955. Multiple range and multiple F. test. Biometrics. 11: 1.

FAO/WHO (Food and Agriculture Organization of the United Nations/World Health Organization). 2002. Guidelines for the evaluation of probiotics in food. Report of a joint FAO/WHO working group on drafting guidelines for the evaluation of probiotics in food. April 30 and May 1. London Ontario, Canada (Fecha de consulta: 25 de octubre de 2016). Disponible: http://www.who.int/foodsafety/fs_management/en/probiotic_guidelines.pdf

Fisher, R. A., Yates, F. 1958. Statistical tables for biologial, agricultural and medical research. 5th Edition. Edinburgh and London. Oliver and Boyd. 138 p.

Fonseca, F., Cenard, S. Passot, S. 2015. Freeze-Drying of Lactic Acid Bacteria. En: Willem F. Wolkers and HarriëtteOldenhof (eds.), Cryopreservation and Freeze-Drying Protocols, Methods in Molecular Biology. vol. 1257, Springer Science+Business Media New York. https://doi/10.1007/978-1-4939-2193-5_24

García, Y., Pérez, T., Boucourt, R., Balcázar, J.L., Nicoli, J.R., Moreira, J., Rodríguez Z., Fuertes H., Nuñez O., Albelo N., Halaihel, N. 2016. Isolation, characterization and evaluation of probiotic lactic acid bacteria for potential use in animal production. Research in Veterinary Science. 108: 125-132. http://dx.doi.org/10.1016/j.rvsc.2016.08.009

Granato, D., Barba, F. J., Kovačević, D. B., Lorenzo, J. M., Cruz, A. G., Putnik, P. 2020. Functional Foods: Product Development, Technological Trends, Efficacy Testing, and Safety. Annual Review of Food Science and Technology, 11, 93-118. Available: https://doi.org/10.1146/annurev-food-032519-051708

Iaconelli, C., Lemetais, G., Kechaou, N., Chain, F., Bermúdez-Humarán, L. G., Langella, P., Gervais, P. Beney, L. 2015. Drying process strongly affects probiotics viability and functionalities. Journal of Biotechnology, 214, 17-26. Disponible: https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2015.08.022

Luangthongkam, P., Blinco, J. A., Dart, P., Callaghan, M., Speight, R. 2021. Comparison of spray-drying and freeze-drying for inoculum production of the probiotic *Bacillus amyloliquefaciens* strain H57. Food and Bioproducts Processing, 130, 121-131. Disponible: https://doi.org/10.1016/j.fbp.2021.09.01

Pérez, L. 2023. Secado por atomización de un cultivo de *Lactobacillus pentosus* LB-31. Trabajo de presentado en opción al título académico de Ingeniero Químico. Universidad Tecnológica de la Habana José A. Echeverría, La Habana, Cuba.

Prasad, J., Gill, H., Smart, J., Gopal, P. K. 1998. Selection and characterisation of *Lactobacillus* and *Bifidobacterium* strains for use as probiotics. International of Dairy Journal, 8, 993-1002

Sosa-Cossio, D., García-Hernández, Y., Dustet-Mendoza, J. C., Alberto-Vázquez, M., Albelo-Dorta, N., Ortega de la Paz, D. 2025. Diseño de medios de cultivo para el crecimiento de *Lactobacillus pentosus* LB-31 como probiótico para la producción animal. Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica, 28(1). Disponible: https://doi.org/10.31910/rudca.v28.n1.2025.2644

Sosa, D. 2021. Proceso para la obtención de un probiótico con *Lactobacillus pentosus* LB-31 destinado a la producción animal. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas, Mayabeque, Cuba.

Vinderola, C. G., Reinheimer, J. A. 2003. Lactic acid starter and probiotic bacteria: a comparative in vitro study of probiotic characteristics and biological barrier resistance. Food Research of International, 36, 895-904

Walker, D. K., Gillilland, S. E. 1993. Relationships among bile tolerance, bile salt deconjugation and assimilation of cholesterol by *Lactobacillus acidophilus*. Journal of Dairy Science, 76, 956-961

Wang, Y., Hao, F., Lu, W., Suo, X., Bellenger, E., Fu, N., Jeantet, R., Chen, X. D. 2020. Enhanced thermal stability of lactic acid bacteria during spray drying by intracellular accumulation of calcium. Journal of Food Engineering, 279, 109975. Disponible: https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2020.109975

PAS-09. Evaluación de criterios para el proceso de escalado de un aditivo zootécnico con Pichia guilliermondii LEVICA-27

Evaluation of criteria for the scale-up process of a zootechnical additive with *Pichia guilliermondii* LEVICA-27

Y. García Hernández[1]; D. Sosa Cossio[1]; I. Fiallo Pérez[1]; L. Pérez Ortega[1]; D. Herrera Varela[1]; N. Albelo Dorta[1]; J. C. Dustet Mendoza[2]*

[1]Instituto de Ciencia Animal (ICA). Carretera Central km 47 ½ San José de las Lajas, C.P. 32700, Apartado Postal 24, Mayabeque, Cuba.

[2]Universidad Tecnológica de La Habana "José Antonio Echeverría" (CUJAE), Facultad de Ingeniería Química. Ave. 114, No. 11901, entre Ciclovía y Rotonda, Marianao, La Habana, Cuba.

[*]Correspondencia a: yaneisyg@gmail.com

ABSTRACT

Pichia guilliermondii LEVICA-27 is a yeast with potential to be used as a zootechnical additive. Currently, work is being done on designing its production process at larger scales. Therefore, the objective of this work was to evaluate scaling criteria that would allow for its production. To achieve this, three criteria were studied to scale the process to 30 and 210 L of effective volume (42 and 300 L of total volume): power/unit volume (P/V) and aeration number (Na) constants; speed at the tip of the impeller (nd) and superficial speed (vs) constant, and volumetric mass transfer coefficient (kla) and vvm constants. The results showed that the criterion of constant kla and vvm offered the lowest power consumption values since the agitation speed is the lowest. This could have a negative effect on the mixing process, in addition to reaching lower speeds at larger scales that are not technically feasible. Considering the above reasons, it is not suitable to scale up the fermentation process. On the other hand, the criteria of power per unit volume (P/V) and constant aeration number (Na), as well as constant impeller tip speed (nd) and superficial speed (vs), have appropriate values for power and agitation speed, so they should be evaluated to scale up the fermentation to 42 and 300 L. The study should continue where the selected criteria are evaluated.

Palabras clave: *levadura, aditivo alimentario, fermentación*

Keywords: *yeast, feed additive, fermentation*

INTRODUCCIÓN

Los aditivos zootécnicos, y entre ellos los microbianos, facilitan la digestión de los alimentos, estabilizan la microbiota intestinal y modulan el sistema inmunológico, lo que mejora de la salud animal e incrementa la productividad (Kholif et al., 2025). Las levaduras son unos de los microorganismos que más se emplean como aditivos para incrementar los rendimientos productivos de los animales. Numerosas investigaciones de la literatura científica demuestran sus beneficios como aditivos para monogástricos y rumiantes (Melara et al., 2023). Sin embargo, no existe información suficiente sobre sus procesos de producción. Generalmente, se informan resultados con levaduras comerciales o cultivadas en el laboratorio, lo que quizás se deba a que forman parte de patentes o estén asociadas a grupos de investigación. Por tanto, para la producción de este tipo de aditivos se debe diseñar la tecnología que garantice su producción, estabilidad, conservación y eficacia (González, 2022).

En Cuba, desde 2005, se desarrollan investigaciones multidisciplinarias encaminadas a la obtención de aditivos alimentarios con levaduras. Al respecto, el Instituto de Ciencia Animal (ICA) conformó una colección de levaduras con potencialidad de uso en la obtención de bioproductos (Sosa et al., 2017). De estas cepas, *Pichia guilliermondii* LEVICA-27 se utilizó en la obtención a escala de laboratorio de un aditivo zootécnico líquido (Marrero et al., 2013), que favoreció el incremento de la actividad fermentativa ruminal. Sin embargo, aún no existe un proceso definido para la obtención de este aditivo a escalas superiores. De ahí que el objetivo de la presente investigación fue evaluar criterios de escalado para la obtención de un aditivo seco con *Pichia guilliermondii* LEVICA-27 a nivel de planta piloto.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se estudiaron tres criterios para escalar a 30 y 210 L de volumen efectivo (42 y 300 L de volumen total) el proceso de fermentación de *P. guilliermondii* LEVICA-27: potencia por unidad de volumen (P/V) y número de aireación (Na) constantes; velocidad en la punta del impelente (nd) y velocidad superficial (vs) constante y coeficiente volumétrico de transferencia de masa (kla) y vvm contantes. Los biorreactores utilizados en las escalas no tuvieron similitud geométrica y sus características se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 1. *Características geométricas de los biorreactores utilizados en las escalas de laboratorio y planta piloto*

Parámetro geométrico	Escala de trabajo		
	Laboratorio (11 L)	Planta piloto (42 L)	Planta piloto (300 L)
V_L/V_T	0,70	0,70	0,70
Diámetro interior del tanque (m)	0,19	0,27	0,56
Altura del tanque (m)	0,44	0,76	1,20
Altura del líquido (m)	0,3	0,55	0,86
Diámetro de impelente (m)	0,06	0,08	0,2
Número de impelentes	2	3	1
Relación D/d_i	3,08	3,34	2,8
Relación H_L/d_i	7,35	6,81	6,0
Relación H_L/D	2,40	2,04	2,14
Tipo de agitador	Turbina Rushton	Turbina Rushton	Turbina Rushton

El régimen de flujo en las dos escalas se determinó según el número de Reynolds (ecuación 1):

$$R_e = \frac{n{d_i}^2 \rho}{\mu} \quad (1)$$

Donde ρ y μ son la densidad y viscosidad del cultivo con valores de 1 000 kg/m^3 y 10^{-3} kg/m s, respectivamente.

Se utilizó la correlación de Van Rier (Doran, 1995) que permite estimar el coeficiente volumétrico de transferencia de masa en sistemas no viscosos y no coalescentes

$$kla = 2x10^{-3}\left(\frac{P_g}{V}\right)^{0,7} v_s^{0,2} \quad (2)$$

Mientras que la potencia consumida y se calculó por las ecuaciones 3 y 4:

$$P = N_P n^3 {d_i}^5 \rho f_c N_{impelentes} \quad (3)$$

$$\frac{P_g}{P} = 0,1\left(\frac{Q}{n_{rpm}V}\right)^{-0,25}\left(\frac{n_{rps}^2 d^4}{gwV^{2/3}}\right)^{-0,2} f_c \quad (4)$$

Donde g tiene un valor de 9,81 m^2/s, w=2d y f_c es el factor de corrección de la potencia cuando no existe similitud geométrica entre los tanques utilizados en las dos escalas y se determinó según:

$$f_c = \sqrt{\frac{D}{d_i} \cdot \frac{H_L}{d_i}} \quad (5)$$

RESULTADOS

En las tablas 2 y 3 se presentan las relaciones matemáticas y los resultados de cada uno de los criterios en estudio para las escalas de 42 y 300 L de volumen efectivo, respectivamente. Como muestran los resultados el criterio del coeficiente volumétrico de transferencia de masa (kla) y vvm contantes ofrece los menores valores de consumo de potencia ya que la velocidad de agitación es la más baja. Esto pudiera tener un efecto negativo en el proceso de mezclado además de que a escalas superiores se alcanzarían velocidades más bajas que no son técnicamente posibles. Al tener en cuenta las razones anteriores no es adecuado para escalar el proceso de fermentación. Por su parte, los criterios de potencia por unidad de volumen (P/V) y número de aireación (Na) constantes, así como velocidad en la punta del impelente (nd) velocidad superficial (vs) constante tienen valores adecuados de potencia y velocidad de agitación, por lo que debieran evaluarse para escalar la fermentación a 42 y 300 L.

CONCLUSIÓN

Los mejores criterios para evaluar el escalado del proceso de obtención del aditivo con *P. guilliermondii* LEVICA-27 en ambas escalas (42 y 300 L de volumen total) fueron potencia por unidad de volumen (P/V) y número de aireación (Na) constantes y velocidad en la punta del impelente (nd) velocidad superficial (vs) constante.

BIBLIOGRAFÍA

Doran, P. M. 1995. Bioprocess engineering principles. 2nd Edition. Academic Press. London: Academic Press. ISBN: 0122208552

González, B. 2022. Desarrollo de un aditivo activador de la fermentación ruminal con *Pichia guilliermondii* (Levica-27). Tesis presentada como requisito para obtener el grado de maestría en ciencia. Universidad Autónoma de Chihuahua, México

Kholif, A. E., Gouda, G. A., Olafadehan, O. A., Sallam, S. M., Anele, U. Y. 2025. Chapter 3 - Acidifiers and organic acids in livestock nutrition and health. In: Organic Feed Additives for Livestock. Alagawany, M., Sallam, S. M., Abd El-Hack, M. E. Editor(s). Academic Press, pp 43-56. ISBN 9780443135101. DOI: 10.1016/B978-0-443-13510-1.00003-7

Marrero, Y., Burrola, ME., Castillo, Y., Basso, LC., Rosa ,CA., Ruiz, O. 2013. Identification of Levica yeasts as a potential ruminal microbial additive Czech Journal of Animal Science, 58(10), 460–9.

Melara, E. G., Avellaneda, M. C., Valdivié, M., García-Hernández, Y., Aroche, R., Martínez, Y. 2022. Review. Probiotics: Symbiotic Relationship with the Animal Host. Animals, 12(6), 719-744. DOI: 10.3390/ani12060719

Sosa, A., González,N., García, Y., Marrero, Y., Valiño, E., Galindo, J. 2017. Collection of microorganisms with potential as additives for animal nutrition at the Institute of Animal Science. Cuban Journal of Agricultural Science, 51(3), 100-10

Tabla 2. *Efecto de algunos criterios de escalado en diferentes variables de operación para 42 L de volumen total*

Criterio de escalado	Potencia (P)	Potencia por unidad de volumen (P/V)	Velocidad de agitación (n)	Velocidad en la punta del impelente (nd_i)	Flujo volumétrico (Q)
$\frac{P}{V} = cte$ $N_a = cte$	$\frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{a_2}{a_1}\right)^2 \frac{b_2}{b_1}\left(\frac{d_{i_2}}{d_{i_1}}\right)^3$ $\boldsymbol{P_2 = 17,60\ W}$	$\left(\frac{P}{V}\right)_2 = \left(\frac{P}{V}\right)_1$ $\boldsymbol{\left(\frac{P}{V}\right)_2 = 586,67\ {}^{W}/_{m^3}}$	$\frac{n_2}{n_1} = \left(\frac{a_2}{a_1}\right)^{1/2}\left(\frac{b_2}{b_1}\right)^{1/6}\left(\frac{d_{i_1}}{d_{i_2}}\right)^{2/3}\frac{N_1}{N_2}^{1/3}$ $\boldsymbol{n_2 = 292\ min^{-1}}$	$\frac{n_2 d_{i_2}}{n_1 d_{i_1}} = \left(\frac{a_2}{a_1}\right)^{1/6}\left(\frac{b_2}{b_1}\right)^{1/2}\left(\frac{d_{i_2}}{d_{i_1}}\right)^{1/}$ $\boldsymbol{n_2 d_{i_2} = 0.39\ {}^{m}/_{s}}$	$\frac{Q_2}{Q_1} = \left(\frac{a_2}{a_1}\right)^{1/2}\left(\frac{b_2}{b_1}\right)^{1/6}\left(\frac{d_{i_2}}{d_{i_1}}\right)^{7/3}\frac{N_1}{N_2}^{1/3}$ $\boldsymbol{Q_2 = 0,00012\ {}^{m^3}/_{s}}$ $\boldsymbol{Q_2 = 6,92\ {}^{L}/_{min}}$
$nd_i = cte$ $v_s = cte$	$\frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{a_2 b_2}{a_1 b_1}\right)^{1/2}\left(\frac{d_{i_2}}{d_{i_1}}\right)^2 \frac{N_2}{N_1}$ $\boldsymbol{P_2 = 19,25\ W}$	$\frac{(P/V)_2}{(P/V)_1} = \left(\frac{a_1}{a_2}\right)^{3/2}\left(\frac{b_1}{b_2}\right)^{1/2}\left(\frac{d_{i_1}}{d_{i_2}}\right)\frac{N_2}{N_1}$ $\boldsymbol{\left(\frac{P}{V}\right)_2 = 1015,2\ {}^{W}/_{m^3}}$	$\frac{n_2}{n_1} = \frac{d_{i_1}}{d_{i_2}}$ $\boldsymbol{n_2 = 300\ min^{-1}}$	$n_2 d_{i_2} = n_1 d_{i_1}$ $\boldsymbol{n_2 d_{i_2} = 0,4\ {}^{m}/_{s}}$	$\frac{Q_2}{Q_1} = \left(\frac{a_2}{a_1}\right)^2\left(\frac{d_{i_2}}{d_{i_1}}\right)^2$ $\boldsymbol{Q_2 = 0,00014\ {}^{m^3}/_{s}}$ $\boldsymbol{Q_2 = 8.28\ {}^{L}/_{min}}$
$kla = cte$ $vvm = cte$	$\frac{P_{g_2}}{P_2} = 0,245\left(\frac{0,5}{n_{rpm}}\right)^{-0,25}\left(\frac{0,04 n_{rps}^2}{3,45}\right)^{-0,2}$ $P_2 = 0,16 n_2^3$ $\boldsymbol{P_2 = 0,36\ W}$	$\left(\frac{P}{V}\right)_2 = \frac{0,16 n_2^3}{a_2^2 b d_2^3}$ $\boldsymbol{\left(\frac{P}{V}\right)_2 = 94,17\ {}^{W}/_{m^3}}$	*Intercepto de las rectas de los valores de P* $\boldsymbol{n_2 = 115\ min^{-1}}$	$\frac{n_2 d_{i_2}}{n_1 d_{i_1}} = 0,38$ $\boldsymbol{n_2 d_{i_2} = 0,15\ {}^{m}/_{s}}$	$Q_2 = vvm V_2$ $\boldsymbol{Q_2 = 0,0018\ {}^{m^3}/_{s}}$

Tabla 3. *Efecto de algunos criterios de escalado en diferentes variables de operación para 300 L de volumen total*

Criterio de escalado	Potencia (P)	Potencia por unidad de volumen (P/V)	Velocidad de agitación (n)	Velocidad en la punta del impelente (nd_i)	Flujo volumétrico (Q)
$\frac{P}{V} = cte$ $N_a = cte$	$\frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{a_2}{a_1}\right)^2 \frac{b_2}{b_1}\left(\frac{d_{i_2}}{d_{i_1}}\right)^3$ $\boldsymbol{P_2 = 205,7\ W}$	$\left(\frac{P}{V}\right)_2 = \left(\frac{P}{V}\right)_1$ $\boldsymbol{\left(\frac{P}{V}\right)_2 = 979,7\ {}^{W}/_{m^3}}$	$\frac{n_2}{n_1} = \left(\frac{a_2}{a_1}\right)^{1/2}\left(\frac{b_2}{b_1}\right)^{1/6}\left(\frac{d_{i_1}}{d_{i_2}}\right)^{2/3}\frac{N_1}{N_2}$ $\boldsymbol{n_2 = 200\ min^{-1}}$	$\frac{n_2 d_{i_2}}{n_1 d_{i_1}} = \left(\frac{a_2}{a_1}\right)^{1/6}\left(\frac{b_2}{b_1}\right)^{1/2}\left(\frac{d_{i_2}}{d_{i_1}}\right)^{1/3}$ $\boldsymbol{n_2 d_{i_2} = 0,78\ {}^{m}/_{s}}$	$\frac{Q_2}{Q_1} = \left(\frac{a_2}{a_1}\right)^{1/2}\left(\frac{b_2}{b_1}\right)^{1/6}\left(\frac{d_{i_2}}{d_{i_1}}\right)^{7/3}\frac{N_1}{N_2}^{1/3}$ $\boldsymbol{Q_2 = 0,0013\ {}^{m^3}/_{s}}$
$nd_i = cte$ $v_s = cte$	$\frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{a_2 b_2}{a_1 b_1}\right)^{1/2}\left(\frac{d_{i_2}}{d_{i_1}}\right)^2 \frac{N_2}{N_1}$ $\boldsymbol{P_2 = 37,30\ W}$	$\frac{(P/V)_2}{(P/V)_1} = \left(\frac{a_1}{a_2}\right)^{3/2}\left(\frac{b_1}{b_2}\right)^{1/2}\left(\frac{d_{i_1}}{d_{i_2}}\right)\frac{N_2}{N_1}$ $\boldsymbol{\left(\frac{P}{V}\right)_2 = 169,2\ {}^{W}/_{m^3}}$	$\frac{n_2}{n_1} = \frac{d_{i_1}}{d_{i_2}}$ $\boldsymbol{n_2 = 120\ min^{-1}}$	$n_2 d_{i_2} = n_1 d_{i_1}$ $\boldsymbol{n_2 d_{i_2} = 0,4\ {}^{m}/_{s}}$	$\frac{Q_2}{Q_1} = \left(\frac{a_2}{a_1}\right)^2\left(\frac{d_{i_2}}{d_{i_1}}\right)^2$ $\boldsymbol{Q_2 = 0,0006\ {}^{m^3}/_{s}}$
$kla = cte$ $vvm = cte$	$\frac{P_{g_2}}{P_2} = 0,245\left(\frac{0,5}{n_{rpm}}\right)^{-0,25}\left(\frac{0,04 n_{rps}^2}{3,45}\right)^{-0,2}$ $P_2 = 4,7 n_2^3$ $\boldsymbol{P_2 = 5,98\ W}$	$\left(\frac{P}{V}\right)_2 = \frac{4,7 n_2^3}{a_2^2 b d_2^3}$ $\boldsymbol{\left(\frac{P}{V}\right)_2 = 28,48\ {}^{W}/_{m^3}}$	*Intercepto de las rectas de los valores de P* $\boldsymbol{n_2 = 65\ min^{-1}}$	$\frac{n_2 d_{i_2}}{n_1 d_{i_1}} = 0,54$ $\boldsymbol{n_2 d_{i_2} = 0,22\ {}^{m}/_{s}}$	$Q_2 = vvm V_2$ $\boldsymbol{Q_2 = 0,0018\ {}^{m^3}/_{s}}$

SILVOPAT – 2025 | ICA | ISBN: 978-959-7171-88-1 | Cu-ID: https://cu-id.com/book/978-959-7171-88-1

PAS-10. Evaluación del ME Adizoot-2 en el agua de bebida en las aves ligeras y su influencia en la producción de huevos

Y Rodríguez Vaillant; R Castillo Rodríguez y M La O

Centro Nacional para la Producción de Animales de Laboratorio**,** Calle 3era, No. 40759, entre 6ta y Carretera de Tirabeque, Reparto La Unión, municipio Boyeros, provincia La Habana.

RESUMEN

El objetivo del estudio fue evaluar la inclusión de la formulación ME ADIZOOT-2 en el agua de bebida de las líneas pura ligeras y su influencia en los indicadores bioproductivos y de salud de las aves, así como el impacto económico en la producción de huevos. Se realizó una prueba de observación para posteriormente proceder con el ensayo donde se estudiaron dos dosis del producto 10 y 15 mL/ave que se ofertó en el agua de bebida. El suministro de Adizoot-2 a razón de 10ml/ave nos proporcionó una mejora en los parámetros productivos con un incremento en el peso corporal y la producción de huevos, mejoró la salud gastrointestinal de las aves reduciendo la incidencia de enterobacteriosis en un 5.95 %. Se concluye que solo al suministrar 10-15 ml / ave de Adizoot-2 tiene un efecto beneficioso en producción y salud de aves de postura.

Palabras claves: *aditivos, probióticos, huevos, producción*

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the inclusion of the ME formulation ADIZOOT-2 in the drinking water of purebred light lines and its influence on bioproductive and bird health indicators, as well as the economic impact on egg production. An observational study was conducted before proceeding with the trial, where two doses of the product, 10 and 15 mL/bird, were offered in the drinking water. The supply of Adizoot-2 at a rate of 10 ml/bird improved production parameters, with an increase in body weight and egg production. It also improved the gastrointestinal health of the birds, reducing the incidence of enterobacteriosis by 5.95%. It is concluded that supplying Adizoot-2 at just 10-15 ml/bird has a beneficial effect on the production and health of laying hens.

Keywords: *additives, probiotics, eggs, production*

INTRODUCCIÓN

En la actualidad la industria avícola se ha constituido como uno de los sectores con mayor crecimiento a niel mundial, debido a su alta rentabilidad y aceptación en el mercado, por lo que la alimentación representa entre el 50 al 70 % de los costos de producción refiere (Andrade et al., 2021). Por lo que, se requiere de la implementación de nuevas alternativas para el mejor aprovechamiento del alimento, como la utilización de probióticos que beneficien la absorción de los alimentos y elevada productividad.

En la actualidad los sistemas de crianza intensiva buscan alternativas para reducir costos en la producción y lograr beneficios en la salud de los animales (Álvarez et al., 2017). Los probióticos son microorganismos que administrados en dosis adecuadas son beneficios para la salud, siendo los microorganismos más utilizados: *Lactobacillus sp., Bifidobacterium sp.*, y las levaduras principalmente del género *Saccharomyces cerevisiae*, contando con procedencia variadas fuentes reporta (Díaz et al., 2017). Además, se emplean como una opción ideal para el cambio de los antibióticos que se usan como subterapéuticos, en forma de promotores de crecimiento, por ello, la ventaja más conocida de los probióticos radica en que no se observan residuos por lo que no generan riesgos de resistencia antimicrobiana (Milian *et al.*,2022)

Reporta (Sánchez-Torres, *et al.*, 2022) que estos incentivan la respuesta inmune, mejorando la digestibilidad de los nutrientes, el metabolismo energético y la ganancia de peso, además de reducir los costos de alimentación ya que intervienen favorablemente sobre la salud de las aves es su modificación de ciertas formas sobre el sistema inmune; afirma (Ching et al., 2024).

En este sentido, Cuba continúa trabajado en elaborar productos para mejorar el rendimiento productivo de las aves, contribuyendo con un buen desarrollo de la salud gastrointestinal y la asimilación de los nutrientes y por consiguiente las estrategias productivas están dirigidas a la producción de huevos con la mayor calidad y menor costo, afirma (Rivera, 2013) de ahí el objetivo fue evaluar la inclusión de la formulación ME ADIZOOT-2 en el agua de bebida de las líneas pura ligeras y su influencia en los indicadores bioproductivos y de salud de las aves en nuestras condiciones ambientales, así como el impacto económico en la producción de huevos.



MATERIALES Y MÉTODOS

Las aves se ubicaron en una sala con extractores para la circulación del aire, cuenta con un tanque de agua de 500 litros, con un sistema de crianza en jaula con tecnología piramidal. Cuenta con una tetina por jaula y comederos lineales, así como bandejas para la recogida de excretas. Para el estudio se ubicó una gallina por jaula de acuerdo a las bases del bienestar animal, durante 60 días para ser evaluadas. Las aves proceden de la Empresa Avícola Genética y Pie de Cría de la unidad La Loma.

Se realizó una prueba de observación en cuatro grupos de aves con diferentes pesos corporales, con una inclusión en el agua de bebida de 10 mL de ME Adizoot-2/ave para los 4 grupos y se evaluaron sus metas de desempeño al inicio y a los 21 días para peso corporal y peso del huevo y semanalmente para los porcientos de puesta.

En un segundo estudio se incrementó la dosis del producto con 15 mL/ave y para ello se ubicaron en dos tratamientos un grupo experimental T1 y un grupo control T2 con 42 aves, con 6 repeticiones, de 7 aves cada una para un total de 84 aves. Se utilizó un diseño completamente aleatorizado, de forma tal que la influencia ambiental fuera minimizada y las diferencias respondieran en mayor grado a las características propias de cada una de las ponedoras en estudio.

En el estudio se controlaron los indicadores de peso vivo (g), uniformidad (%), consumo de pienso (kg), viabilidad (%), mortalidad por causa (u), porciento de postura (%), huevo por ave (u), conversión (kg /10 huevos). El consumo de alimento se evaluó según lo establecido en el Guía de Manejo Ponedoras Comerciales y sus reemplazos (Madrazo *et al.*, 2020).

El análisis de los datos se realizó con el paquete Statgraphics *centurión XV* 2006 para ser evaluados estadísticamente en un análisis de varianza de clasificación simple para los indicadores de peso vivo (g), peso de huevo (g) y conversión (kg/10 huevos), en cuanto a las diferencias significativas se aplicó Tukey (1978), los indicadores de viabilidad previa transformación de estos datos por la fórmula alco seno $^{1}\backslash/\%$.

RESULTADO Y DISCUSIÓN.

La tabla 1 muestra la diferencia significativa entre los grupos en la prueba de observación al aplicar la formulación ME Adizoot-2 a razón de 10 mL/ave, con aves desde 1670 g a 1455 g y con un coeficiente de variación (CV) de 8.56 %, al ser aplicado el aditivo. En el segundo muestreo a los 21 días se observa una homogenización en el peso de los animales para estos 4 grupos debido a la incidencia positiva en la recuperación del peso corporal en los grupos II, III y IV de menor peso que varía desde 1584 g hasta 1508 g con un (CV) de 7.92 % indicando excelente uniformidad en los grupos con incrementos de pesos de 63 g promedio.

Tabla 1. *Evaluación del peso corporal (g) con la adición de Adizot-2 10 mL/ave en el agua de bebida.*

Grupos	Peso corporal (g) Inicio	Peso corporal (g) 21 días
I	1670.43^{a} ± 12.958	1606 ± 26.093
II	1540.1^{b} ± 4.361	1555.4 ± 6.480
III	1455.86^{b} ± 8.104	1584.3 ± 8.949
IV	1462.1^{b} ± 40.919	1508.40 ± 10.167
D. Estándar	131.261	123.931
C. Variación	8.567	7.925
Sig.	***	n.s

****p≤0.001 altamente significativo.*

En cuanto al peso de los huevos en la tabla 2 se refleja que no hay diferencias significativas entre los grupos evaluados, donde sí se alcanzó un ligero incremento en el peso de los huevos en los grupos evaluados en el cual se inició con valores de peso de huevo entre 53.89 g a 56.29 g y se obtuvo valores entre 55.3 g a 56.39 g, lo que demuestra que insidio el consumo de ME Adizoot-2 en el peso de los huevos con un coeficiente de variación de 6.213 % muy favorable, que nos indica excelente uniformidad en el peso.

Tabla 2. *Estimación del peso de los huevos (g) con la adición de Adizot-2 10 ml/ave en el agua de bebida.*

Grupos	Peso huevo (g) Inicio	Peso de huevo (g) 21 días
I	56.29 ± 1.202	56.39 ± 1.371
II	54.43 ± 1.095	55.3 ± 1.253
III	53.89 ± 1.041	55.49 ± 1.166
IV	55.49 ± 0.974	55.9 ± 1.412
D. Estándar	3.776	3.418
C. Variación	6.594	6.213
Sig.	n.s	n.s

n.s indica que no existe diferencias significativas

Rodriguez *et al.*, 2018 refiere que el peso corporal define el desarrollo del ave para enfrentar la curva de puesta al final del ciclo productivo. Con resultados similares a (Hidalgo *et al.*, 2020) la uniformidad fue excelente entre 93.73 a 97.28 %, superior en la que consumieron el 1 % con suplementación de vinaza como aditivo en la dieta. Al igual que (Álvarez et al., 2017) donde las variables estudiadas tales como peso corporal consumo y conversión alimentaria se incrementan al emplear los probióticos en las aves con un mejor aprovechamiento de los nutrientes por tener propiedades anti-inflamatorias, antagonizar gérmenes de putrefacción y agentes patógenos y facilitar el proceso digestivo.

La figura 1 muestra como en el primer control hay diferencias en los porcientos de postura de acuerdo a cada uno de los grupos. El menor porcentaje se observa en el grupo 4 que comenzó con 28. 57 % y fue incrementando hasta valores entre 42.85 % a 61.9 % con la adición de 10 mL de Adizoot-2/ ave, coincidiendo con Rodríguez (2021) que reporta mejoras en la productividad con aumentos en la producción de huevos.

El consumo para todos los grupos fue de 120 g/a/d durante el estudio donde la conversión mejoró significativamente de 4.20 a 1.93 kg de pienso/10 de huevos lo que incide en los indicadores bioproductivos de las aves. (Hidalgo *et al.*, 2020) asume que el empleo de probióticos permite obtener mayor cantidad de huevos por ave con mejor rentabilidad en las producciones

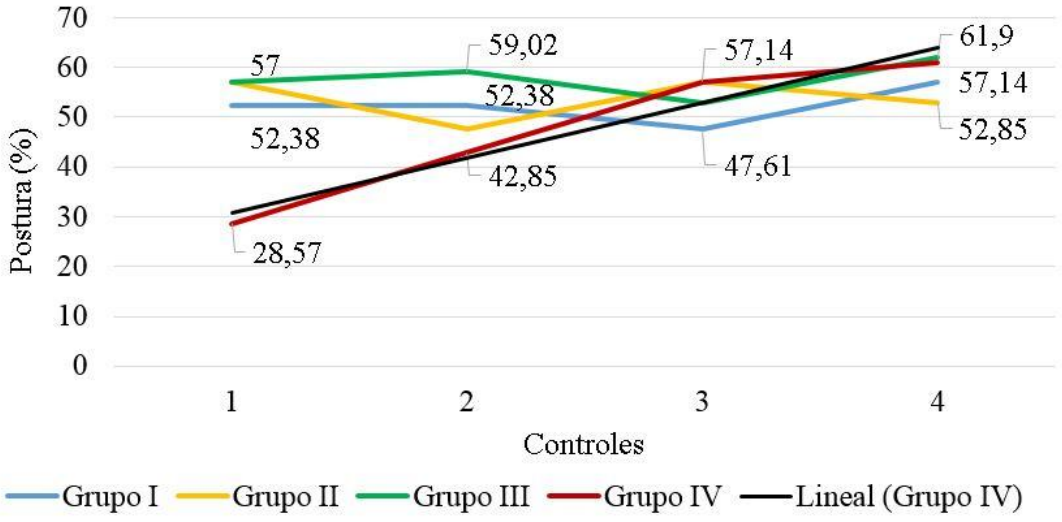


Figura 1. *Valoración de los indicadores de postura (%) con la adición de ME Adizoot-2 10 mL/ave en el agua de bebida.*



Finalmente, la tabla 3 muestra la disminución en la presencia de enterobacterias durante el estudio en los diferentes grupos. Se destaca los grupos I y IV donde se redujo más de 3 veces la presencia de esta enfermedad.

Tabla 3. *Evaluación de la presentación de enterobacteriosis en las ponedoras durante el estudio.*

Grupos	1er control (%)	2do control (%)
I	28.57	9.52
II	9.52	4.76
III	14.6	4.76
IV	14.28	4.76

Los resultados del segundo estudio donde se incrementó la dosis del producto a 15 mL/ave se muestran a continuación (tablas 4,5 y 7 y figura 2).

En la tabla 4 se observa como no existe diferencia significativa en el peso corporal entre ambos tratamientos con 1555 g en el T1 y 1568 g el T2 con un coeficiente de variación de 7.939 % muy favorable con excelente uniformidad en las aves ya para el 3er pesaje con una ganancia de peso de 1691 g para el T1 de 136 g y para el T23 con 1729 g con 160 g de ganancia de peso muy favorable lo que pudo estar influido por el suministro de ME Adizoot-2 anteriormente a razón de 10 ml/ave así como el manejo y confort de las aves con un coeficiente de variación de 5.208 % por encima del 95 % de uniformidad.

Tabla 4. *Evaluación del peso del corporal (g) con la adición de 15 mL de Adizoot-2 /ave durante el estudio*

Tratamientos	1er control 7días	2do control 15 días	3er control 21 días
T1 (Experimental)	1555	1672	1691
T2 (Control)	1568	1682	1729
D. Estándar	124.015	132.041	89.084
C. Variación	7.939	7.869	5.208
E.E	19.608	20.877	14.085
Sig.	n.s	n.s	n.s

n.s: no existe diferencia significativa.

La tabla 5 muestra cómo fue incrementando el peso del huevo paulatinamente en ambos grupos favorables con el suministro de ME Adizoot-2. La conversión alimentaria en la tabla 6 no mostró diferencia significativa con valores entre 1.846 a 1.526 kg de alimento/10 huevos con buena adsorción de los nutrientes. Milián *et al.,* 2013, plantean las ventajas que generan los probióticos en los sistemas productivos tales como ganancia de peso y conversión alimenticia

La tabla 7 demuestra como el suministro de Adizoot-2 contribuye a la disminución de las enterobacteriosis favoreciendo el desarrollo de microorganismos que favorecen la flora intestinal y mejora la viabilidad de las aves con el 99.40 % de viabilidad en el periodo evaluado con una reducción de las enterobacterias en un 5.95 % favorable para el T1 con el consumo de ME Adizoot-2.

Tabla 5. *Evaluación del peso del huevo (g) con la adición de 15 mL de Adizoot-2 /ave durante el estudio.*

Tratamientos	1er control 7días	2do control 15 días	3er control 21 días
T1 (Experimental)	57.12	57.02	58.33
T2 (Control)	56.62	57.19	58.10
D. Estándar	6.969	3.660	5.967
E.E	0.626	0.578	0.626
Sig.	n.s	n.s	n.s

n.s no existe diferencia significativa.

Tabla 6. *Evaluación de la conversión alimentaria (kg/10 huevos) con la adición de 15 ml de Adizoot-2 /ave durante el estudio.*

Tratamientos	1er control 7días	2do control 15 días	3er control 21 días
T1 (Experimental)	1.710	1.796	1.830
T2 (Control)	1.846	1.526	1.671
D. Estándar	0.245	0.381	0.217
E.E	0.070	0.109	0.062
Sig.	n.s	n.s	n.s

n.s no existe diferencia significativa

Tabla 7. *Evaluación de la presentación de enterobacteriosis en las ponedoras durante el estudio.*

Tratamientos	1er control (%) 7 días	2do control (%) 21 días
T1	7.14	1.19
T2	4.76	4.62



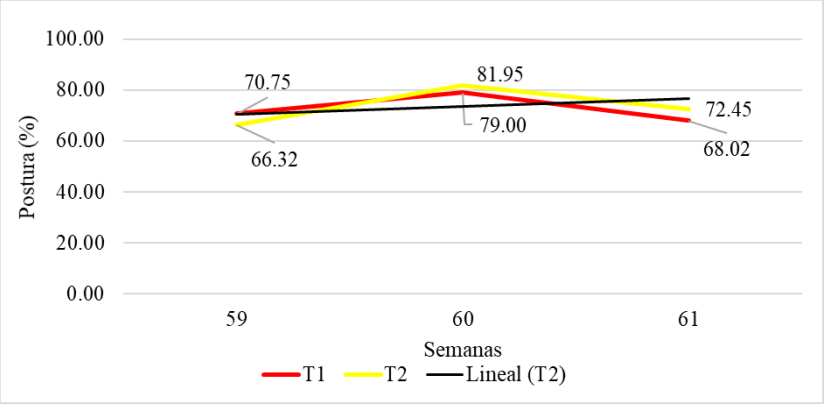


Figura 2. *Comportamiento de la postura durante el estudio de Adizoot-2 a razón de 15 ml /ave.*

En la figura 2 se observa cómo se comporta la postura al inicio en la semana 59 el T1 con 70.55 % y el T2 de 66.32 % alcanzando un pico de 81.95 % favorable para el T2 sin diferencia significativas para ambos tratamientos con un incremento de la postura de 8.4 %, ya una vez retirado el Adizoot-2 se mantuvo al 68.02 % para el T1 y 72.45 % para el T2 donde el suministro de Adizoot-2 fue importante en la primera etapa a razón de 10 ml/ave con elevados rendimientos productivos. (Iñiguez *et al.*, 2021) su uso es de gran ventaja ya que fortalecen el sistema gastrointestinal permitiendo una mejora en los parámetros zootécnicos, coincidiendo con (Katia *et al.*, 2020) enfatizan que, el suministro de aditivos no afecta el rendimiento productivo con mayor desarrollo del aparato reproductor en las aves de postura.

CONCLUSIONES

1. El suministro de Adizoot-2 a razón de 10ml/ave nos proporciona una mejora en los parámetros productivos con un incremento en el peso corporal y la producción de huevos.
2. Mejora la salud gastrointestinal de las aves y reduce la incidencia de enterobacteriosis en un 5.95 % en las aves de puesta.
3. Solo al suministrar 10-15 ml / ave de Adizoot-2 tiene un efecto beneficioso en las aves de postura.

RECOMENDACIONES

1. Aplicarlo en las aves de reemplazo ya que favorece la salud gastrointestinal y disminuye las enterobacteriosis.
2. Aplicarlo en las edades claves para alcanzar mayores rendimientos productivos en las aves.

BIBLIOGRAFÍA

Álvarez, G.; Pilco, L.; Valverde, H.; Chacon, E.; Ramirez, J.2017. Empleo de microorganismos eficientes en la dieta de pollos de engorde, Redvet, 18 (10), https://www.redalyc.org/pdf/636/63653470029.pdf

Andrade, M.; Andrea, J., Suquillo, J. R., Naranjo, I. J., Domingo, S. 2021. Evaluación de dos sistemas de levante hasta inicio de la etapa de pre postura en gallina de postura comercial Lohmann Brown-Classic bajo dos dietas nutricionales. https://images.engormix.com/externalFiles/6_T-ESPESD-003101.pdf.

Ching, J.; del Río M.; Salas, R.; Villa, M. 2024. Método multicriterio neutrosófico para la detección de mecanismos de acción de los probióticos en la salud intestinal de pollos Broiler. Revista Asociación Latinoamericana de Ciencias Neutrosóficas. 2024; 31: 69-80. https://acortar.link/e1ekaf

Díaz, E.; Isaza J. I.; Ángel B. D.2017. Probióticos en la avicultura: una revisión, Rev. Med. Vet. Bogotá 35, 175-189. http://www.scielo.org.co/pdf/rmv/n35/0122-9354-rmv-35-00175.pdf

Iñiguez, F. A.; Espinosa, X.E.; Galarza, E. L. 2021. Uso de probióticos y ácidos orgánicos como estimulantes del desarrollo de aves de engorde. Universidad Católica de Cuenca Ecuador. Revista de Investigación y Veterinaria ALPA. ISSN 2664-0902. Vol 5. No 14.

Hidalgo, K., Valdivié, M.; Betancourt, R.; Mora, L. 2020. Evaluación de la vinasa concentrada como aditivo en las aves de reemplazo de ponedoras. Cuban Journal of Agricultural Science. ISSN 2079-3480 Vol.54 No 1, Mayabeque.

Madrazo, F. G.; Godínez, D. O.; Rodriguez, V. Y.; Sarda, J.R.; López, R. J.; Mesa, R. M.; Bermúdez, J.J.; Pérez, P.M.; Vidal, P.A.; Ramos, M. R.; Mendoza, L.Y.; Pinto M. P.; Rodriguez, G., D.; Hernández, C. L. 2020. Guía genera de manejo de las ponedoras comerciales y sus reemplazos. Imprenta Arroyo Naranjo No 27. MINAG, 73 p.

Rondón, M.G.; Rodríguez, A.; Beruvides, M.; Pérez, A.202. Endospores of Bacillus subtilis with probiotic potential in animals of zootechnical interest. Cuban Journal of Agricultural Science. 56(3). https://acortar.link/tC9Rmu.

Sánchez, L.; Macias, M.; Gutiérrez, D.; Arredondo, M.; Valencia, M.; Avila, F. Fibra como prebiótico para aves de producción: una revisión. Abanico veterinario. 12. https://acortar.link/CNd8IU

Statgraphics Plus. 2005. Versión 5.1. Copyright por Statistical Graphic Corp.

Rodríguez, Y. 2021) Evaluación de los indicadores productivos en ponedoras comerciales con ciclos más largos de puesta en Cuba. [en línea]. Disponible en: https://www.avicultura.mx/Evaluación-de-los-indicadores-productivos-en-ponedoras-comerciales-con-ciclos-más-largos-de-puesta-en-Cuba.

Rodríguez, Y.; Pampín, M.; Martin, R. ; López, J.; Santana, Y.; Cuervo,Y. 2018. Influencia del peso corporal sobre el largo del tarso en reemplazo de reproductores ligeros. Revista Cubana de Ciencia Avícola, 42 (2), 35-42.



PAS-11. Efecto de la inclusión de ME con acción probiótica en la dieta de cerdos lactantes en producción intensiva. Resultados preliminares

Y Marrero Rodríguez[1]; C.C Armas González[2]; J.E Fajardo Palomino[1]

[1]Centro Nacional para la Producción de Animales de Laboratorio**,** Calle 3era, No. 40759, entre 6ta y Carretera de Tirabeque, Reparto La Unión, Boyeros, La Habana.

[2]Universidad Agraria de la Habana "Fructuoso Rodríguez Pérez. km 23 1/2, de la Autopista Nacional, San José de las Lajas, Mayabeque

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la inclusión de ME Adizoot-2 en dietas para crías de cerdos en producción intensiva. Se llevó a cabo en la nave de maternidad de la Colina porcina perteneciente al CENPALAB. Se utilizaron dos camadas de crías una como control y otra a la que, a las 24 horas de nacida, se le suministró por vía oral 5 mL/cerdo/día de la formulación ME Adizoot-2ª durante 7 días en el horario de la mañana. Bajo las condiciones experimentales del ensayo la administración de ME Adizoot 2 incidió en el peso de los animales en estudio propiciando una mayor ganancia media diaria (GMD). Se recomienda extender el estudio a un mayor número de animales y monitorear los parámetros de salud por un tiempo más prolongado.

Palabras claves: *aditivos, probióticos, lactantes, cerdos*

Keywords: *additives, probiotics, suckling, pigs*

INTRODUCCIÓN

Es común observar en el sector porcino de Cuba que debido a la producción semi-intensiva y/o intensiva estos animales presentan disbiosis microbiana y a su vez trastornos gastrointestinales, siendo la principal causa de muerte en el área de maternidad, así se han utilizado medidas preventivas para reducir este parámetro indeseado (Tkacheva y Medvedev, 2020). En la alimentación animal, el empleo de aditivos microbianos como los probióticos contribuye a la mejora de la salud y mayor aprovechamiento de los alimentos, lo que permite incrementar los rendimientos productivos (Marrero et al. 2018).

En este sentido, se han desarrollado múltiples investigaciones con el objetivo de obtener aditivos microbianos para la alimentación animal a partir de cepas puras o cultivos mixtos (Suárez, 2024 Sosa et al., 2021; Ojeda et al., 2016). Otras cepas también demostraron efecto activador de la fermentación ruminal entre ellas se destacan levaduras (Marrero et al. 2020) y el hongo *A. oryzae* H/6.28.1 (Sosa et al. 2020). El empleo de cultivos mixtos se ha desarrollado fundamentalmente a partir de los llamados microorganismos eficientes (ME) y se ha comprobado su efecto beneficioso en la salud, en la respuesta inmunológica e incrementos en los resultados zootécnicos.

En 2023 en el marco de un proyecto FONCI 2022-2024, se desarrolló y registró un aditivo para la alimentación de cerdos (ME Adizoot-1®) derivado de la tecnología de producción de ME Agroambiental®. Actualmente se desarrolla una nueva formulación denominada ME Adizoot-2 que demostró potencial acción probiótica bajo condiciones *in vitro* (datos no publicados) y tiene ventajas desde el punto de vista tecnológico con respecto a ME Adizoot-1®) por lo que el objetivo del presente experimento fue evaluar el efecto de la inclusión de ME Adizoot-2 en dietas de cerdos lactantes en producción intensiva.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del área experimental: El estudio se llevó a cabo en la unidad porcina del CENPALAB, ubicado en calle 3ra #40759 entre 6ta y carretera de Tirabeque, Reparto La Unión; Boyeros, la Habana.

Condiciones de mantenimiento de los animales: Los animales se mantuvieron en el área de maternidad siendo cada grupo experimental una camada diferente. Se alojaron en la nave 2 de la colonia porcina CENPALAB con orientación Noreste – Suroeste, en bóxeres del área de maternidad con tecnología Flat Deck con camisa de parto y en condiciones convencionales. El agua se suministró mediante tetinas y la alimentación en esta categoría fue restringida y no se les proporcionó en la etapa experimental. A los animales de todos los grupos experimentales además de la administración de ME se les realizó el trabajo de rutina (descolmille, castración, administración de dextrana ferrosa).

Limpieza y desinfección: Antes del nacimiento de los animales, se realizó la desinfección del área de experimentación con Virocid (CID LINES) mediante aspersión. La entrada de personal se realizó teniendo en cuenta las normas de higiene y el uso del vestuario protector.

Tratamientos: Se administró ME Adizoot 2 por vía oral a una dosis de 5 mL/cerdo/día utilizando una jeringuilla plástica de 20 mL.

Se seleccionaron tres grupos de cerdos F1 (Yorkshire x CC21) cada uno compuesto por una camada:

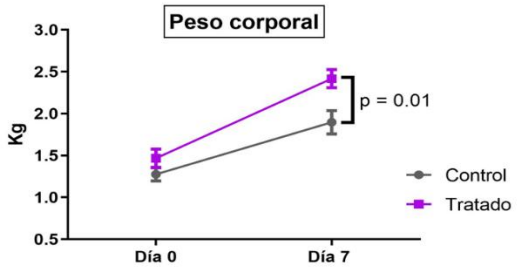
- **Grupo # 1**: Control, compuesto por la primera camada la cual contó con 6 crías a las que no se les administró ningún aditivo nutricional. Al inicio del estudio tenían 24h de nacidos.
- **Grupo # 2**: Tratado, compuesto por la tercera camada la cual contó con 7 crías, a las cuales se les suministró por vía oral 5 mL/cerdo/día de la sustancia de ensayo durante 7 días en el horario de la mañana. Al inicio del estudio tenían 24h de nacidos.

Determinaciones: Se determinó el peso inicial y final en cada grupo utilizando una pesa digital marca WeiHeng, la GMD en la etapa de estudio, la morbilidad, la mortalidad y sus causas, además de la incidencia de trastornos gastroentéricos.

Análisis estadístico: Se empleó el programa de análisis estadístico MINITAB 2020, se realizaron comparaciones entre los dos grupos usando métodos paramétricos (T de Student) o no paramétricos (Kruskal Wallis, Mann Whitney), dependiendo si las variables evaluadas presentan normalidad y homogeneidad de varianza o no. Para la conformación de las gráficas se utilizó el programa Prism 9.

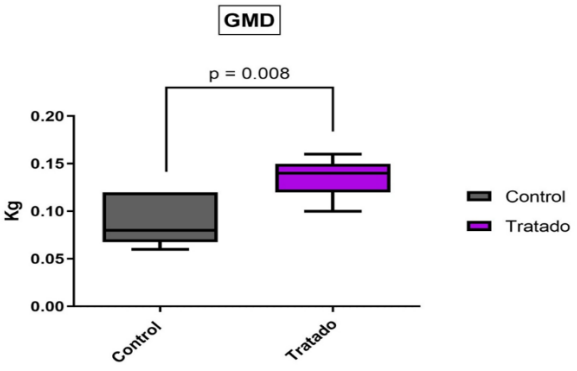
RESULTADO Y DISCUSIÓN

En la gráfica 1 se observan los resultados del peso de los animales del grupo 1 y 2, donde se puede apreciar que se encontraron diferencias ellos (p=0.01) obteniendo el grupo 2 un peso final mayor.



Gráfica 1. *Efecto de la inclusión de ME Adizoot 2 en el Peso corporal de cerdos lactantes*

La gráfica 2 se muestra los resultados en la GMD de los grupos, donde se puede apreciar que el grupo 2 (tratado) alcanzó una GMD mayor que el grupo 1 (p=0.008).



Gráfica 2. *Efecto de la inclusión de ME Adizoot 2 en la GMD de cerdos lactantes*

Los ME pueden adherirse y colonizar el tracto gastrointestinal de los animales y contribuir a la estabilidad de este ecosistema e influir en los procesos digestivos y absortivos, lo que determina buen funcionamiento del tracto y, por tanto, buen estado de salud del animal que se refleja en incremento de los rendimientos productivos (FAO/WHO, 2002), lo cual quedó evidenciado en los resultados del estudio. En este experimento los animales del grupo 2 tratados con ME Adizoot 2, alcanzaron un mejor rendimiento productivo lo cual se refleja en el peso final. Estos resultados coinciden con (Carvajal *et al.*, 2021) quienes obtuvieron que el uso oral de los ME tuvo influencia directa en el peso vivo de los cerdos lactantes y la GMD siendo mayor en el grupo tratado.

Hou *et al.* (2015) demostraron que la suplementación oral con ME en cerdos lactantes mejoró la absorción de nutrientes, la exclusión competitiva de bacterias en el colón y la morfometría de las vellosidades intestinales, lo que promovió la GMD.

Morbilidad, mortalidad e incidencia de trastornos gastroentéricos

En el estudio realizado no se produjo la muerte de ninguno de los animales implicados, tampoco se detectó ningún síntoma o signo característico de alguna enfermedad, además no se detectaron trastornos gastroentéricos en los animales involucrados en el ensayo excepto por el animal ID 4 del grupo 1 el día 1 de ensayo, lo cual fue un hecho aislado que no se evidenció de manera recurrente

CONCLUSIONES

Bajo las condiciones experimentales del ensayo la administración de ME Adizoot 2 incidió en el peso de los animales en estudio propiciando una mayor ganancia media diaria (GMD).

RECOMENDACIONES

Se recomienda extender el estudio a un mayor número de animales y monitorear los parámetros de salud por un tiempo más prolongado.

BIBLIOGRAFÍA

Carvajal, M. C.; Aroche, R.; Castro, E.; León, M. R.; Guilarte, J.; Rodríguez, R. y Martínez, Y.2021. Efecto de la administración oral de microorganismos eficientes en los indicadores productivos, síndrome diarreico y hemograma en cerdos lactantes. *Cuban Journal of Agricultural Science*.55(3). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2079-34802021000300327&lng=es&nrm=iso&tlng=es#aff6.

FAO/WHO. *Guidelines for the Evaluation of Probiotics in Food* [en línea]. Canadá, 01 Mayo 2002. https://isappscience.org/wp-content/uploads/2019/04/probiotic_guidelines.pdf.

Hou, C.; Zeng, X.; Yang, F.; Liu, H. y Qiao, S.2015. Study and use of the probiotic Lactobacillus reuteri in pigs: a review. *Journal of Animal Science and Biotechnology* 6 (14) https://doi.org/10.1186/s40104-015-0014-3.

Ojeda, F.; Blanco, D.; Cepero, L. y Rosales, M. 2016.Efecto de la inclusión de un biopreparado de microorganismos eficientes (IHplus®) en dietas de cerdos en ceba. *Pastos y Forrajes* 39 (2) http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942016000200006.

Suárez, C. 2024. LEBAME como aditivo probiótico en la alimentación de cerdos. Revista *Icidca* 58 (1) https://www.revista.icidca.azcuba.cu/wp-content/uploads/2024/02/articulo-8.pdf.

Tkacheva, E. S. y Medvedev, I. N. 2020. *Physiological and biochemical status of newborn piglets* https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/548/8/082090/pdf.

Sosa, D.; García, Y.; Dustet, J.C.; García, Y.; Martínez, M.; Sosa, A.; García, D.2021. Effect of *Lactobacillus Pentosus* LB-31 probiotic additive on broilers. *Rev. MVZ Córdoba 26* (1).

Marrero, Y.; García, Y.;Sosa, A. y García Curbelo,Y. 2018. Aditivos microbianos y prebióticos para la alimentación animal en Cuba. Libro electrónico ISBN 978-959-7171-66-9, Registro OCPI. No. 2085-06-2018

Marrero Y.; Rodríguez, R.; Torres,V., Jay O., Galindo, J. 2020. Efecto de las levaduras en la producción de gas de *Cynodon nlemfuensis* en una incubación ruminal *in vitro.* Livestock Research for Rural Development 32 (1).

Sosa A., Saro C., Mateos I., Díaz A., Galindo J., Carro M.D. & Ranilla M.2020. Effects of Aspergillus oryzae on ruminal fermentation of an alfalfa hay: concentrate diet using the rumen simulation technique (Rusitec). Cuban Journal of Agricultural Science 54(1)

PAS-12. Sustainable biomass valorization by solid-state fermentation with the mutant strain *Trichoderma viride* M5-2 of forage legumes to improve its nutritional composition as animal feed

L Rodrigo Saa[1], E C Valiño Cabrera[2], L L Savón Valdés[2], J C Dustet Mendoza[3], Y García Hernández[2] and M Alberto Vázquez[2]*

[1]Laboratorio de Sanidad Animal y Zoonosis, Departamento de Ciencias Biológicas y Agropecuaria, Escuela de Ingeniería Agropecuaria, Universidad Técnica Particular de Loja, Loja 110107, Ecuador.
[2]Institute of Animal Science, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.
[3]Applied Biotechnology Group, Faculty of Chemical Engineering, Technological University of Havana "José Antonio Echeverría" Cujae, Havana, Cuba.

*Correspondencia a: maryne4e@gmail.com

ABSTRACT

The valorization of plant biomass is one of the main strategies for sustainable development. However, its use as energy, biofuels, fertilizers, value-added products, or even food is severely affected by the complexity of the plant cell wall. Therefore, the evaluation of fungi with high production of lignocellulolytic enzymes capable of efficiently degrading these substrates constitutes a viable, clean, and eco-friendly solution, allowing, for example, an increase in the digestibility and nutritional quality of alternative animal feed sources. For these reasons, the present study evaluated the ability of the mutant strain *Trichodema viride* M5-2 to improve the nutritional composition of the forage legumes *Lablab purpureus* and *Mucuna pruriens* through solid-state fermentation. Endo- and exoglucanase cellulolytic activity was assessed, as well as the effect of fermentation on the fiber's physical properties and chemical composition. Molecular changes in the structure of plant fiber were analyzed using infrared spectroscopy. Increased production of the cellulolytic complex of the enzymes endoglucanase (3.29 IU/ml) and exoglucanase (0.64 IU/ml) was achieved in *M. pruriens*. The chemical composition showed an increase in true protein and a decrease in Neutral Fiber, Hemicellulose, and Cellulose, with a consequent improvement of nutritional quality. Fiber degradation was evident in the infrared spectrum with a significant decrease in the signals associated with cellulose and, to a lesser extent, with lignin. It can be concluded that the mutant strain *T. viride* M5-2 produced chemical, physical and molecular changes in the fibrous and protein fractions of *L. purpureus* and *M. pruriens* through SSF, which improved their nutritional value as an alternative feed for animal nutrition. By promoting the use of this fungus, the nutritional quality of this source is increased through an effective and eco-friendly process, which contributes to mitigating the environmental impact on food production, in accordance with sustainability objectives and the need for more responsible agricultural practices.

Keywords: *mucuna; dolicho; fungi, degradation; fiber; cellulolytic enzymes; chemical composition, animal feed*

INTRODUCTION

Global population growth will continue to generate greater demand for animal production. One of the solutions to the food shortage is improving the nutritional quality of agroindustrial waste and other alternative food sources. The lignocellulosic biomass produced from these wastes has low nitrogen content, high fiber content, and low nutrient density; its processing can increase its nutritional value [1]. Despite this, most of the processes used to revalue these residues are complex due to the structure of the plant cell wall.

In tropical and subtropical countries, the production of legume meals could be a very attractive alternative for feeding monogastric species due to its low cost and lack of competition with human food. Savón et al. [2] demonstrated the possibility of using forage meals from tropical legumes such as *Lablab purpureus* and *Mucuna pruriens* in poultry and pig rations. However, these feeds have limitations in terms of the biological availability of several nutrients [3], which could be ameliorated by the application of fungal solid-state fermentation (SSF) processes [4].

In recent years, solid-state fermentation has attracted the interest of scientists and industry due to its potential in the circular bioeconomy [5]. Microbial cultivation on waste-based substrates achieves the dual benefit of complete utilization of the waste and the production of value-added products, such as enzymes or secondary metabolites. They also generate biochemical and structural modifications in a large part of the fiber components, increasing their nutritional value [6], the biological value of dietary protein [7-9] and improving the structure of lignocellulosic compounds [10, 11] of the resulting product, the production of high-value bioproducts, such as bioactive molecules for its use as ingredients in biostimulants [12]. The literature reports the cellulolytic activity of many microorganisms, including several species of fungi such as *Trichoderma [13]*, *Aspergillus* [14] and *Penicilium [15]*, corresponding to more than 50% of the studies related to cellulases. Their use in a more productive way is conditioned by the utilization of highly efficient enzyme mixtures [16]. These microorganisms produce enzymes capable of improving the nutritional value and reducing the fiber content and antinutritional factors in *Vigna unguiculata*, *L. purpureus,* and *M. pruriens* [17]. Therefore, novel feeds obtained from processed legumes are undoubtedly useful for animal and human nutrition, due to their beneficial effects and use in disease prevention.The mutant fungus Trichoderma viride M5-2 is a producer of cellulolytic enzymes (endo and exo β1-4 glucosidase, β glucosidase and laccase) [18, 19], is resistant to catabolic repression with hydrolytic activity on sugarcane bagasse by solid-state fermentation system. Its use was validated by increasing its added value in enzymes and microbial protein with a significant reduction in cellulose content for animal feed purposes.

From these studies this strain was recommended to evaluate grain flours [20] and foliage [21] of tropical legumes *Cannavalia ensiformis* and *Lablab purpureus*, *Vigna unguiculata*, *Mucuna pruriens* and to determine the changes that occur in their nutrient content through solid state fermentation. These legumes have several limitations such as the presence of antinutritional factors, as well as a high content of the cell wall, which enables the decrease of its potential nutritional value and could have a greater or lesser effect on digestive physiologism, depending on the monogastric species [22]. In addition, to determine the quantification of its cellulase enzymes to achieve greater degradation of plant waste for nutrition. Solid-state fermentation enabled improved nutritional value and reduced fiber content, reducing the content of antinutritional factors. In addition to being ideal substrates for obtaining high inoculant yields, without the use of other nitrogen or mineral sources, this ensures the production of inoculants for obtaining fibrolytic enzyme raw materials in the various substrates, as well as obtaining a new product from this substrate, different from the enzyme, as an unconventional feed alternative [17, 18, 20]. However, the *T. viride* M5-2 strain has not been evaluated for its effect in bioconversion processes of postharvest residues of forage legumes in which the entire plant material is mixed. In this study, we investigate its use and its potential to improve the nutritional quality of legume meals intended for animal feed. This approach not only enhances the value of plant biomass, but also contributes significantly to the search for alternatives to conventional protein sources. Therefore, the effect of the mutant strain *T. viride* M5-2 on improving the nutritional composition of whole forage flour meals of legumes through solid-state fermentation was evaluated.

MATERIALS AND METHODS

Fungal species**.** The mutant strain of lignocellulolytic fungus *T. viride* M5-2 was used. It was isolated from sugarcane bagasse with nucleotide sequence number registered in GenBank and accession number: KY977981, which is part of the Institute of Animal Science (ICA) collection of microorganisms [23].

Whole forage flour meals of legumes substrate Preparation. Whole forage flour meals of legumes from *L. purpureus* and *M. pruriens* forage were used for fermentation. The legumes were grown in the experimental area of the Institute of Animal Science (ICA). The flours were made with whole plants (leaves, stems and grains) cut at 5 cm above ground level, when 100% of the plants had pods and 50% of the pods were in a milky state. They were then spread on a plate and dried for 2-3 days until the humidity was reduced to 20-25% to allow grinding and prevent any fermentation process. The dried plants were reduced to a particle size of 1 mm ± 0.2 mm in a hammer mill.

Observation of the cultural characteristics of the fungus *T. viride* M5-2 in legume flours**.** To determine the growth capacity of the fungus in the different flours, cultural characteristics (mycelium and sporulation) were observed at a temperature of 30±1°C and 70% humidity, without macro and micronutrients addition to the flour. This trial only considered the growth or absence of the fungus in the different legume flours, depending on the experimental conditions of the subsequent solid-state fermentation (SSF) test.

Solid state fermentation process. For the experiment, 500 mL Erlenmeyer flasks were used with 10 g of each of the whole forage flours meals, which were moistened with water up to 70% according to a previous analysis of the dry matter of the whole flours. The moist whole forage flours meals were sterilized at 121°C for 20 minutes (min) and inoculated with 1 cm^2 of malt agar grown and completely covered with spores of the fungus, which represents 10% of the fungal inoculum. No urea or other nutrients were added during fermentation, only those from the plant material, which have a high nitrogen content. The mixture was homogenized and the Erlenmeyer flasks were placed in an incubator at 30 °C for 96 hours. The initial pH was 6.13 for *L. purpureus* and 6.03 for *M. pruriens*. Sampling was carried out every 24 hours (h) to perform the corresponding chemical, physic and enzymatic analyses [20].

Cellulolytic Capacity of *T. viride* M5-2 in Solid State Fermentation Process. Enzyme Extract 5 g of the fermented substrates were taken every 24 h during 120 h, 45 mL of sterile distilled water was added, and the suspensions were stirred for 30 min. The suspensions were filtered and then centrifuged at 4000 g for 20 min. The enzyme extract obtained (E.E) was immediately used for the cellulolytic assay and pH measurement; the unused residue was stored at -20 °C. Analyses were performed in triplicate [24]. **Enzyme Activities**. The enzymatic activities (EA) of endo β1-4 glucanase (CMCase) and exo β1-4 glucanase (PFase) were determined, calculated, and expressed in international units per milliliter (IU/mL), which refer to the micromoles of glucose released per minute of reaction under the activity assay conditions [25]. **CMCase Enzyme Activity**. 0.5 mL of (EA) was incubated in a 0.5 mL mixture of 1% carboxymethylcellulose (0.5 viscosity), 0.075 M sodium citrate buffer (pH=4.8), and 3, 5-dinitrosalicylic acid (DNS) at 50°C for 30 min. The reducing sugars released were determined after incubation at 100 ^{0}C for 5 min and the reading was taken at λ=540nm [25]. **PFase enzyme activity**. 0.5 mL of the PFase enzyme (EE) was added to a mixture of 0.075 M sodium acetate buffer (pH = 4.8) and 3,5-dinitrosalicylic acid (DNS) on Whatman No. 1 filter paper (1 x 6 cm) at 50°C for 60 min. The reducing sugars released were determined after incubation at 100°C for 5 min, and the reading was taken at λ = 540 nm [25].

Chemical analysis of solid-state fermentation process**.** To determine the chemical composition of the fiber, 5 g of solid material were taken at 0, 24, 48 and 72 h where the indicators studied were: dry matter (DM) and crude protein (CP) according to AOAC [26], true protein (PV) by the Berstein method cited by Scull [27], neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), Hemicellulose (Hem), cellular content (CC), lignin (Lig) and cellulose (Cel), according to Van Soest [28].

Physical analysis of solid-state fermentation process. Physical properties were determined according to the techniques compiled by Savón et al. [29]. To determine packing volume and solubility, the samples were passed through a 0.8 mm sieve and placed in an oven at 105°C overnight. **Determination of packing volume**. One gram of sample was placed in a graduated centrifuge tube. Centrifugation was then carried out at 3000 rpm for 20 min. Finally, the volume (V %)

occupied by the sample after centrifugation [29]. **Determination of solubility**. 60 mL of distilled water was added to two grams of the initially dried sample and left to stand for one hour. The samples were then filtered and dried in an oven at 60°C for 12 h. The difference between the dry sample weight at the beginning and end of the analysis represented the percentage of the fraction that was solubilized in water [29]. **The water adsorption capacity (WAC)**. The water adsorption capacity was determined by the gravimetric method using the following formula: WAC (g/g) = (wet sample weight – dry sample weight / dry sample weight) and the acid buffering capacity (ABC) and basic buffering capacity (BBC) were determined using the method [30].

Determination of *T. viride* M5-2 structural changes of the whole forage flours meals from the legumes *L. purpureus* and *M. pruriens*, by Fourier Transform Infrared Spectroscopy ATR-FT-IR analysis. The infrared (IR) spectrum was measured on an ATI Mattson Genesis Series FT-IR spectrometer with a special attachment for solid samples, set to attenuated total reflectance (ATR). The infrared spectrum was recorded in the range of 4000 to 600 cm^{-1} at 72h after the start of the fermentation process. Background interference from moisture and CO_2 was instantly eliminated during the scanning process. Each analysis was performed in quintuplicate and the average value was taken as the final spectrum.

Statistical analysis. An analysis of variance (ANOVA) was performed using a completely randomized design with a factorial arrangement (2x4). The mathematical model used for the analysis of variance was:

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + (\tau_i * \beta_j)_k + e_{ijk}$$

where:

Yijk: dependent variable

μ: general mean common to all treatment observations

τi: effect corresponding to the i-th level of the treatment factor τi. τi=1 and 2

βj= effect corresponding to the j-th level of the time factor βj. βj= 1,2,3……5

(τi* βj)k: interaction between the i-th level of factor τi and the j-th level of the time factor βj

eijk= random error, normally and independently distributed with mean 0 and variance σ^2, N~ (0, σ2)

The factors were the two whole grain forage meals, *L. purpureus* and *M. pruriens*, and four sampling times.

For enzyme activity, the values at hour zero were not considered since they correspond to the time of inoculation, when the fungus's enzymatic activity on the substrate has not yet begun. Four time points were also used for this indicator, extending the fermentation to 96 hours to determine whether a significant change in enzymatic activity occurred after 72 hours, justifying further studies of the degradation of these substrates with a positive effect on nutritional quality.The remaining indicators related to chemical-physical characteristics were analyzed at 0, 24, 48, and 72 hours. The experiment was conducted in three replicates for each sampling schedule in different Erlenmeyer flasks, which were then removed. The data selected in a simple and random manner, present an appropriate sample size, comply with a normal distribution and homogeneity of variance as describe in supplementary material 1. For the analysis of variance in a factorial arrangement Data were analyzed using the statistical package InfoStat [31]. Differences between means were established using the Duncan test [32]. The corresponding ANOVAs are presented as supplementary material 2.

RESULTS

Growth of the lignocellulolytic fungus T. viride M5-2 on whole forage flours meals of L. purpureus and M. pruriens

It is known that fungi can present different adaptations depending on nutritional conditions, which directly affects their development [33]. However, the cultural characteristics of *T. viride* M5-2 growth in whole forage flours meals of *M. pruriens* and *L. purpureus* showed that, after 24 hours, it developed a rapid growth (the mycelium was whitish at the beginning and, after 72 hours, a complete sporulation of deep green color was observed) in the two substrates independently of the nutritional conditions of these legumes. These results were achieved under optimal conditions of temperature and humidity. Late sporulation is an important characteristic for greater effectiveness of the degradative potential of the fungus. For this reason, the present research justifies the study with this fungus to determine the specificity of the enzymatic action in the expression of the cellulase complex through SSF over time and to obtain greater action in the cell walls of the fibrous material.

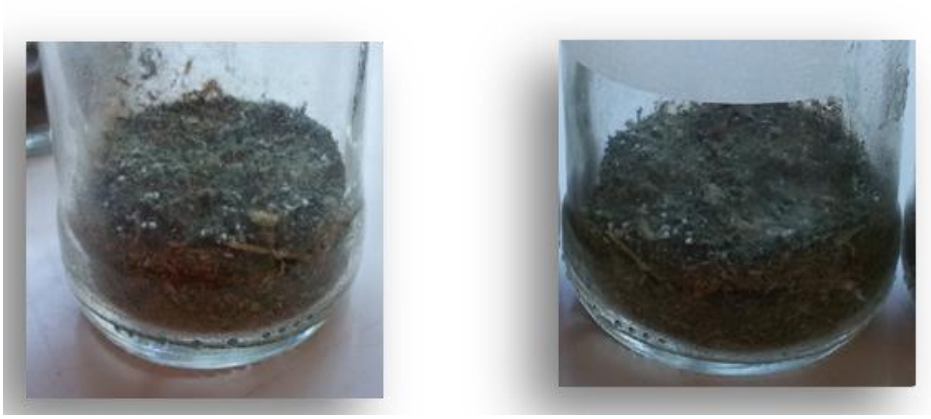


Figure 1. *Growth of the fungus T. viride M5-2 on whole forage meals of legumes (72 hours, temperature 30±1°C, 70% relative humidity). M. pruriens (left), L. purpureus (right).*

Cellulolytic capacity of T. viride M5-2 in the degradation of legumes in the Solid-State Fermentation Process (SSF)

Table 1. *Cellulolytic activity endo β1-4 glucanase (CMCase) of the T. viride M 5-2 strain in the whole forage flours meals of legumes.*

Cellulolytic Activity	Legumes	Fermentation Time (h) 24	48	72	96	SE and p
CMCase (IU/mL)	*L. purpureus*	2.09^{c}	1.18^{b}	1.22^{b}	1.00^{a}	±0.03 p<0,0001
	M. pruriens	3.15^{e}	3.29^{f}	2.57^{d}	2.00^{c}	

^{a,b,c,d,e,f} *Means with different letters in each row differ at p < 0.05 (Duncan, 1955). SE: standard error, p: level of significance.*

Table 2. *Cellulolytic activity exo β1-4 glucanase (PFase) of the T. viride M 5-2 strain in the of whole forage flours meals of legumes.*

Cellulolytic Activity	Legumes	Fermentation Time (h) 24	48	72	96	SE and p
PFase (IU/mL)	*M. pruriens*	0.74^{d}	0.46^{b}	0.39^{a}	0.38^{a}	±0.02
	L. purpureus	0.49^{b}	0.60^{c}	0.64^{c}	0,63^{c}	p<0,0001

^{a,b,c,d}*. Means with different letters in each row differ at (p < 0.005) (Duncan, 1955). SE: standard error, p: level of significance*

Table 3. *Determination of pH during fermentation of the whole forage flours meals of legumes with the T. viride M5-2 strain.*

Indicator	Legumes	Fermentation Time (h) 0	24	48	72	SE and p
pH	***L. purpureus***	6.13^{b}	6.83^{d}	7.46^{g}	7.37^{f}	±0.004 p<0.0001
	M. pruriens	6.03^{a}	6.71^{c}	6.72^{c}	7.12^{e}	

^{a,b,c,d,e,f,g}*. Means with different letters in each row differ at (p<0.05) (Duncan, 1955). SE: standard error, p: level of significance.*

Chemical analysis of solid-state fermentation process by T viride M5-2

Table 4. *Chemical composition of the fiber of the whole forage flours meals of the legumes L. purpureus and M. pruriens, and protein composition during fermentation with T. viride M5-2.*

Indicators (% de DM)	Legumes	Fermentation Time (h)				SE and p
		0	24	48	72	
DM*	*L. purpureus*	28.17^{d}	28.34^{d}	27.82^{c}	27.86^{c}	±0.10 p<0.0001
	M. pruriens	28.76^{e}	26.38^{a}	27.14^{b}	27.14^{b}	
CP	*L. purpureus*	13.63^{a}	17.15^{c}	15.36^{b}	17.03^{c}	±0.13 p<0.0001
	M. pruriens	19.04^{d}	21.34^{e}	22.05^{f}	21.27^{e}	
TP	*L. purpureus*	11.30^{a}	13.24^{b}	13.21^{b}	14.40^{c}	±0.13 p<0.0001
	M. pruriens	17.58^{d}	19.53^{e}	21.74^{g}	20.61^{f}	
NDF	*L. purpureus*	67.83 ^{b}	67.83^{b}	66.74^{a}	67.90^{b}	±0.29 p<0.0001
	M. pruriens	73.06^{d}	68.48^{b}	69.56^{c}	69.83^{c}	
ADF	*L. purpureus*	51.44^{a}	51.18^{a}	52.97^{c}	54.31^{d}	±0.18 p<0.01
	M. pruriens	52.27^{b}	52.54^{bc}	52.64^{bc}	54.78^{d}	
Cel	*L. purpureus*	42.07^{f}	39.28^{b}	41.67^{e}	43.88^{g}	±0.12 p<0.0001
	M. pruriens	39.66^{c}	39.97^{cd}	38.41^{a}	40.14^{d}	
Lig	*L. purpureus*	9.17^{a}	10.87 ^{c}	10.93^{c}	10.20^{b}	±0.12 p<0.0001
	M. pruriens	12.33^{e}	11.38^{d}	13.35^{f}	13.98^{g}	
Hem	*L. purpureus*	16.39^{cd}	16.65^{cd}	13.77^{a}	13.59^{a}	±0.29 p<0.0001
	M. pruriens	20.79^{e}	15.94^{c}	16.92^{d}	15.05^{b}	

^{a,b,c,d*}Means with different letters in each row differ at ($p < 0.05$) (Duncan, 1955). p: level of significance. ^{a,b,c,d,e,f,g,h,i}Means with different letters in each row differ at $p < 0.05$ (Duncan, 1955). SE: standard error, p: level of significance. The values highlighted in bold correspond to the greatest increase in the quemical indicators carried out according to analysis (drye matter [DM], crude protein [CP], true protein [CT], neutral detergent fiber [NDF], acid detergent fiber [ADF], cellulose [Cel], lignin [lig], hemicellulose [Hem].

Table 5. *Physical composition of the fiber of the whole forage flours meals of the legumes L. purpureus and M. pruriens, during of fermentation with T. viride M5-2.*

Physical indicators	Legumes	Fermentation Time (h)				SE and p
		0	24	48	72	
V (g/ml)	*L. purpureus*	4.05^{e}	3.60^{d}	3.35^{b}	4.05^{e}	±0,04 p<0,0001
	M. pruriens	3.48^{c}	3.22^{a}	3.32^{ab}	3.25^{ab}	
WAC (g/g)	*L. purpureus*	3.71^{b}	3.76^{b}	2.85^{a}	4.36^{c}	±0,13 p=0,0005
	M. pruriens	4.66^{cd}	5.14^{e}	4.68^{cd}	4.78^{de}	
ABC (meq)	*L. purpureus*	0.51^{c}	0.42^{a}	0.59^{g}	0.47^{b}	±0,0018 p<0,0001
	M. pruriens	0.63^{h}	0.58^{f}	0.53^{d}	0.57^{e}	
BBC (meq)	*L. purpureus*	0.36^{e}	0.31^{a}	0.45^{g}	0.36^{e}	±0,0013 p<0,0001
	M. pruriens	0.32^{b}	0.41^{f}	0.35^{d}	0.33^{c}	

^{a,b,c,d,e,f,g,h}. Means with different letters in each row differ at $p < 0.05$ (Duncan, 1955). SE: standard error, p: level of significance. Physical composition of the fiber carried out according to analysis: Volume (V), Water adsorption capacity (WAC), acid and base buffering capacity (ABC, BBC).

Determination of T. viride M5-2 molecular changes of whole forage flours meals from the legumes L. purpureus and M. pruriens, by Fourier Transform Infrared Spectroscopy (ATR-FT-IR) analysis

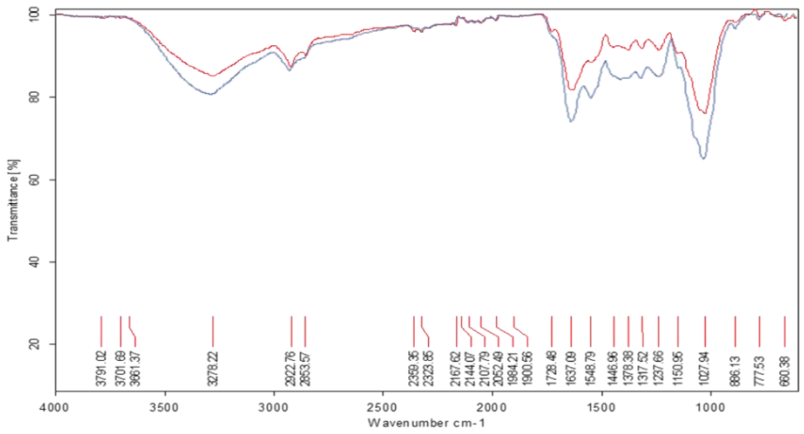


Figure 2. *ATR–FT–IR spectrum of whole forage flours meals from the legume L. purpureus (blue line) after 72 hours of fermentation with the T. viride M5-2 strain (red line). Working range: 4000 to 600 cm⁻¹. Main groups affected by fermentative degradation, unfolded band 3291-3283 cm-1: intense valence vibration of the O-H bond of the phenolic and aliphatic groups, bands 2852 - 2920 cm-1: CH2, CH3 vibrations, 1730 cm-1 ester type bands, band 1636-1449 cm⁻¹ of the carbonyl groups present in the amides, bands 1445-1390 cm⁻¹ of the bond in the OH plane, unfolded band 1028-1051 cm-1 of intense C-O type vibration.*

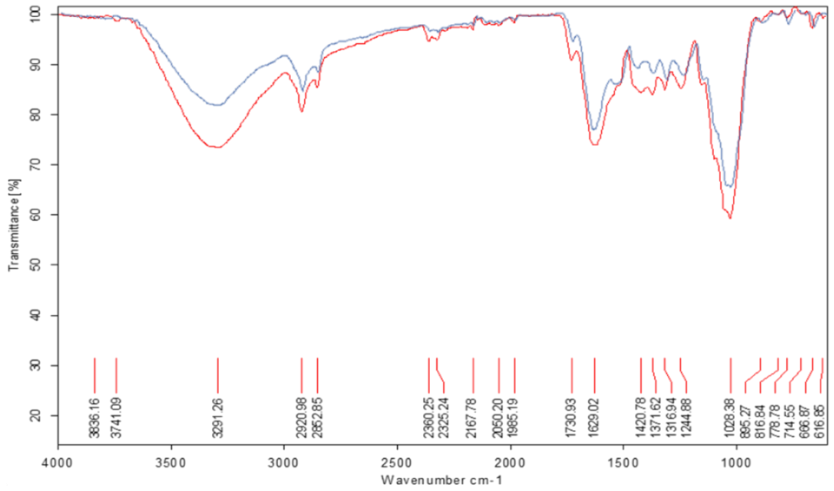


Figure 3. *ATR–FT–IR spectrum of whole forage flours meals from the legume M. pruriens (red line) after 72 hours of fermentation with the T. viride M5-2 strain (blue line). Working range: 4000 to 600 cm⁻¹. Main groups affected by the degradation, band 3291-3283 cm-1: intense valence vibration of the O-H bond of the phenolic and aliphatic groups, bands 2852 - 2920 cm-1: CH2, CH3 vibrations, 1730 cm-1 ester type bands, band 1636-1449 cm⁻¹ of the carbonyl groups present in the amides, bands 1445-1390 cm⁻¹ of the planar OH bond, band 1028-1051 cm-1 of intense C-O type vibration, bands 620-778 cm-1 vibration of the benzene (C=CH).*

CONCLUSIONS

It can be concluded that the mutant strain T. viride M5-2 produced chemical, physical, and molecular changes in the fibrous and protein fractions of *L. purpureus* and *M. pruriens* through SSF, which improved their nutritional value as an alternative feed source for animal nutrition. The valorization of this type of source significantly contributes to improving bioabsorption in animal nutrition, reducing competition with human food, and preserving the environment. Therefore, the conversion of fibrous biomass by cellulolytic fungi develops more efficient, sustainable, and environmentally friendly agricultural production.

PAS-13. Alternative feeding of monogastric species with fiber pretreated by fungal laccase. A new approach

Maryen Alberto Vázquez[*], *Bárbara Rodríguez Sánchez, Elaine Cristina Valiño Cabrera, Lourdes Lucila Savón Valdés*

Institute of Animal Science, P.O. Box 24, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba

[*]Correspondencia a: maryne4e@gmail.com

ABSTRACT

The pretreatment of fibrous materials improves nutritional value of livestock feed, for these reasons the present research aimed to: Evaluate the enzymatic pretreatment of sugarcane bagasse with fungal laccases and its effect on *in vivo* digestibility of broiler chickens and rabbits. Laccase enzymes were purified from Curvularia kusanoi L7 cultures. Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) was used to evaluate the effect of enzymatic pretreatment on fiber. The in vivo digestibility of pretreated bagasse was analyzed using twenty 60-day-old male Cuban Brown rabbits and 30 broiler chickens (HEEB55). Dry matter, ash, fiber fractionation, and apparent fecal nutrient retention were determined. Both studies found similar results; treatments that included enzymatically pretreated bagasse showed higher in vivo digestibility values than the control treatment. It is noteworthy that, in the poultry study, the digestibility of the pretreated bagasse did not differ from that of the corn-soybean control (87.46%). FTIR demonstrates the effectiveness of the enzymatic treatment in modifying the cell wall structure of bagasse. It is concluded that enzymatic pretreatment with laccases increases the digestibility of sugarcane bagasse in diets for poultry and rabbits. The use of laccases in fiber pretreatment represents a new option to develop for fibrolytic products in modern livestock farming.

Keywords: *Curvularia kusanoi* L7; *enzymatic pretreatment; fiber; in vivo digestibility; broiler chicken; Cuban brown rabbit*

INTRODUCTION

The accelerated growth of the world's population is resulting in the depletion of many resources and worsening the international food situation. For these reasons, the development of animal production is essential as one of the fundamental ways to reduce the negative impact of the food deficit. Numerous studies are being conducted to achieve more sustainable production, capable of meeting international demand, and to promote the search for and study of alternative sources of animal feed that do not compete with human nutrition. In this sense, the use of biotechnology offers great potential to improve the competitiveness of agricultural production, especially in underdeveloped countries.

The revaluation of lignocellulosic biomass is one of the most promising solutions [1]. However, the structural complexity of the plant cell walls and the low digestibility of this type of source limit their utilization by species of productive interest, such as monogastric animals. In these cases, fiber pretreatment is one of the most successful solutions to improve its nutritional quality [2]. Among the different pretreatment processes, biological pretreatment stands out for its lower energy consumption, the absence of harsh chemicals, and its operation under near-ambient conditions, in addition to allowing for the reduction of inhibitors and toxic products in the reaction medium [3]. This type of pretreatment includes the use of microorganisms and/or their enzymatic products.

The use of enzymes offers significant economic benefits by reducing the overall process time. Therefore, current studies are focused on the search for new strains with high enzymatic productivity, with the goal of purifying their enzymes [4]. Among the microorganisms that stand out for their high enzyme production are fungi, which are capable of producing cellulolytic enzymes and those that allow the modification of lignin, such as laccases [5]. The latter are key in the process of accessing the polysaccharide matrix [6]. Despite this, this type of enzyme has not been previously used in fibrous feed pretreatment processes in monogastric species feeding systems. For these reasons, the present study aimed to evaluate the enzymatic pretreatment of sugarcane bagasse with laccases and its effect on the in vivo digestibility of species of productive interest.

MATERIALS AND METHODS

Laccase enzyme-producing microorganism: *Curvularia kusanoi* L7 strain, isolated from lemon tree, with number of nucleotide sequences registered in GenBank, and accession number KY795957.

Laccase enzyme production process: Laccase enzymes were obtained by solid-submerged fermentation of wheat bran with the *Curvularia kusanoi* L7 strain. This microorganism was inoculated from the pure culture on PDA at a rate of 3 cm2 in flasks containing 3 g of Allbran-Kellogg's cereal based on wheat bran and 100 mL of citrate buffer (50 mM, pH 5.0). The flasks were incubated on an orbital shaker at 120 rpm for a period of 10 days at 30 °C. Fermentation samples were taken every 24 hours, the contents of each flask were filtered through a Büchner funnel, and the resulting liquid was centrifuged (4 °C, 10,000 rpm, 3 min) to obtain the crude enzyme [7].



Enzyme Purification: From the crude enzyme obtained from the solid submerged fermentation of wheat bran, the laccase enzyme was purified using the triphasic partitioning [8]. Tert-butanol was added to the crude extract in a 1.0:1.1 (v/v) ratio, and this mixture was saturated to 78% with ammonium sulfate. The resulting system was homogenized by vortexing for 1 min. It was then incubated for 1 hour at 38°C in an incubation bath until the phases separated. This system was centrifuged at 4000 rpm for 10 minutes at 25°C. After centrifugation, the phases were separated using a separating funnel, the lower phase was removed, and the middle phase was reserved, which was redissolved in phosphate buffer pH 7. The enzymatic activity of the crude and final preparations, as well as the purification factor and process yield, were determined [8].

Determination of Enzymatic Activity: Laccase activity was determined by the degradation of syringaldazine (5 mM in ethanol). The substrate oxidation was monitored for 1 minute under aerobic conditions at 530 nm. One unit of laccase activity (U) was considered the amount of enzyme that catalyzes the conversion of 1.0 µmol of syringaldazine per minute [9].

Enzymatic pretreatment of sugarcane bagasse and evaluation of fiber degradation by attenuated total reflection Fourier transform infrared spectroscopy (ATR-FT-IR): Finely ground sugarcane bagasse was spread on aluminum trays, and an enzyme dose of 5 IU/g of dry matter was applied. The enzyme product was applied by surface spraying, and the food was allowed to pretreat for 72 h in a temperature-controlled oven at 40 °C. The enzymatic degradation of pretreated bagasse was analyzed by Attenuated Total Reflection Fourier Transform Infrared Spectroscopy (ATR-FT-IR). Pelkin Elmer equipment with an ATR diamond base and MCT/A detector was used. Scans were performed from 4000 cm^{-1} to 400 cm^{-1} [10].

Evaluation of the *in vivo* digestibility of enzymatically pretreated sugarcane bagasse in broiler chickens: The study was conducted at the poultry experimental unit of the Institute of Animal Science, Mayabeque, Cuba. At 21 days of age, 30 broiler chickens (HEEB55) with an average live weight of 470 ± 50 g were randomly selected. Animals were individually distributed in metabolic cages according to a completely randomized design with eight replicates per treatment: 1) control treatment (corn/soybean), 2) inclusion of sugarcane bagasse without enzymatic treatment, 3) sugarcane bagasse treated with *Curvularia kusanoi* L7 laccase. The total excreta collection method was used. Dry matter (DM) and total ash contents were determined [11]. For the extraction of neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), lignin, cellulose and hemicellulose, the Van Soest fractionation method was used [12]. Each analysis was performed in triplicate on the feed and excreta. Apparent fecal nutrient retention was determined as describe in equation 1:

$$Retention\ (\%) = \left(\frac{intake - fecal\ excetion}{intake}\right) * 100 \qquad (1)$$

Evaluation of the *in vivo* digestibility of enzymatically pretreated sugarcane bagasse in Creole brown rabbits: Twenty 60-day-old male Cuban brown rabbits with an average live weight of 1.4 kg ± 2 kg were used. They were randomly distributed in individual cages in three treatments and six replicates, with each animal constituting an experimental unit. The treatments consisted of: I) control treatment (20% untreated bagasse) and treatment II with the inclusion of 20% sugarcane bagasse treated with purified laccase from *Curvularia kusanoi* L7. The diets were prepared according to the recommendations of Machado et al. [13]. The study lasted 10 days, seven for adaptation to diet intake and three for total excreta collection. Drinking water was offered ad libitum, and feed was provided at a rate of 100 g daily, divided into two rations: morning and afternoon. During the experimental phase, the weight of the feed offered and the refusal were monitored to determine daily feed intake. Feces were collected from individual animals, and a pool of excreta was formed per treatment. 10% was collected and stored frozen at -20°C until analysis [14]. Dry matter (DM) and total ash contents were determined [11]. The Van Soest fractionation method [12] was used to extract neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), lignin, cellulose, and hemicellulose. Each analysis was performed in triplicate on feed and excreta. Apparent fecal nutrient retention was determined [14].

Statistical Analysis: A completely randomized design was used in both experiments. In the case of broiler chickens, three treatments with ten replicates each were used, and in the study on rabbits, two treatments with ten replicates each were used. Each animal represented an experimental unit. The results were analyzed using the computerized statistical package InfoStat [15]. The mean values were compared using Duncan's test [16] where necessary

RESULTS

Obtaining and Purifying the Laccase Enzyme

Obtaining laccase and purifying it by triphasic partitioning yielded an enzyme preparation enriched with this enzyme (laccase enzyme activity of 3.1 IU/mL), with a purification yield of 86%. The selection of this system was based primarily on its simplicity and selectivity for this type of enzyme [17]

Enzymatic Pretreatment of Sugarcane Bagasse and Evaluation of Degradation by ATR-FTIR

Pretreatment of sugarcane bagasse with laccase from the fungus *Curvularia kusanoi* L7 resulted in significant fiber degradation, with a decrease in the intensity of signals associated with plant cell wall components (Figure 1). The greatest reductions in intensity were located between 2000 and 1000 cm^{-1}, the wave number range where the vibrations of the aromatic ring of lignin [18] are detected, this area of the spectrum being known as the lignin fingerprint.

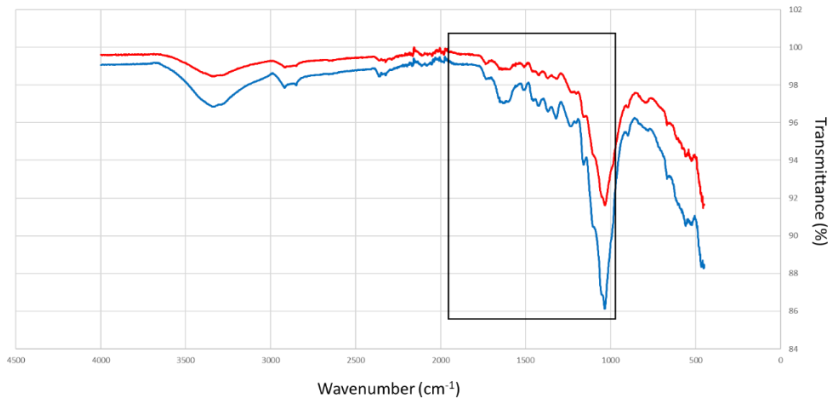


Figure 1. *FTIR spectrum of untreated sugarcane bagasse (blue line) and bagasse enzymatically pretreated with Curvularia kusanoi L7 laccase (red line), measuring range 4000-400 cm-1. The rectangle indicates the area of greatest enzymatic degradation of cell wall components.*

The results analyzed by FTIR suggest that the enzymatic pretreatment of bagasse successfully modified the plant fiber, an aspect of great importance to ensure better access of digestive enzymes in monogastric animals to this food, with the consequent improvement in its utilization.

In vivo digestibility evaluation of enzymatically pretreated sugarcane bagasse in diets of species of productive interest

The following tables (1 and 2) present the results of the *in vivo* digestibility evaluation of the biotransformed feed in diets of broiler chickens and Creole brown rabbits.

Table 1. *In vivo digestibility of sugarcane bagasse pretreated with the laccase enzyme of Curvularia kusanoi L7. Study in broiler chickens.*

Ind. (%)	Control Corn/Soybean	Control with 10% untreated sugarcane bagasse	Diet with 10% pretreated bagasse	SE ± Sign.
DMD	87,38^{b}	80,09^{a}	87,34^{b}	±1,51 P=0,0031
AFD	75,61^{b}	65,37^{a}	77,90^{b}	±2.29 P=0,0007
DC	81,82^{b}	65,78^{a}	81,22^{b}	±1,78 P<0,0001
LW	1,79^{c}	1,51^{a}	1,71^{b}	±0,03 P<0,0001

^{a,b,c}*Means with different letters in each row differ at P < 0.05 (Duncan,1955). DMD dry matter digestibility, AFD acid fiber digestibility, DC cellulose digestibility, LW final live weight.*

As shown in Table 1, no differences were found in the *in vivo* digestibility of the control diet containing corn-soybean and the diet containing enzymatically pretreated bagasse. Furthermore, it is important to note how the enzymatic pretreatment process increased the live weight of the animals at the end of the experiment. These values, while lower than those achieved with corn-soybean (traditional diet), are higher than those achieved with the alternative diet containing untreated bagasse.



Table 2. *In vivo digestibility of sugarcane bagasse pretreated with the laccase enzyme of Curvularia kusanoi L7. Study in rabbits*

Ind. (%)	Control with 10% untreated sugarcane bagasse	Diet with 10% pretreated bagasse	SE ± Sign.
DMD	85,23	87,02	±1,12 P=0,0016
AFD	82,56	85,22	±1,06 P<0,0001
CD	83,91	88,03	±1,78 P=0,0009

Mean values per row differ at P <0.05 (Duncan, 1955). DMD dry matter digestibility, AFD acid fiber digestibility, CD cellulose digestibility.

The results obtained in rabbits are similar to the previous study with broiler chickens. As can be seen in Table 2, the treatment with enzymatically pretreated bagasse presents higher in vivo digestibility values than the control treatment with untreated bagasse.

DISCUSSION

The use of lignocellulosic biomass in animal feed is presented as an important solution to the livestock feed shortage. Rising prices for cereals and other dietary components create the need to seek more economical alternatives that provide a food product with adequate nutritional value. Within lignocellulosic biomass, several agroindustrial residues have a chemical and physical composition that allows their use with satisfactory results in this field. Many of them are used in the production of animal feed for ruminants, poultry, pigs, and other species of economic interest [19].The critical point in the bioconversion of fibrous substrates of different types is access to the polysaccharide matrix. This aspect depends largely on the fiber composition and, in particular, on the cellulose and lignin content [20]. The structural complexity of the fiber, as well as its close association and chemical cross-linking, make them recalcitrant biomolecules.

An analysis of the results obtained from infrared spectroscopy shows how the enzyme preparation efficiently degrades the components of the fibrous fraction of sugarcane bagasse. The decrease in the signals associated with the presence of lignin (lignin fingerprint) demonstrates the potential of this type of fiber pretreatment to increase its digestibility. This research coincides with similar studies by Alberto et al. [18] who used this type of enzymatic treatment for the degradation of raw wheat straw. They also found that the greatest reductions in spectral intensities were observed in the lignin footprint region, specifically in the characteristic triplet attributed to the vibrations of the aromatic ring of this molecule.

It is known that the mechanism of action of this enzyme itself involves the oxidative depolymerization of phenolic compounds through the formation of unstable phenoxyl radicals [21]. Therefore, variations in the intensity of these types of bands in the spectrum are indicative of enzymatic action on the phenolic units of lignin.

In this regard, Mwaikambo and Ansell [22] found a marked decrease in the band between 3400 and 3100 cm^{-1} after treating straw fibers with laccase enzyme, as in the present study where a marked decrease in the band corresponding to the stretching vibration of O-H groups (phenolic and aliphatic) was also observed in this same interval. According to Mattinen et al. [23] and Kahar [24], the changes at 1610 cm^{-1} attributed to the vibrations of the aromatic ring of lignin due to the vibration of the aromatic skeleton (C=C), are indicative of changes in the lignin surface, so a lower intensity of this band demonstrates the ability of laccases to oxidize the phenolic units present on the surface of the fibers [25, 26].

The modification of the physical and chemical characteristics of plant fiber through enzymatic pretreatment processes allows for improved nutritional quality and animal utilization of this resource, primarily by improving access to cellulose fibers by breaking down the complex structure of the cell wall [27]. It might therefore be expected that the ligninolytic activity of laccases against fibrous matrices and complex substrates would be increasingly used in the biotechnology industry [28]; however, in the field of animal production, these enzymes are not used to the same extent as cellulolytic and xylanolytic enzymes. In fact, most international companies that market fibrolytic enzymatic products for the livestock sector, such as Grasszyme®, Alfazyme®, and Fibrozyme® [29], lack lignin-modifying enzymes such as laccases in their composition.

Considering that the combination of cellulolytic and ligninolytic activity achieves a more complete and exhaustive degradation of plant fiber [30], the inclusion of laccase enzymes in fibrolytic products for livestock could be expected to optimize formulations and achieve much more efficient technologies. In this regard, this study demonstrates how the enzymatic degradation of sugarcane bagasse through treatment with laccase improves the nutritional characteristics of this alternative feed, with a positive effect on its *in vivo* digestibility and improving its physiological utilization by animals of productive interest such as broiler chickens and Creole brown rabbits.

Furthermore, this research provides the necessary elements to consider the incorporation of this type of lignin-modifying enzymes in the pretreatment of fibrous sources for use in animal production, while also outlining new lines of thought in the formulation and study of fibrolytic products for current livestock farming.

BIBLIOGRAFÍA

Isikgor F y Remzi C. Lignocellulosic Biomass: A Sustainable Platform for Production of Bio-Based Chemicals and Polymers. Polymers Chemistry. 2015; 6: 4497-4559. https://doi.org/10.1039/C5PY00263J.

Aguiar N, Chicaiza E, Santana K y Caicedo W O. Composición química de subproductos agroindustriales destinados para la alimentación de cerdos. Revista Caribeña de Ciencias Sociales. 2019. Disponible en: https://www.eumed.net/rev/caribe/2019/04/subproductosalimentacioncerdos.htmL/

Bala A y Singh B. Development of an environmental-benign process for efficient pretreatment and saccharification of Saccharum biomasses for bioethanol production. Renewable Energy. 2019; 130: 12-24. https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.06.033/.

Zhao C, Xie B, Zhao R y Fang H. Microbial oil production by Mortierella isabellina from sodium hydroxide pretreated rice straw degraded by three-stage enzymatic hydrolysis in the context of on-site cellulase production. Renewable Energy. 2019; 130: 281-289. https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.06.080/.

Munk L, Sitarz A K, Kalyani D C, Mikkelsen J D, Meyer A S. Can laccases catalyze bond cleavage in lignin? Biotechnology Advances. 2015; 33 (1): 13-24. https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2014.12.008

Mehandiaa S, Shailendra S y Arya K. Isolation and characterization of an alkali and thermostable laccase from a novel Alcaligenes faecalis and its application in decolorization of synthetic dyes. Biotechnology Reports. 2020; 25, e00413. https://doi.org/10.1016/j.btre.2019.e00413/

Wang, L.Y., Cheng, G.N & May, A.S. 2014. "Fungal solid-state fermentation and various methods of enhancement in cellulose production". Biomass and Bioenergy, 67: 319-338, ISSN: 0961-9534, DOI: https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2014.05.013

Alberto, M., Valiño, C.E., Ayala, M., Folch, J.L., Sánchez, R., Tapia, I. & Albelo, N. 2018. Manual de procesos para la obtención y purificación de la casa a partir del hongo Curvularia kusanoi L7. No. Registro 2137-07-2018, Oficina Cubana de la Propiedad Industrial, La Habana, Cuba

Perna, V., Agger, J. W., Holck, J. y Meye, A. S. (2018). Multiple Reaction Monitoring for quantitative laccase kinetics by LC-MS. Scientific Reports, 8, pp. 8114. DOI:10.1038/s41598-018-26523-0

Alberto M, Valiño E C, Torta L, Laudicina V A, Sardina M T, Mirabile G. Potencialidades del consorcio microbiano Curvularia kusanoi - Trichoderma pleuroticola como pretratamiento biológico de fuentes fibrosas. Revista MVZ Córdoba. 2022; 27 (2). https://doi.org/10.21897/issn.0122-0268

AOAC (Official Method of Analysis: Association of Official Analytical Chemists). Arlington, Virginia, USA. 16th Edition. Ed. AOAC International. 1995. 474. ISBN: 0935584544

Goering H K y Van Soest P J. Forage fiber analysis (apparatus, reagents, procedures and some applications). Washington: USDA. Agricultural Handbook; 1970. No. 379, 1970.

Machado LC, Motta W., Scapinello C, Sangoi M, y Castro A. Manual de formulação de ração e suplementos para coelhos. Brasilia: Associação Científica Brasileira de Cunicultura; 2011. 24 p. ISBN 978-85-912388-1-1.

Pérez J, Cervera C, Falcao E, Concha L, Maertens L, Villamide M J y Xiccato G. European ring-test on In Vivo determination of digestibility in rabbits: reproducibility of a reference method compared with individual laboratory procedures. World Rabbit Science. 1995; 3: 41-43.

Di Rienzo J A, Casanoves F, Balzarini M G, Gonzalez L, Tablada M y Robledo C W. InfoStat versión. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. 2012. http://www.infostat.com.ar

Duncan D B. Multiple range and multiple F tests. Biometrics, 1955; 11 (1):1-42. https://doi.org/10.2307/3001478

Gagaoua M y Hafid K. Three Phase Partitioning System, an Emerging Non-Chromatographic Tool for Proteolytic Enzymes Recovery and Purification. Biosensors Journal. 2016; 5(1): 1–4. http://doi.org/10.4172/2090-4967.1000134/.

Alberto M, Valiño E C, Torta L, Laudicina V A, Sardina M T, Mirabile G. Ligninolytic potential of Curvularia kusanoi L7 laccases for animal production. Cuban Journal of Agricultural Science. Cuba. 2020; 54(2): 157-167



Plouhinec, L, Neugnot, V., Lafond, M. & Berrin, J. 2023. Biotechnology Advances Carbohydrate-active enzymes in animal feed, 65: 108145, ISSN: 1873-1899. https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2023.108145

Saldarriaga, S., Velasco, C, Flores, P., Rostro, M., Parra, R., Iqbal, H. & Carrillo, D. Biotransformation of lignocellulosic biomass into industrially relevant products with the aid of fungi-derived lignocellulolytic enzymes. International Journal of Biological Macromolecules, 161: 1099-1116, ISSN: 1879-0003. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.06.047.

Ghoul, M. & Chebil, L. 2012. Enzymatic Polymerization of Phenolic Compounds by Oxidoreductases. In: Enzymatic polymerization of phenolic compounds by oxidoreductases. SpringerBriefs in Molecular Science. Ed. Springer, Dordrecht, Holanda. ISBN: 978-94-007-3919-2, DOI: https://doi.org/10.1007/978-94-007-3919-2_1

Mwaikambo, Y. & Ansell, P. 2011. "Chemical modification of hemp, sisal, jute, and kapok fibers by alkalization". Journal of Applied Polymer Science, 84(12): 2222-2234, ISSN: 1097-4628, DOI: https://doi.org/10.1002/app.10460

Mattinen, M.L., Kruus, K., Buchert, J., Nielsen, J.H., Andersen, H.J. & Steffensen, C.L. 2005. "Laccase-catalyzed polymerization of tyrosine-containing peptides". The FEBS Journal, 272(14): 3640–3650, ISSN: 1742-464X, DOI: https://doi.org/10.1111/j.1742-4658.2005.04786.x

Kahar, P. 2013. Synergistic Effects of Pretreatment Process on Enzymatic Digestion of Rice Straw for Efficient Ethanol Fermentation. In: Environmental Biotechnology - New Approaches and Prospective Applications. Petre, M. (Ed.). Ed. IntechOpen Limited, London, United Kingdom, p. 65–87, ISBN: 978-953-51-5354-2, DOI: https://doi.org/10.5772/54949

Oliva, T., Moreno, A.D., Demuez, M., Ibarra, D., Pejó, E.T, González, C.F. & Ballesteros, M. 2015. "Unraveling the effects of laccase treatment on enzymatic hydrolysis of steam-exploded wheat straw". Bioresourse Technology, 175: 209–215, ISSN: 0960-8524, DOI: https://doi.org/10.1016/j.biortech.2014.10.086

Liu, H., Wu, Z., Zeng, G., Huang, D., Shen, Y., He, X., Lai, M. & Yibin, Y. 2014. "Study on biodegradation process of lignin by FTIR and DSC". Environmental Science Pollution Research, 21: 14004-14013, ISSN: 0944-1344, DOI: https://doi.org/10.1007/s11356-014-3342-5

Raghuwanshi S., Misra S., Saxena R. 2014. Treatment of wheat straw using tannase and white-rot fungus to improve feed utilization by ruminants. Journal of Animal Science and Biotechnology, 5, pp. 1-8. https://doi.org/10.1186/2049-1891-5-13/

Sun K, Li S, Si Y, & Huang Q. Advances in laccase-triggered anabolism for biotechnology applications. Critical Reviews in Biotechnology. 2021; 41(7): 969-993.

Zilio C, Del Valle A, Ghizzi G, Takiya S, Días S S, Nunes T, Silva G y Rennó P. Effects of exogenous fibrolytic and amylolytic enzymes on ruminal fermentation and performance of mid-lactation dairy cows. Journal of Dairy Science. 2019; 102(5): 4179-4189. https://doi.org/10.3168/jds.2018-14949.

Lillington P, Leggieri P, Heom K y O'Malley M. Nature's recyclers: anaerobic microbial communities drive crude biomass deconstruction. Current Opinion in Biotechnology. 2020; 62: 38-47. https://doi.org/10.1016/j.copbio.2019.08.015/.

PAS-14. Respuesta productiva de pollos de ceba tratados con un aditivo zootécnico ecuatoriano como alternativa a antibióticos promotores del crecimiento

Productive response of broiler chickens treated with an Ecuadorian zootechnical additive as alternative to growth promoting antibiotics

J. R. Guerrero-López[1]; E. C. Valiño-Cabrera[2]; B. Rodríguez-Sánchez[2]; Y. García-Hernández[2]*

[1]Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Ambato. Sector Querochaca, km 1 ½, vía Cevallos-Quero, Tungurahua, Ecuador.

[2]Instituto de Ciencia Animal (ICA). Carretera Central km 47 ½, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba

[*]Correspondencia a: jr.guerrero@uta.edu.ec

RESUMEN

Durante décadas, el crecimiento y la salud de los animales se ha mejorado con el uso de antibióticos. Sin embargo, múltiples países prohibieron o restringieron su uso no terapéutico, lo que justifica la urgente necesidad de alternativas. Por eso, el objetivo del trabajo fue determinar el efecto de un aditivo zootécnico, obtenido en Ecuador, en el comportamiento productivo de pollos de engorde como alternativa a antibióticos promotores del crecimiento. Se utilizaron 210 pollos de engorde Cobb500, de ambos sexos, 1 día de edad y 39±3 g de peso vivo, según diseño completamente aleatorizado con cinco tratamientos, tres repeticiones y 14 aves por repetición. Estos consistieron en control (T0), 0,2% de aditivo ecuatoriano (T1); Estos consistieron en control sin aditivo (T0), inclusión del aditivo ecuatoriano al 0,2% (T1); 0,009% de enramicina (T2), 0,04% de virginiamicina (T3) y sulfato de colistina Colix 200 al 0,012% (T4). A los 42 d, el porcentaje de viabilidad de las aves fue mayor al 90% en todos los tratamientos, sin diferencias. A los 42 d, el porcentaje de viabilidad de las aves fue mayor al 90% en todos los tratamientos, sin diferencias entre tratamientos. Se detectaron diferencias entre tratamientos para los indicadores peso vivo, ganancia de peso, consumo y conversión alimenticia.El mejor comportamiento productivo se obtuvo con la inclusión de virginiamicina y 0.2% del aditivo zootécnico. El peso vivo y la ganancia de peso difirieron entre el grupo con aditivo zootécnico ecuatoriano, enramicina y sulfato de colistina. Las aves tratadas con virginiamicina tuvieron menor consumo de alimento. Además, la conversión alimenticia fue mayor en el control, enramicina y sulfato de colistina. Por lo tanto, el aditivo zootécnico puede ser utilizado en la producción de pollos de engorde como un promotor de crecimiento animal, y su efecto en el comportamiento productivo fue similar al de la virginiamicina.

Palabras clave: *aves; bacterias; conducta animal; levaduras; estado de salud*

ABSTRACT

For decades, the growth and health of food-producing animals have been enhanced by the use of antibiotics. However, multiple countries have introduced bans or severe restrictions on the non-therapeutic use. This has therefore warranted the urgent need for alternatives. The aim of this work was to determine the effect of a zootechnical additive, obtained in Ecuador, on the productive performance of broiler chickens as alternative to growth promoting antibiotics. Cobb500 broilers (210), both sexes, 1 day old and 39±3 g live weight were used, according completely randomized design with five treatments, three repetitions and 14 birds for repetitions. These consisted of control (T0), inclusion of the Ecuadorian additive at 0.2% (T1); 0.009 % enramicin (T2), 0.04 % virginiamicin (T3) and colistin sulfate Colix 200 at 0.012 % (T4). Each repetition was considered an experimental unit composed of 14 birds. At 42 d, the percentage of bird viability was greater than 90% in all treatments, without differences. The best productive performance was obtained with the inclusion of virginiamicin and 0.2% of the zootechnical additive. Live weight and weight gain differed between the group with the Ecuadorian zootechnical additive, enramicin and colistin sulfate. Poultry treated with virginiamicin had lower feed intake. In addition, feed conversion was higher in the control, enramicin and colistin sulfate. Therefore, the zootechnical additive can be used in broiler chicken production as an animal growth promoter, and its effect in productive performance was similar to that of virginiamicin.

Keywords: *animal behaviors; bacteria; birds; health status; yeasts*

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, unido a las mejoras en la selección genética y otras acciones estratégicas, el uso de antimicrobianos en dosis sub-terapéuticas permitieron el control de enfermedades infecciosas, lo que mejoró la salud y la eficiencia alimentaria de los animales (Laxminarayan et al. 2015; Costa et al. 2017; Al-Shawi et al. 2020). Sin embargo, su uso excesivo, generalizado e irresponsable en la medicina humana y en la agricultura creó una presión selectiva y fomentó la aparición y propagación de microorganismos resistentes (Abd El-Ghany 2020; Nazeer et al. 2024).



El hecho de que tanto bacterias, hongos, parásitos como virus puedan pasar de los animales a los seres humanos, los alimentos, el agua y el medio ambiente incrementó la preocupación mundial acerca de la resistencia a los antimicrobianos y se convirtió en una de las amenazas más acuciantes para la salud pública mundial del siglo XXI (Ahmed et al. 2024). Ante esta situación, muchos países restringieron y posteriormente, prohibieron el uso de antibióticos como promotores del crecimiento en los sistemas de producción animal (Lee et al. 2017). En otros países, fundamentalmente los del continente americano, aún se utilizan y ponen en riesgo su seguridad alimentaria y salud pública.

Las regulaciones y prohibiciones antes mencionadas aumentaron la demanda de sustitutos para evitar pérdidas en la producción animal. De ahí que, en los últimos 20 años, los nutricionistas especializados, investigadores y productores incrementaron el interés por la exploración y evaluación de promotores de crecimiento, alternativos y seguros, convirtiéndose en un área de investigación prioritaria (Ayalew et al. 2022; Kholif et al. 2025). Al respecto, recientemente en el Ecuador, se obtuvo un nuevo aditivo zootécnico, con bacterias lácticas, levaduras y otras sustancias bioactivas, que se propone con potencialidades para la producción animal (Guerrero et al., 2025) y pudiera ser una alternativa autóctona al uso de los antibióticos promotores del crecimiento. Por tanto, el objetivo del presente trabajo fue determinar la respuesta productiva de pollos de ceba que consumen un aditivo zootécnico ecuatoriano como alternativa a antibióticos promotores del crecimiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización y características del área de estudio**.** La investigación se realizó en una Granja Experimental Avícola de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, de la Universidad Técnica de Ambato, situada en el sector Querochaca, Cantón Cevallos, Provincia Tungurahua, República del Ecuador. Las características de la localidad son 2 855 m.s.n.m. de altitud, 442,4 mm de precipitación media anual y 16±2ºC de temperatura media.

Diseño y tratamientos experimentales. Se utilizó un diseño completamente aleatorizado, con cinco tratamientos y tres repeticiones por tratamiento, donde cada repetición se consideró una unidad experimental compuesta por catorce aves. Los tratamientos consistieron en: control, sin promotor del crecimiento (T0), aditivo ecuatoriano al 0,2 % (T1), enramicina al 0,009 % (T2), virginiamicina al 0,04 % (T3) y sulfato de colistina Colix 200 al 0,012 % (T4).

Animales, condiciones experimentales y sistema de alimentación y manejo. El experimento tuvo una duración de 50 días y se desarrolló según la Guía de Buenas Prácticas Avícolas de la Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro (Sistema Agrocalidad, Ecuador, 2020). Para ello, se utilizaron 210 pollos de ceba Cobb500 con 39±3 g de peso vivo, de ambos sexos, de 1 día de edad y 39±3 g de peso vivo. Los animales se alojaron en corrales de 1.20 m2 (10 aves/corral) y en piso con cama de cascarilla de arroz. Previo a la experimentación, se realizó la limpieza y desinfección del galpón. El sistema de vacunación de los animales consistió en una dosis al nacer de Marek vía subcutánea, una dosis contra Bronquitis infecciosa H120 vía ocular en el primer día de vida, Gumboro+Newcastle vía pico-ocular a los 7 días, Gumboro a los 15 días y para hepatitis por cuerpos de inclusión vía subcutánea a los 21 días.

Se utilizó un sistema de alimentación trifásico (inicio, crecimiento y finalización), en el que se ofertaron, dos veces al día, dietas para pollos de ceba según las recomendaciones de Cobb-Vantress (2015), bajas en proteína para evitar el síndrome ascítico. Los aportes calculados en nutrientes y energía de las dietas utilizadas en el experimento se presentan en la tabla 1. El agua se suministró en bebederos niple y el alimento en comederos tubulares, ambos ad libitum. Durante toda la crianza, se monitoreó la cantidad de alimento ofertado y rechazado para calcular el consumo. Las dosis de los antibióticos promotores del crecimiento se aplicaron de acuerdo a las recomendaciones de los fabricantes.

Aditivo zootécnico ecuatoriano (AZE). El aditivo se obtuvo por la metodología de Bustamante et al. (2021) con modificaciones en la composición del sustrato e inóculo, según lo expuesto por Guerrero et al. (2025). Este contenía 1.4x107 UFC/g de aerobios mesófilos, 1.0x106 UFC/g de levaduras, adecuada calidad higiénico-sanitaria (<10 UFC/g de Enterobacterias, coliformes totales y Escherichia coli, no presencia de Salmonella y Listeria spp.), 14,2% de humedad, 14,2% de proteína bruta, 11,8% de cenizas, 0,21% de grasa, 14,3% de fibra bruta, 45% de carbohidratos totales y 6,72 de pH.

Tabla 1. *Composición y aporte nutricional de las dietas de inicio, crecimiento y finalización suministradas a los pollos de ceba tratados con el aditivo zootécnico ecuatoriano y antibióticos promotores del crecimiento.*

Materias primas	Cantidad, %		
	Inicio	Crecimiento	Finalización
Harina de maíz	58,62	59,73	63,54
Harina de torta de soya (44 %)	34,13	32,06	29,11
Aceite de palma	3,37	3,70	3,71
Carbonato de calcio	1,49	1,40	1,30

Fosfato monocálcico	1,04	1,00	0,90
Sal yodada	0,31	0,30	0,35
Premezcla minero-vitamínica	0,23	0,20	0,20
Lisina, HCl	0,01	0,23	0,25
Antimicótico	0,20	0,20	0,20
DL-Metionina	0,24	0,24	0,25
L-Treonina	0,25	0,80	0,10
Sesquicarbonato de sodio	0,05	0,063	0,04
Cloruro de colina (60%)	0,05	0,05	0,05
Diclazuril 0,5 % (coccidiostático)	0,02	0,02	0,02
Aporte nutricional calculado, % en base húmeda			
Materia seca	88,87	88,93	88,81
Proteína bruta	20,15	19,92	18,44
Cenizas	5,73	5,53	5,19
Fibra bruta	3,26	3,20	3,16
Grasa	6,21	6,54	6,63
Calcio	0,81	0,77	0,71
Fósforo	0,61	0,59	0,56
Sodio	0,16	0,16	0,18
Lisina	1,08	1,19	1,14
Metionina+Cistina	0,86	0,84	0,83
Energía metabolizable, MJ/kg	12,65	12,84	13,00

Evaluación del efecto del aditivo zootécnico y antibióticos. La respuesta de los animales al suministro del aditivo y los antibióticos en las dietas se determinó para el ciclo de crianza (1-42 d). Se monitoreó y registró el peso vivo, la oferta y rechazo del alimento, el estado general y comportamiento de los pollos y el número de animales muertos. Además, se calculó la ganancia de peso vivo (peso final-peso inicial), consumo de alimento, conversión alimenticia (consumo/ganancia de peso) y porcentaje de viabilidad (existencia final/existencia inicial)*100.

Análisis estadístico. En el análisis de los resultados se utilizó el paquete estadístico computarizado INFOSTAT (Di Rienzo *et al.*, 2012). En los casos necesarios, los valores medios se compararon mediante la dócima de Duncan (1955) para $p<0,05$. Con la variable respuesta porcentaje de viabilidad, que no siguió una distribución normal, se empleó un modelo lineal generalizado de efectos fijos con ayuda del Proc GLIMMIX del SAS (2013) que consideró el efecto del tratamiento con cinco clases. La distribución de la variable respuesta fue logn (log normal), por lo que la función de enlace correspondiente fue *identity*.



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las aves del presente estudio tuvieron un buen estado general y comportamiento normal durante toda la crianza (1-42 d), con una viabilidad superior al 90 % en todos los tratamientos (tabla 2). Este indicador no difirió con la aplicación del aditivo zootécnico y los antibióticos promotores del crecimiento en estudio.

Tabla 2. *Porcentaje de viabilidad a los 42 días de edad de pollos de ceba tratados con el aditivo zootécnico ecuatoriano (AZE) y antibióticos promotores del crecimiento.*

Tratamientos	Viabilidad transformada (media original, %)	EE±	*p*-valor
T0 (control)	4,53 (92,86)	0,0191	0,3818
T1 (0,2 % del AZE)	4,56 (95,24)		
T2 (enramicina al 0,009 %)	4,56 (95,24)		
T3 (virginiamicina al 0,04 %)	4,58 (97,62)		
T4 (sulfato de colistina al 0,012 %)	4,53 (92,86)		

En la tabla 3 se presentan los indicadores productivos de los pollos de ceba a los 42 días de edad. Se encontró que el peso vivo final y la ganancia de peso difirieron entre el grupo donde se incluyó el aditivo zootécnico ecuatoriano, la enramicina y el sulfato de colistina. El consumo de alimento, también, varió entre tratamientos y fue menor en el grupo de aves donde se utilizó la virginiamicina. Los pollos que se trataron con el aditivo zootécnico ecuatoriano tuvieron un consumo similar a los del control y los que recibieron enramicina y sulfato de colistina. Aunque este último grupo si difirió del control y fue menor. Por otra parte, el valor de la conversión alimenticia de las aves fue superior en los pollos del tratamiento control y los que recibieron enramicina y sulfato de colistina. Por tanto, la mejor conversión alimenticia se obtuvo con el aditivo zootécnico y la virginiamicina.

Tabla 3. *Indicadores productivos de pollos de ceba con 42 días de edad y tratados con un aditivo zootécnico ecuatoriano y antibióticos promotores del crecimiento*

Indicadores	Tratamientos					EE±	*p*-valor
	T0	T1	T2	T3	T4		
Peso vivo, g	2813,65^{ab}	2978,77^{b}	2780,00^{a}	2811,85^{ab}	2655,55^{a}	58,73	0,0379
Ganancia de peso, g	2774,32^{ab}	2941,77^{b}	2741,33^{a}	2772,18^{ab}	2613,22^{a}	58,67	0,0346
Consumo de alimento, g	4877,77^{c}	4607,69^{bc}	4705,12^{bc}	4147,95^{a}	4503,72^{b}	87,03	0,0017
Conversión alimenticia, kg/kg	1,76^{b}	1,57^{a}	1,72^{b}	1,50^{a}	1,73^{b}	0,04	0,0044

^{a,b,c}Por fila, medias con diferentes letras difieren a p<0,05 (Duncan 1955)

T0: control; T1: AZE (0,2 %); T2: enramicina (0,009 %); T3: virginiamicina (0,04 %); T4: sulfato de colistina (0,012 %)

En el presente experimento, se encontraron variaciones en los indicadores productivos, según el aditivo alimentario que se empleó. Se observa que la enramicina no mejoró el comportamiento de los animales respecto al control. Este promotor del crecimiento es un polipéptido antibiótico que se utiliza en la producción de pollos por su eficacia en la prevención de enteritis necrótica inducida por patógenos Gram positivos del tracto intestinal, en particular *Clostridium perfringens*, lo que influye en la modulación de la microbiota cecal y una mejora de la conversión alimenticia (Ngoh et al. 2018; Chen y Yu 2022). Por tanto, el resultado anterior pudiera asociarse con que las aves en experimentación tenían un buen estado de salud intestinal.

El sulfato de colistina tampoco mejoró la ganancia de peso y la conversión alimenticia respecto al tratamiento control, quizás debido al buen estado de salud de las aves antes mencionado. En este caso el sulfato de colistina también es un polipéptido antibiótico que se utiliza para prevenir la enteritis en los animales de producción. Sin embargo, a diferencia de la enramicina, es activa contra bacterias patógenas Gram negativas (EMA/CVMP/CHMP 2016). Es muy eficaz contra cepas de *Escherichia coli* y *Salmonella* spp. Las bacterias Gram positivas suelen ser menos sensibles a este antibiótico, aunque existen algunas cepas de las especies *Staphylococcus* spp., *Bacillus* spp., *Streptococcus pyogenes* y *Corynebacterium* spp. (FAO 2006).

La colistina, además, puede inhibir el crecimiento de microorganismos benéficos como *Lactobacillus*, fortalece la función de la barrera intestinal y produce fuertes efectos antiinflamatorios (contra los macrófagos) y proinflamatorios (contra las células *Natural Killer*), según Uehara et al. (2023). Este antibiótico aún se utiliza ampliamente en los sectores ganaderos, en particular en el avícola, como promotor del crecimiento y para la profilaxis y la metafilaxis, a pesar de su prohibición en la Unión Europea como promotor del crecimiento animal en 2016 (Adhikari et al. 2024) y la aparición de cepas de *E. coli* resistentes (Bhattarai et al. 2024).

El efecto en los indicadores productivos con el sulfato de colistina difiere de lo observado en la investigación de Ashayerizadeh et al. (2025), quizás debido al modo de aplicación o las condiciones de la experimentación. En este caso, los autores aplicaron el aditivo en el agua de bebida de pollos de ceba y compararon su efecto con otras alternativas (vinagre y una mezcla de aceites esenciales). Estos encontraron que la adición de antibiótico o la mezcla de aceites esenciales al agua de bebida mejoraron la ganancia de peso corporal y la tasa de conversión alimenticia durante todo el período de crianza. Sin embargo, con el uso de los aceites esenciales los niveles séricos de colesterol y lipoproteínas de baja densidad fueron inferiores a los de los grupos control y antibióticos. Asimismo, ese aditivo alternativo aumentó la actividad de la glutatión peroxidasa y la superóxido dismutasa en el suero, la altura de las vellosidades y la relación entre la altura de las vellosidades y la profundidad de las criptas en el yeyuno, lo que influyó en la mejora de la salud de los pollos de ceba y que pudiera proponerse como una alternativa eficaz a los antibióticos promotores del crecimiento.

El uso de la virginiamicina no afectó el peso vivo y la ganancia de peso de los pollos de ceba respecto al control, mientras que el consumo fue menor y se obtuvo una mejor conversión alimenticia. Este efecto también se informó por Dumonceaux et al. (2006) y se relacionó con un incremento de la población de *Lactobacillus* spp. en el tracto digestivo de animales jóvenes. También, Pourabedin et al. (2015) encontraron que al utilizar virginiamicina y xilooligosacáridos se modificó la abundancia relativa, pero no la presencia o ausencia de un género microbiano específico. Asimismo, Neumann y Suen (2025) estudiaron el efecto de la virginiamicina y la bacitracina en la comunidad bacteriana del tracto gastrointestinal de pollos de engorde. Estos autores detectaron que la virginiamicina tiene un impacto más pronunciado en las comunidades bacterianas del tracto, lo que se manifestó principalmente mediante un enriquecimiento del género *Faecalibacterium* en el ciego y una población específica de *Lactobacillus* en el yeyuno y los ciegos. Por otro lado, las aves tratadas con la virginiamicina disminuyeron el consumo de alimento y al parecer tuvieron una mayor eficiencia de utilización de los nutrientes de la dieta para obtener su peso corporal, lo que pudo deberse a lo expuesto por Harms et al. (1986). Los autores demostraron que la adición de este antibiótico peptólido a la dieta disminuyó la energía necesaria para producir una unidad de peso vivo, incrementando la eficiencia.

Un efecto similar en la ganancia de peso y conversión alimenticia con el uso de la virginiamicina se obtuvo al incluir el aditivo zootécnico en estudio. La respuesta con este aditivo pudiera estar relacionada con una posible actividad tipo probiótica, al tener en cuenta que contiene bacterias y levaduras en concentraciones de 10^7 y 10^6 UFC/g, respectivamente, valores que se corresponden con la recomendación de la FAO/WHO (2002) para garantizar la eficacia de los probióticos. Los efectos descritos para estos aditivos microbianos se asocian principalmente con sus acciones en el tracto gastrointestinal (Abd-El Hack et al., 2020). Su inclusión en las dietas facilita o mejora los procesos de digestión y absorción de nutrientes presentes en los alimentos ingeridos, propicia el equilibrio de la microbiota gastrointestinal, mejora la salud intestinal y modula el sistema inmunológico, lo que incide beneficiosamente en mayores rendimientos productivos y la obtención de animales sanos (Sosa-Cossio et al., 2021; Ayalew et al., 2022).

Por otra parte, en la obtención del aditivo evaluado se utilizó una mezcla de afrecho de trigo y cebada, que influyó en su contenido de fibra bruta y proteína (14,3 y 14,2%, respectivamente). Varios estudios demuestran que la fibra dietética, también, puede afectar la fisiología y la función digestiva, mejorar la salud intestinal y el rendimiento de crecimiento de los pollos (Jha y Mishra, 2021; Röhe y Zentek, 2021). La fibra dietética presente en el trigo es rica en arabinoxilano (polisacárido no almiláceo) mientras que la cebada posee altas concentraciones de β-glucano. Ambos compuestos, en la presente investigación, pudieron ejercer una acción tipo prebiótica e influir en la composición y concentración de la microbiota del tracto gastrointestinal y, por ende, en la salud intestinal de los pollos de ceba (Jha y Mishra, 2021). Quizás, la acción sinérgica de los microorganismos y las fuentes prebióticas influyeron en la mejora de los indicadores productivos de los pollos de ceba que consumieron el aditivo ecuatoriano.

En general, los resultados del experimento muestran que la inclusión del aditivo zootécnico ecuatoriano al 0,2 % puede ser utilizado como una alternativa al uso de los antibióticos promotores del crecimiento, especialmente a la enramicina, virginiamicina y el sulfato de colistina. No obstante, sería de interés realizar un estudio comparativo con otros aditivos zootécnicos para valorar sus potencialidades.

CONCLUSIONES

- La inclusión de la virginiamicina y el aditivo zootécnico ecuatoriano al 0,2 % ejercen un efecto similar en el comportamiento productivo de los pollos de ceba.
- El aditivo zootécnico al 0,2 % puede constituir una alternativa al uso de antibióticos promotores del crecimiento de pollos de ceba.

BIBLIOGRAFÍA

Abd El-Ghany, W.A. 2020. Paraprobiotics and postbiotics: Contemporary and promising natural antibiotics alternatives and their applications in the poultry field. Open Veterinary Journal, 10(3), 323-330. DOI: 10.4314/ovj.v10i3.11

Abd El-Hack, M.E., El-Saadony, M.T., Shafi, M.E., Qattan, S.Y.A., Batiha, G.E., Khafaga, A.F., Abdel-Moneim, A.M.E., Alagawany, M. 2020. Probiotics in poultry feed: A comprehensive review. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 104, 1835-1850. DOI: 10.1111/jpn.13454

Adhikari, S., Phuyal, S., Saied, A.A., Metwally, A.A., Acharya, K.P. 2024. Irrational use of colistin sulfate in poultry and domestic animals in Nepal-an emerging public health crisis. Science One Health, 5(3), 100063. DOI: 10.1016/j.soh.2024.100063

Ahmed, S.K., Hussein, S., Qurbani, K., Ibrahim, R.H., Fareeq, A., Mahmood, K.A., Mohamed, M.G. 2024. Antimicrobial resistance: Impacts, challenges, and future prospects. Journal of Medicine, Surgery, and Public Health 2, 100081. DOI: 10.1016/j.glmedi.2024.100081

Al-Shawi S.G., Dang D.S., Yousif A.Y., Al-Younis Z.K., Najm T.A., Matarneh S.K. 2020. The potential use of probiotics to improve animal health, efficiency, and meat quality: a review. Agriculture, 10, 452. DOI: 10.3390/agriculture10100452

Ashayerizadeh, A., Jafarzadeh, M.R., Moradi, H.R., Kazemi, K., Karimi-Akbarabadi, Z., Jazi, V. 2025. Effects of drinking water supplemented with apple vinegar, essential oils, or colistin sulfate on growth performance, blood lipids, antioxidant status, intestinal morphology, and gut microflora of broiler chickens. Poultry Science, 104(2), 104801. DOI: 10.1016/j.psj.2025.104801

Ayalew, H., Zhang, H., Wang, J., Wu, S., Qiu, K., Qi, G., Tekeste, A., Wassie, T., Chanie, D. 2022. Potential Feed Additives as Antibiotic Alternatives in Broiler Production. Frontiers in Veterinary Science 3, 9, 916473. DOI: 10.3389/fvets.2022.916473

Bhattarai, R.K., Basnet, H.B., Dhakal, I.P., Devkota, B. 2024. Antimicrobial resistance of avian pathogenic *Escherichia coli* isolated from broiler, layer, and breeder chickens. Veterinary World, 17(2), 480-499. DOI: 10.14202/vetworld.2024.480-499

Bustamante, D., Savón, L., Elías, A., Caro, Y., Valiño, E. C., Rojas, M., Martin, C., Mireles, S. 2021. Chemical and microbiological characterization of a technological variant of Vitafert intended for animal production. Technical note. Cuban Journal of Agricultural Science, 55(2), 61-73. Disponible en: http://cjascience.com/index.php/CJAS/article/view/940.

Cobb-Vantress 2015. Pollo de Engorde, Suplemento Informativo Sobre Rendimiento y Nutrición. Disponible en: Cobb-vantress.com

Costa, M.C., Bessegatto, J.A., Alfieri, A.A., Weese, J.S., Filho, J.A.B., Oba, A. 2017. Different antibiotic growth promoters induce specific changes in the cecal microbiota membership of broiler chicken. PLoS ONE, 12(2), e0171642. DOI: 10.1371/journal.pone.0171642

Chen, Y.C., Yu, Y.H. 2022. *Bacillus licheniformis*-fermented products and enramycin differentially modulate microbiota and antibiotic resistome in the cecal digesta of broilers. Poultry Science, 101(9), 102010. DOI: 10.1016/j.psj.2022.102010

Di Rienzo, J.A., Casanoves, F., Balzarini, M.G., Gonzalez, L., Tablada, M., Robledo C.W. 2012. Software libre InfoStat versión 2012. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Disponible en: http://www.infostat.com.ar

Dumonceaux, T.J., Hill, J.E., Hemmingsen, S.M., Van Kessel, A.G. 2006. Characterization of intestinal microbiota and response to dietary virginiamycin supplementation in the broiler chicken. Applied and Environmental Microbiology, 72(4), 2815-2823. DOI: 10.1128/AEM.72.4.2815–2823.2006

Duncan, D.B. 1955. Multiple ranges and multiple F test. Biometrics, 11(1), 1-55. DOI: 10.2307/3001478

EMA/CVMP/CHMP 2016. European Medicines Agency/Committee for Medicinal Products for Veterinary Use/Committee for Medicinal Products for Human Use. Updated advice on the use of colistin products in animals within the European Union: development of resistance and possible impact on human and animal health. EMA/CVMP/CHMP/231573/2016. Disponible en: https://www.ema.europa.eu/en/documents/scientific-guideline/updated-advice-use-colistin-products-animals-within-european-union-development-resistance-and-possible-impact-human-and-animal-health_en.pdf-0

FAO 2006. Residue evaluation of certain veterinary drugs. Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA), 66th meeting 2006. Rome, Italy, 22 to 28 February 2006. Disponible en: https://www.fao.org/4/a0652e/a0652e.pdf

FAO/WHO 2002. Food and Agriculture Organization of the United Nations/World Health Organization. Guidelines for the evaluation of probiotics in food. Report of a joint FAO/WHO working group on drafting guidelines for the evaluation of probiotics in food. London Ontario, Canada. Consulta: octubre/2019. Disponible en: http://www.who.int/foodsafety/fs_ management/en/probiotic_guidelines.pdf

Guerrero, J.R., Valiño, E.C., Rodríguez, B., García, Y., González, I.R. 2025. Características microbiológicas y químicas de un aditivo zootécnico obtenido en Ecuador para su uso en la alimentación animal. Nota técnica. Cuban Journal of Agricultural Science, 59:e07. Cu-ID: https://cu-id.com/1996/v59e07

Harms, R.H., Ruiz, N., Miles, R.D. 1986. Influence of virginiamycin on broilers fed four levels of energy. Poultry Science, 65, 1984-1986. DOI: 10.3382/ps.0651984

Jha, R., Mishra, P. 2021. Dietary fiber in poultry nutrition and their effects on nutrient utilization, performance, gut health, and on the environment: a review. Journal of Animal Science and Biotechnology, 12:51. DOI:10.1186/s40104-021-00576-0

Kholif, A.E., Gouda, G.A., Olafadehan, O.A., Sallam, S.M., Anele, U.Y. 2025. Chapter 3 - Acidifiers and organic acids in livestock nutrition and health. In: Organic Feed Additives for Livestock. Alagawany, M., Sallam, S. M., Abd El-Hack, M. E. Editor(s). Academic Press, pp 43-56. ISBN 9780443135101. DOI: 10.1016/B978-0-443-13510-1.00003-7

Laxminarayan, R., Van Boeckel T., Teillant A. 2015. The Economic Costs of Withdrawing Antimicrobial Growth Promoters from the Livestock Sector, OECD Food, Agriculture and Fisheries Papers, No. 78, OECD Publishing, Paris. DOI: 10.1787/5js64kst5wvl-en

Lee, J.Y., Han, G.G., Lee, H.B., Lee, S.M., Kang, S.K., Jin, G.D., Park, J., Chae, B.J., Choi, Y.H., Kim, E.B., Choi, Y.J. 2017. Prohibition of antibiotic growth promoters has affected the genomic profiles of *Lactobacillus salivarius* inhabiting the swine intestine. PLoS ONE, 12(10), e0186671. DOI: 10.1371/journal.pone.0186671

Nazeer. S., Zeeshan, S., Naseer, S., Akram, R., Naheed, G., Hanan, A., Riaz, S., Khan, S., Hamad-ur-Rehman, Zafar, M.A. 2024. Probiotics: A strategy for Combating Antimicrobial Resistance (AMR) in poultry. In: Asad, M., Hussain, R., Toor, S.I., Mughal, M.A.S. and Ahmad, M. (eds), Complementary and Alternative Medicine: Non-Conventional Therapies. Unique Scientific Publishers, Faisalabad, Pakistan, pp: 170-180. DOI: 10.47278/book.CAM/2024.371

Neumann, A.P., Suen, G. 2015. Differences in major bacterial populations in the intestines of mature broilers after feeding virginiamycin or bacitracin methylene disalicylate. Journal of Applied Microbiology, 119(6), 1515-1526. DOI: 10.1111/jam.12960

Ngoh, M., Wrzesinski, C., Yang, Y., Zschiesche, E., Madsen, T., Stephenson, C., Newman, L., Deetz, L. 2018. Evaluation of the presence and level of enramycin in broiler tissues following in-feed administration at therapeutic dose. Journal of Applied Poultry Research, 27, 449-452. DOI: 10.3382/japr/pfy031

Pourabedin, M., Guan, L., Zhao, X. 2015. Xylo-oligosaccharides and virginiamycin differentially modulate gut microbial composition in chickens. Microbiome 3, 15. DOI: 10.1186/s40168-015-0079-4

Röhe, I., Zentek, J. 2021. Lignocellulose as an insoluble fiber source in poultry nutrition: A review. Journal of Animal Science and Biotechnology, 12, 82. DOI: 10.1186/s40104-021-00594-y

SAS 2013. Statistical Analysis System User's Guide. SAS Institute Inc., Cary, North Carolina, USA

Sistema de Agrocalidad, Ecuador. 2025. Disponible en: https://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/2020/05/pecu4.pdf. Consulta: Febrero, 2025

Sosa-Cossio, D., García-Hernández, Y., Dustet. J.C., García-Curbelo, Y., Martínez, M., Sosa-Ceijas, A., García, D. 2021. Efecto del aditivo probiótico *Lactobacillus pentosus* LB-31 en pollos de ceba. Revista MVZ Córdoba, 26(1), e2037. DOI: 10.21897/rmvz.2037

Uehara, A., Maekawa, M., Nakagawa, K. 2023. Enhanced intestinal barrier function as the mechanism of antibiotic growth promoters in feed additives. Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry, 25, 87(11), 1381-1392. DOI: 10.1093/bbb/zbad110





PAS- 15. Determinación de carbohidratos y minerales en frutos de *Roystonea regia* (palmiche) con posible actividad nutracéutica

Determination of carbohydrates and minerals in *Roystonea regia* (palmiche) fruits with possible nutraceutical activity

L Ayala González[*], *H Herrera, N Albelo Dorta, Y García Curbelo y M Herrera-Villafranca*

Instituto de Ciencia Animal (ICA), Km 47 ½ Carretera Central, San José de Las Lajas, Mayabeque, Cuba.

[*]Correspondencia a: ayalalazara@gmail.com

RESUMEN

El fruto de las palmas reales (*Roystonea regia* H.B.K. Cook) es un recurso forestal no maderable utilizado en la vida cotidiana de cuba y otras islas del caribe. Por su composición química constituye una fuente de energía alternativa para la alimentación animal. El presente trabajo se realizó con el objetivo de identificar presencia de algunos compuestos con actividad nutraceútica en este recurso alimentario. Fueron colectados aleatoriamente frutos maduros de la provincia Mayabeque, Cuba. Se secaron al sol y se almacenaron en un lugar seco y fresco hasta su análisis. Se tomaron cinco muestras de 1000g cada una de fruto completo, se trituraron y se empleó un molino de cuchillas de laboratorio (IKA MF-10). Se determinaron carbohidratos totales, cenizas y minerales (magnesio, calcio y potasio). Se utilizó la estadística descriptiva para el análisis de las variables en estudio para el procesamiento de la información, se empleó el paquete estadístico INFOSTAT (Di Rienzo et al. 2012). Los carbohidratos totales en las diferentes muestras de palmiche tuvieron valores superiores a 50 mg.mL-1 y en el endocarpio las mayores concentraciones, estos constituyen fuente energética para los animales. Hubo diferencias en las muestras analizadas del fruto completo para los minerales con un mayor aporte de los mismos en la cáscara. El calcio fue superior al 2,5 %, potasio por encima del 1% y magnesio con un 0,25%. Estos resultados muestran que el palmiche es rico en determinados compuestos que podrían ser utilizados como nutracéuticos para la alimentación animal.

Palabras clave: *efecto prebiótico, palmiche, salud intestinal*

ABSTRACT

The fruit of the royal palm (*Roystonea regia* H.B.K. Cook) is a non-timber forest resource used in everyday life in Cuba and other Caribbean islands. Due to its chemical composition, it constitutes an alternative energy source for animal feed. This work was carried out with the objective of identifying the presence of some compounds with nutraceutical activity in this food resource. Ripe fruits were randomly collected from the Mayabeque province, Cuba. They were sun-dried and stored in a cool, dry place until analysis. Five samples of 1000 g each were taken from the whole fruit, ground, and then milled using a laboratory blade mill (IKA MF-10). Total carbohydrates, ash, and minerals (magnesium, calcium, and potassium) were determined. Descriptive statistics were used to analyze the study variables. The INFOSTAT statistical package (Di Rienzo et al. 2012) was used for data processing. Total carbohydrates in the different palm nut samples had values greater than 50 mg.mL-1, with the highest concentrations in the endocarp. There were differences in the whole fruit samples analyzed for minerals, with the hull containing the most minerals. Calcium was greater than 2.5%, potassium over 1%, and magnesium at 0.25%. These results show that palm nut is rich in certain compounds that could be used as nutraceuticals for animal feed.

Keywords: *prebiotic effect, palm nut, energy source*

INTRODUCCIÓN

La palma real (*Roystonea regia*), es la palma más abundante de Cuba. Las partes más utilizadas han sido sus frutos, el palmiche, para la alimentación porcina; aunque también sus pencas y tallos se emplean en la construcción de viviendas rurales (Leiva 2006).

Diferentes investigaciones científicas demostraron la importancia del palmiche como fuente de obtención de aceites para ser utilizados en la industria farmacéuticas y alimenticias (Sosnowska et al. 2009 y Rodríguez-Leyes et al. 2007). Una de las más estudiadas es su acción farmacológica en el tratamiento de la hiperplasia prostática benigna (HPB) (Carbajal et al. 2005 y Habib 2009). Estudios realizados en los últimos tiempos (Martínez- Pérez et al. 2021) avalan el valor nutricional de este recurso alimentario para su uso eficiente en la alimentación animal, con énfasis en los monogástricos.

Sin embargo, el palmiche es rico en compuestos como carbohidratos y minerales que podrían ser utilizados como nutracéuticos para la alimentación animal. El objetivo de este trabajo fue identificar la presencia de compuestos como carbohidratos y minerales con posible actividad nutraceútica en frutos de *Roystonea regia*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Frutos maduros de *Roystonea regia* fueron colectados aleatoriamente de la provincia Mayabeque, Cuba. Se secaron al sol y se almacenaron en un lugar seco y frasco hasta su análisis.

Se tomaron cinco muestras de 1000g cada una de fruto completo (palmiche), pericarpio y endospermo (la separación del pericarpio se realizó de forma manual). Todas las muestras se trituraron para su análisis en el momento que se realizaron las determinaciones, se empleó un molino de cuchillas de laboratorio (IKA MF-10).

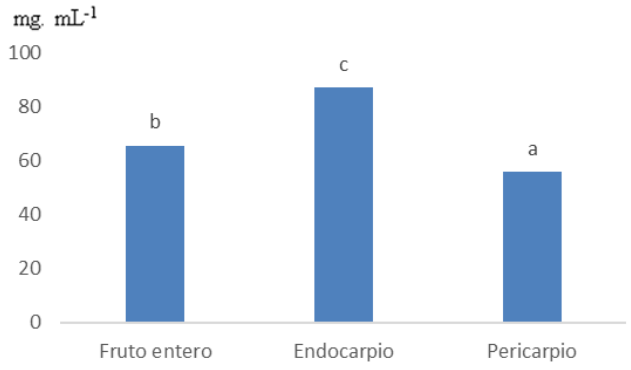
Se determinó materia seca según el método descrito carbohidratos totales (Dubois et al. 1956) y determinación de calcio, magnesio y potasio por Espectroscopia de Absorción Atómica (Rayleigh WF-1E) (AOAC 1990).

Análisis estadístico. Se utilizó la estadística descriptiva para el análisis de las variables en estudio y para la comparación entre tratamientos se empleó la dócima de rangos múltiples de Duncan (1955), para el procesamiento de la información, se empleó el paquete estadístico INFOSTAT (Di Rienzo et al. 2012).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de carbohidratos totales en las diferentes muestras de palmiche (figura 1) se encuentran en valores superiores a 50 $mg.mL^{-1}$ y en el endocarpio se encuentran las mayores concentraciones. Estos compuestos constituyen fuente energética para los animales.

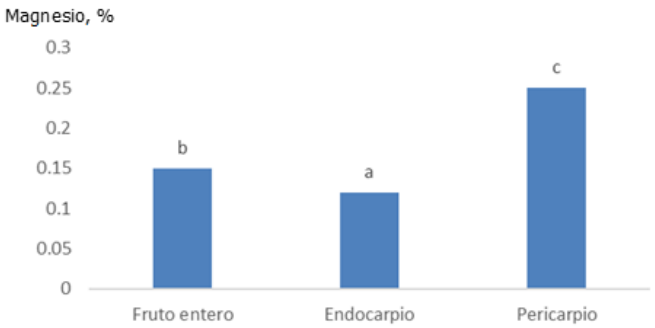
Su principal componente son los carbohidratos estructurales o fibrosos. Tiene un alto contenido de fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente acida (FDA), lo que significa que es una fuente de energía de lenta liberación y limitada de carbohidratos simples. La alta fibra podría tener un efecto prebiótico favoreciendo la salud intestinal de los animales.



[a,b,c]Columnas con letras diferentes difieren para P<0.05 (Duncan 1955), EE± 23.54 p=0.003

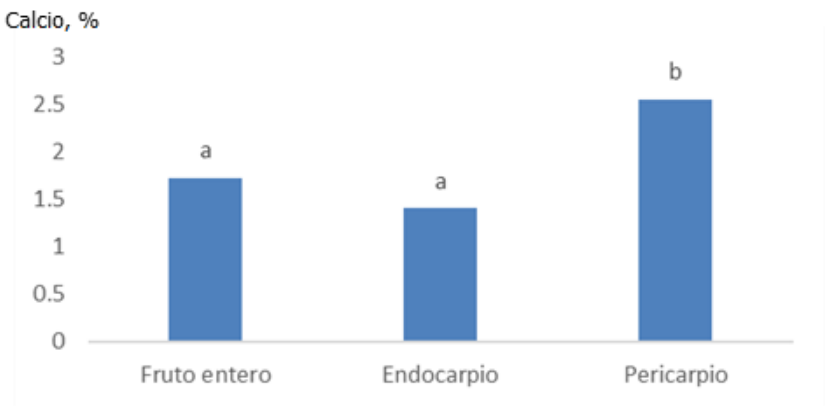
Figura 1. *Concentración de carbohidratos totales en las muestras de palmiche: fruto entero, pericarpio y endocarpio.*

Al analizar la composición de minerales (figura 2, 3 y 4) se observan diferencias entre las muestras de palmiche. El pericarpio presenta el mayor aporte de minerales en el fruto.



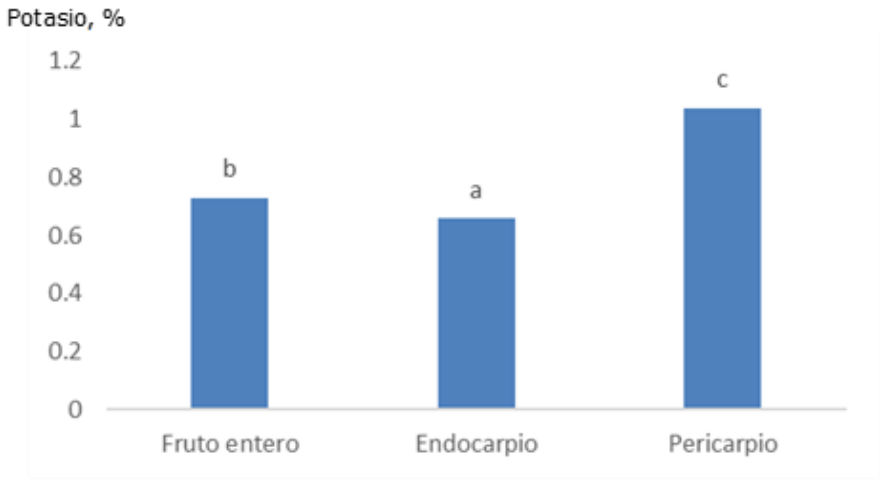
[a,b,c]Columnas con letras diferentes difieren para P<0.05 (Duncan 1955), EE± 0.004 p=0.0092

Figura 2. *Determinación de Magnesio en el palmiche: fruto entero, endocarpio y pericarpio*



[a,b,c]Columnas con letras diferentes difieren para P<0.05 (Duncan 1955), EE± 0.23 p=0.0043

Figura 3. *Determinación de Calcio en el palmiche: fruto entero, endocarpio y pericarpio*



[a,b,c]Columnas con letras diferentes difieren para P<0.05 (Duncan 1955), EE± 0.02 p=0.0026

Figura 4. *Determinación de Potasio en el palmiche: fruto entero, endocarpio y pericarpio*

Los minerales son importantes para la salud, el metabolismo y la fisiología en los animales. El consumo insuficiente en la dieta ocasiona desequilibrios que provocan afectaciones del sistema inmune, incremento en la incidencia de enfermedades, problemas en la reproducción, entre otras (Sajib et al. 2014).

Las concentraciones de Mg, Ca y K presentes en los frutos de R. regia, fundamentalmente en el pericarpio, constituyen una buena fuente de minerales. Su inclusión en la dieta permitiría el crecimiento animal, el desarrollo de los músculos, los huesos y otras funciones del cuerpo (Okerulu y Onyema 2015). También se plantea que la harina de palmiche tiene un efecto tampón o buffer, lo que fundamenta la presencia de minerales que pueden neutralizar la acidez y este efecto es de interés para la salud digestiva.

CONCLUSIONES

El palmiche alimento rico en grasa, energía, carbohidratos tiene alto contenido de fibra y una carga representativa de minerales, por lo que la presencia de estos compuestos en este recurso alimentario pudiera tener efecto prebiótico y una acción positiva en la salud digestiva de los animales. No obstante, se necesita profundizar con estudios más específicos que evidencien y respalden la actividad nutraceútica especifica, teniendo en cuenta los resultados de este estudio.

BIBLIOGRAFÍA

Carbajal D, Molina V, Mas R y Arruzazabala, ML. 2005. Therapeutic effect of D-004, a lipid extract from Roystonea regia fruit on prostate hyperplasia induced in rats. Drugs Exp Clin Res. 31: 193-7.

Goering, HK y Van Soest, PJ. 1993. Cell wall matrix interactions and degradation- Session synopsis. In: Forage Cell Wall Structure an Digestibility. American Society of Agronomy, p 377-395.

Habib FK. 2009. Serenoa repens: The Scientific Basis for the Treatment of Benign Prostatic Hyperplasia. European Urology 8:887-93.

Leyva A. 2006. Notes on Cuban native palms. Willdenowia, 36: 507-13.

Martínez-Pérez, M., Vives Hernández, Y., Rodríguez, B., Pérez Acosta, O. G., Herrera Villafranca, M. 2021. Nutritional value of palm kernel meal, fruit of the royal palm tree (Roystonea regia), for feeding broilers. Cuban Journal of Agricultural Science, 55(3), 305-313. http://www.cjascience.com/index.php/CJAS/article/view/1026

Rodríguez-Leyes EA, González VL, Marrero D, Sgambelluri A y Adames Y. 2007. Fatty Acid Composition and Oil Yield in fruits of five Arecaceae species Species Grown in Cuba. J. Am. Oil Chem. Soc. 84:765-7.

Sajib MA, Jahan S, Islam MZ, Khan TA y Saha BK. 2014. Nutritional evaluation and heavy metals content of selected tropical fruits in Bangladesh. International Food Research Journal 21(2): 609-615.

Sosnowska J, Balslev H. 2009. American palm ethnomedicine: A meta-analysis. J. Ethnobiol Ethnomed.5: 1-35.





PAS-16. Pre tratamiento enzimático de la Cachaza para su utilización en cerdos en fase de crecimiento-ceba

Enzymatic pretreatment of filter press mud (sugarcane cachaze) for use in pigs in the growth-fattening phase

Claudia de la Caridad Torres Cruz[1], Maryen Alberto Vazquez[2], Katia Hidalgo Salomón[2]

[1]Empresa Cárnica de Mayabeque

[2]Instituto de Ciencia Animal

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar el efecto del pretratamiento enzimático en la calidad nutritiva, fraccionamiento fibroso y digestibilidad in vivo de la cachaza en dietas para cerdos en crecimiento ceba se realizó el presente trabajo. Se utilizaron 3 preparados enzimáticos provenientes de la firma BDH internacional que consistieron en diferentes mezclas de enzimas celulolíticas y xilanolíticas para pre tratar la cachaza durante 72 horas. Se caracterizó la fracción fibrosa de este residuo y se evaluó el efecto del pretratamiento más efectivo en la digestibilidad in vivo de cerdos en crecimiento ceba. Se utilizaron 12 cerdos mixtos de ambos sexos, entre 20 y 50kg, distribuidos aleatoriamente según diseño completamente aleatorizado en 2 tratamientos que consistieron en una dieta control (harina de soya y maíz + cachaza) con la sustitución del 10 % de la dieta por cachaza y el tratamiento donde sustituyó el 10 % de la dieta por cachaza tratada con la enzima de mayor potencial de degradación de la fracción fibrosa. El pretratamiento de la cachaza con todos los preparados enzimáticos mostró un incremento de la calidad nutritiva al disminuir significativamente los componentes fibrosos. El preparado a base de endo y exo glucanasas (PRC) logro la mayor disminución de estos indicadores. La digestibilidad in vivo de la cachaza pre tratada con PCR permitió aumentar la digestibilidad de la materia seca, así como de la Fibra detergente ácido y la celulosa. Se concluye que el pretrtatamiento enzimático de la cachaza con mezclas de enzimas celulolíticas y xilanolíticas permite mejorar la calidad nutritiva y la digestibilidad de la fracción fibrosa de este alimento con la consecuente mejora de su utilización fisiológica por el animal.

Palabras clave: *enzimas, cachaza, cerdos, digestibilidad in vivo*

ABSTRACT

The present study aimed to evaluate the effect of enzymatic pretreatment on the nutritional quality, fiber fractionation, and in vivo digestibility of filter press mud in diets for growing-finishing pigs. Three enzyme preparations from BDH International, consisting of different mixtures of cellulolytic and xylanolytic enzymes, were used to pretreat filter press mud for 72 hours. The fiber fraction of this residue was characterized, and the effect of the most effective pretreatment on the in vivo digestibility of growing-finishing pigs was evaluated. Twelve mixed-sex pigs weighing between 20 and 50 kg were randomly distributed according to a completely randomized design (CRD) into two treatments: a control diet (soybean and corn meal + filter press mud) with 10% of the diet replaced by filter press mud, and a treatment where 10% of the diet was replaced by filter press mud treated with the enzyme with the highest fibrous degradation potential. Pretreatment of filter cake with all enzyme preparations showed an increase in nutritional quality by significantly reducing fibrous components. The preparation based on endo- and exo-glucanases (PRC) achieved the greatest decrease in these indicators. The in vivo digestibility of filter press mud pretreated with PCR increased the digestibility of dry matter, as well as acid detergent fiber and cellulose. It is concluded that the enzymatic pretreatment of filter press mud with mixtures of cellulolytic and xylanolytic enzymes allows to improve the nutritional quality and digestibility of the fibrous fraction of this food with the consequent improvement of its physiological utilization by the animal.

Keywords: *enzymes, cachaze, pigs, in vivo digestibility*

INTRODUCCIÓN

La cachaza es un concentrado de fibra cruda (celulosa, hemicelulosa y lignina) con una altísima capacidad de absorción de agua. Entre las ventajas de su empleo se menciona la eficiencia de utilización de la proteína y mejor digestibilidad de la grasa, la mejora de la productividad y mineralización de los huesos. Sin embargo, se reporta de esta, un bajo aporte energético (970 kcal/kg de MS) razón por la que no se emplean niveles altos en las dietas de los cerdos (Paterson, 2006).

Para mejorar el aprovechamiento de estos ingredientes fibrosos en la dieta, se emplean aditivos alimentarios. Desde la perspectiva de su efecto en el organismo animal, los aditivos nutricionales consiguen dos efectos a veces íntimamente relacionados: mejoran la utilización del alimento y/o el estado sanitario general del individuo. En el caso de las enzimas, se reporta su capacidad para mejorar la digestibilidad liberando mayor cantidad de nutrientes, reducir la acción de los factores antinutricionales, reducir la variabilidad en la composición nutricional, aumentar la ganancia diaria y mejorar el índice de conversión y reducción de los costos de alimentación (Alberto et al, 2024).

Las enzimas se pueden utilizar en la dieta, solas o combinadas. En el caso específico de las enzimas que modifican la fibra como las celulasas y xilanasas, además de liberar los polisacáridos no almidonosos, disminuyen la viscosidad del alimento a nivel intestinal, retrazan el tránsito, aumentan la digestibilidad y producen heces más consistentes, facilitando los procesos de fermentación bacteriana para la utilización de la fibra.

Por estos antecedentes se pudiera esperar que el pretratamiento enzimático ode la cachaza permitiría hacer un mejor aprovechamiento de los nutrientes que aporta este subproducto, por lo que la presente investigación se trazó como objetivo, evaluar el efecto del tratamiento enzimático de la cachaza en la digestibilidad de este en dietas de cerdos en crecimiento ceba.

MATERIALES Y MÉTODOS

Productos

Se utilizó la cachaza proveniente del Central Héctor Molina, San Nicolás de Bari, Provincia Mayabeque

Se utilizaron 3 preparados enzimáticos provenientes de la firma BDH internacional identificados como:

PCR: Compuesto por una mezcla de enzimas celuloliticas (endoglucanasas y exoglucanasas)

PRX: compuesto por una mezcla de Xilanasas

PRM: compuesto por una mezcla de xilanas y celulasas

Caracterización

La cachaza se caracterizó mediante análisis de Materia Seca y Ceniza según AOAC, (2015), y fraccionamiento fibroso según Van Soest (1970)

Pretratamiento enzimático de la cachaza

La cachaza previamente secada y molida se extendió en bandejas de aluminio y se aplicó una dosis de enzima de 5 UI/g de materia seca. El producto enzimático se aplicó mediante aspersión superficial y se dejó pretratar el alimento durante 72 h en una estufa de temperatura controlada a 40 °C.

Digestibilidad in vivo de la cachaza pre tratada enzimáticamente en dietas de cerdos en crecimiento ceba

Tratamientos y manejo

Se utilizaron dos tratamientos experimentales que consistieron en una dieta control (harina de soya y maíz + cachaza) con la sustitución del 10 % de la dieta por cachaza y la dietas donde se sustituyó el 10 % por cachaza tratada la enzima de mayor potencial de degradación de la fracción fibrosa

La dieta se formuló según los requerimientos recomendados por la Manual de Procedimientos (2021) para la crianza de cerdos en ceba (tabla 1).

Tabla 1. *Requerimientos nutricionales de cerdos en crecimiento-ceba alimentados ad libitum*

Intervalos	20-50kg	50-80kg
Consumo de alimento estimado, (g/día)	1855	2575
Proteína bruta, (%)	18.0	15.5
Energía digestible, (Mj/kg)	14.2	14.2
Consumo estimado de Proteína bruta, (g/día)	334	339
Consumo de Energía digestible, (Mj/día)	26.34	35.36

Se utilizaron 12 cerdos mixtos de ambos sexos, entre 20 y 50kg, distribuidos aleatoriamente según diseño completamente aleatorizado en 2 tratamientos donde cada animal constituyó una unidad experimental durante 3 días. Estos fueron alojados en corrales individuales y el alimento se ofreció en comederos lineales en dos sesiones (50 % en la mañana y 50 % en la tarde). El agua se ofertó a voluntad mediante bebederos de tetina. Se tomaron muestras de alimentos para el análisis bromatológico y se realizó un estudio de disponibilidad biológica de la fuente a través de ensayos de retención de los nutrientes. Se tomaron muestras representativas de cada tratamiento durante los dos días de muestreo, según la metodología descrita por Ly *et al.* (2013).



Se realizaron dos muestreos rectales en dos días sucesivos, a las 9:00 a.m. del primer día, y a las 3:00 p.m. del día siguiente. En el momento del muestreo se determinó el pH de las excretas mediante un electrodo de vidrio. Con posterioridad, se mezclaron excretas frescas de ambos días en partes iguales en peso fresco, para obtener una muestra representativa por animal. Los análisis químicos se realizaron por duplicado, en muestras correspondientes a alimento y excretas.

Análisis estadístico

Se utilizó un diseño completamente aleatorizado. El análisis se realizó empleando el software estadístico INFOSTAT, versión 2012 (Di Rienzo *et al*. 2012) y las diferencias entre medias se determinaron según Duncan (1955) cuando fue necesario.

RESULTADOS

La tabla 2 muestra la composición química y el efecto del pretratamiento enzimático en la calidad nutritiva y el fraccionamiento fibroso de la cachaza

Tabla 2. *Fraccionamiento fibroso de la cachaza pre tratada enzimáticamente*

Tto. / Det.	Cachaza	Cachaza + enzima PCR	Cachaza + enzima PRX	Cachaza + enzima PRM	EE ± Sign.
MS	79,78	78,56	78,51	78,71	±0,22 P=0,4888
Ceniza	22,63	22,76	21,77	21,96	±0,29 P=0,5046
FDA	64,79^{c}	59,85^{a}	62,84^{b}	61,65^{b}	±1,28 P<0,0001
FDN	48,73^{b}	34,41^{a}	34,81^{a}	34,5^{a}	±0,09 P<0,0001
LIG	7,66^{c}	4,4^{a}	4,84^{a}	6,44^{b}	±0,10 P<0,0001
CEL	25,55^{b}	22,76^{a}	22,79^{a}	22,97^{a}	±0,20 P<0,0001

MS Materia Seca, FDA fibra detergente acido, FDN fibra detergente Neutro, LIG Lignina, CEL Celulosa

Según se evidencia en la tabla 2, de todos los pretratamientos enzimáticos el producto PRC logro una degradación más eficiente de los componentes fibrosos de la cachaza por lo que se procedió a evaluar la digestibilidad in vivo de este tipo de alimento pre tratado con la mezcla de enzimas celulíticas en dietas de cerdos en crecimiento ceba, los resultados se presentan en la siguiente tabla:

La modificación de las caracteristicas fisicas y químicas de la fibra vegetal a traves de procesos de pretratamiento enzimático, permiten mejorar la calidad nutritiva y el aprovechamiento de este recurso por parte del animal, fundamentalmente a través de mejorar el acceso a las fibras de celulosa mediante la ruptura de la compleja estructura de la pared celular (Raghuwanshi et al. 2014).

Tabla 3. *Digestibilidad in vivo de la cachaza pre tratada enzimáticamente con mezcla de celulasas PCR.*

Ind. (%)	Control 10% de cachaza sin tratar	Dieta con 10% de cachaza pretrata con PCR	EE ± Sign.
DMS	84,09	87,02	±0,51 P=0,0012
DFA	65,37	74,56	±1.29 P=0,0006
DC	68,78	81,32	±1,28 P<0,0001

DMS. Digestibilidad de la materia seca, DFA. Digestibilidad de la Fracción Fibrosa, DC. Digestibilidad de la Celulosa

CONCLUSIONES

El pretratamiento enzimático de la cachaza con mezcla de enzimas celulolíticas y xilanolíticas permite mejorar su calidad nutritiva y según los estudios con el preparado PCR mejora los indicadores de digestibilidad de la materia seca y la fracción fibrosa del alimento con la consecuente mejora de su utilización fisiológica por el animal.

BIBLIOGRAFÍA

Alberto Vazquez, M.; Saa, L.R.; Valiño, E.; Torta, L.; Laudicina, V.A. Microbiological Aspects and Enzymatic Characterization of Curvularia kusanoi L7: Ascomycete with Great Biomass Degradation Potentialities. J. Fungi 2024, 10, 807. https://doi.org/10.3390/jof10120807

Association of Official Analytical Chemists international - AOAC. (2015). Official Methods of Analysis. 16 ed. Arlington, vol. 2, pp. 474

Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., González, L., Tablada, M. y Robledo. C. W. 2012. InfoStat versión 2012. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Disponible en: http://www.infostat.com.ar

Duncan, D.B. 1955. Multiple range and multiple F test. Biometrics, 11:1-42

Goering, H. K. y Van Soest, P. J. (1970). Forage fiber analysis (apparatus, reagents, procedures and some applications). Washington: USDA. Agricultural Handbook. No. 379, 1970.

Ly, J. 2013. Evaluation of N and energy values of treated filter cake mud (gicabú) using pigs. Revista Computadorizada de Producción Porcina, 5(1)19-30

Paterson, M. y Cervantes, A. 2006. Nota sobre la inclusión de cachaza de caña de azúcar en dietas de PLT para cerdos en ceba. Revista Computadorizada de Producción Porcina. 13 (2): 85-88.

Raghuwanshi S., Misra S., Saxena R. 2014. Treatment of wheat straw using tannase and white-rot fungus to improve feed utilization by ruminants. *Journal of Animal Science and Biotechnology,* 5, pp. 1-8. https://doi.org/10.1186/2049-1891-5-13/



PAS-18. La producción de ensilaje de residuos agroindustriales y la importancia en el manejo de la innovación tecnológica

Félix Ojeda[*]*, Milagros de la C. Milera, Rafael Herrera, Giraldo, J. Martín, y Yurki Menéndez*

EEPF Indio Hatuey. Universidad de Matanzas. CP: 44280.

[*]Correspondencia a: fojeda@ihatuey.cu

RESUMEN

Objetivos: analizar los resultados alcanzados en la fabricación de ensilajes de residuos del procesamiento del mango y la manzana el manejo actual de la innovación tecnológica en la alimentación animal. Materiales y métodos: se dispone de métodos y tecnología de procesamiento de residuos del cítrico, del mango y de manzana (en asesoría en México). En el caso del mango se confeccionan en tanques de 50 gal con naylon dentro para lograr la hermeticidad. se utiliza el troceado y sal en 2-3 % por el contenido de agua para evitar putrefacción. En la elaboración de silos de pulpa de manzana a escala comercial se utilizó un silo de paredes con capacidad de almacenamiento para 600-800t. Se incluyó una proporción de 50% de pulpa de manzana y 50% de rastrojo de maíz troceado. En Cuba la empresa Ceballos genera residuos para conservarlos y utilizarlos en la alimentación animal, pero no se aplica un adecuado manejo de innovación tecnológica que aproveche esta oportunidad. Resultados y discusión:. El silo de mango presentó un contenido de MS de 15,2 %, 5.5 % de proteína cruda y pH de 2,9; el de manzana 26 % de MS, 7 % de PB y 3,5 % de pH. Conclusiones: es posible la utilización de residuos de frutas, existen las tecnologías y las empresas que los generan pero no se utilizan. Para que ocurran cambios significativos y sostenibles, es necesario cambiar la forma de pensar, de habitar y de hacer, quitar barreras estructurales, asumir riesgos, superar necesidades y retos insatisfechos, pensar de forma creativa y positiva. También es inminente que se analicen las prioridades y las estrategias nacionales con enfoque multiinstitucional.

Palabras clave: *silo, residuos, mango, manzana*

INTRODUCCIÓN

La conservación de forrajes en forma de ensilajes es un proceso de mediante fermentación anaeróbica, ya sea de gramíneas, leguminosas, arbóreas y mixtos (con las mezclas de estas plantas) han demostrado ser una fuente viable de proteínas, carbohidratos y minerales.

Estos alimentos se utilizan para cubrir los requerimientos nutricionales en períodos de escasez, sustituyen concentrados en la producción animal y son viables cuando se utilizan métodos que se ajusten a las condiciones específicas de cada condición edafoclimática (Milera-Rodríguez*, et al.*; 2024).

Existen diferentes tecnologías para la fabricación de ensilajes que pueden ser aplicadas a las entidades productivas, según sus dimensiones y disponibilidad de recursos, no solo con forrajes, la utilización de subproductos agroindustriales en la alimentación animal es una alternativa que ha sido aplicada con varios propósitos; evitar la contaminación, aprovechar los residuos y reducir los costos de producción.

Está demostrado que pueden ensilarse frutas de clima tropical y templado como el mango y la manzana (Saavedra-Montañez, 2020).
La industrialización del mango deja como desperdicio del 35 al 60% del peso total producido. Estos desperdicios incluyen la cáscara y la semilla, además del descarte por selección y la pulpa proveniente de la producción de jugos. Todos estos desechos generan un gran volumen de material que influye enormemente en la contaminación ambiental (Anon, 2020).

La utilización de los residuos de mango en la alimentación de los animales domésticos es una alternativa al problema ambiental y a la reducción de los costos de alimentación.

El mango contiene un gran porcentaje de carbohidratos solubles, ácidos grasos, minerales, proteínas y vitaminas. Además, contienen otros fitonutrientes, como antioxidantes-carotenoides y polifenoles. Es muy palatable y aceptado por aves, cerdos y rumiantes. La forma ideal de administrarlo a los animales es como tal, sin embargo, los mangos frescos se descomponen rápidamente. (Anon, 2020).

El mango de descarte como regla general, su contenido de proteínas es bajo: menos del 10 % de la MS, llegando algunas veces incluso a estar por debajo del 5%. Sin embargo, el aporte de energía metabolizable es alto, pudiendo igualar al ensilaje de maíz.

El objetivos es analizar los resultados alcanzados en la fabricación de ensilajes de residuos del mango y el manejo actual de la innovación tecnológica en la alimentación animal.

MATERIALES Y MÉTODOS

En la EEPFIH se dispone de tecnologías para la elaboración de ensilajes de diferentes dimensiones de forrajeras, tubérculos y de residuos de frutales.

Procesamiento y elaboración del ensilado. En el caso de la conservación de frutas como el mango se confeccionan en tanques de 50 gal con naylon dentro para lograr la hermeticidad. Se utiliza el troceado en una maquina con un tamaño de partícula de 1,5-2,0 cm. En el caso de los residuos se utiliza sal en 2-3 % con más del 80 % de agua para evitar putrefacción.

Se mezclan en tanques y se cierran herméticamente y se pueden utilizar después de los 10 días. En la elaboración de silos de pulpa de manzana a escala comercial se utilizó un silo de paredes de 3m de alto, 6m de ancho y 10 de largo con capacidad de almacenamiento para 600-800t.

Se incluyó una proporción de 50% de pulpa y 50% de rastrojo de maíz troceado. Se añadió 1 % de urea y 20L de microorganismos eficientes por tonelada.y se ofertó a los 60 días de elaborado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los análisis bromatológicos del ensilaje de residuos de manzana contenían 26 % de MS, 7,0 % de PB y 3,5 % de Ph, en el caso del mango; 15,12 % de MS, 5,5 % de PB y 2,9 de Ph.

Cañaveral-Martínez, *et al.*, 2021 reportaron que los residuos o desechos de mango contienen; 2.79 % de cenizas; 24 % de MS, 97.21 % de materia orgánica, 5.59 % de proteína cruda, 41.98 % de carbohidratos solubles en agua, 2.25% de extracto etéreo, 28.95 % de fibra detergente neutro; 15.65% de fibra detergente ácido y un pH de 4.5 ± 2 (Sánchez-Santillán y Cobos-Peralta, 2020). Así como, calcio, vitamina A, pectinas, ácidos orgánicos (cítrico y málico), taninos y manguiferina, con acción antioxidante, inmunomoduladora, antiviral y antitumoral.

Cuando se oferta el ensilaje con 86 % de residuos y 14 % de heno, se puede utilizar hasta 60 % de ensilado de mango de desecho en la engorda intensiva de becerros en confinamiento.

Lo importante de estos resultados en Cuba es su aplicación. Existe una Empresa llamada Ceballos radicada en la provincia de Ciego de Ávila con estándares de calidad en el procesamiento de las frutas. En el caso del mango los residuos no se utilizan en la alimentación animal, se compostan.

Esta empresa posee mas de 12000 ha en plantaciones, 69 % no estatal y el 25 % están establecidas de mango. En 2023 cosecharon 8000t de las cuales el 50 % es residuo.

Recuperar los desperdicios de frutas y ensilarlos, es una forma de aplicar la economía circular. La economía circular es un modelo de producción y consumo para crear un valor añadido. Por lo que es imprescindible ayudar a que los sistemas agropecuarios tiendan a cerrar el ciclo de materiales y disminuir los impactos sobre el medioambiente (Cervantes, Torre-Marín, 2021).

Sin embargo, uno de los problemas que enfrenta la ganadería es la escasez de alimentos sobre todo en la época de menos precitaciones y la cosecha del mango ocurre en el período lluvioso que pueden aprovecharse los residuos agroindustriales y conservarlos en forma de ensilajes.

En los últimos años los efectos de la pandemia, el cambio climático, el boqueo de EU a Cuba y los conflictos bélicos, incrementaron la inflación, y muchos de los logros alcanzados se han visto críticamente afectados y como consecuencia, además de disminuir drásticamente la producción animal ha disminuido el número de cabezas de ganado.

Según la ONEI, 2022, el 39.40 % del área agrícola corresponde a la ganadería, el 70.85 % de pastos naturales el 76.89 % de los suelos corresponden a categorías poco productivas y el 90.20 % posee algún factor limitante. Las producciones promedio de leche por vaca son de 3,5 y 2,4 en el sector estatal y privado respectivamente.

El 80 % de la masa está en manos del sector cooperativo y campesino. Estos profundos cambios en la estructura de la propiedad, no han logrado un modelo de gestión productiva eficiente, acorde a las nuevas exigencias, con declinación sistemática del rebaño y de las producciones.

En los momentos actuales las investigaciones a nivel local requieren de soluciones innovadoras y sostenibles que implican modificar la forma, la manera de pensar y actuar como único modo de aumentar la calidad, la cantidad, la diversidad, la frecuencia y las facilidades de acceso a los alimentos y otros recursos disponibles.

De forma general no se ha logrado la sostenibilidad de las innovaciones que, además, no es un problema nuevo, porque existen muy pocas empresas y entidades productivas, que utilizan la ciencia y la innovación para producir sus bienes y prestar servicio, pues no se logra la vinculación entre el sector académico, los productores y los decisores.

En relación con el sistema de extensionismo, en la actualidad en la agricultura no está estructurado, se orienta la aplicación de algunas tecnologías por empuje. El sector agropecuario ha sido uno de los sectores en el que tradicionalmente se han aplicado métodos administrativos verticales y rígidos (Nova, 2018).



La innovación agroecológica implica cambios profundos en el manejo del sistema de producción animal, en los sistemas de extensión, en las actuales estructuras administrativas, en las entidades productivas, finca o empresa, y asumir riesgos y aceptar el cambio con enfoque sistémico en la integración ciencia-ganadería.

CONCLUSIONES

Es posible la utilización de residuos de frutas, existen las tecnologías y las empresas que los generan pero no se utilizan. Para que ocurran cambios significativos y sostenibles, es necesario cambiar la forma de pensar, de habitar y de hacer, quitar barreras estructurales, asumir riesgos, superar necesidades y retos insatisfechos, pensar de forma creativa y positiva. También es inminente que se analicen las prioridades y las estrategias nacionales con enfoque multiinstitucional.

AGRADECIMIENTOS

A la EEPIH por las facilidades y el financiamiento para el desarrollo de las investigaciones.

BIBLIOGRAFÍA

Anon, 2020. Utilización del mango y sus subproductos en producción animal. https://nutrinews.com

Cañaveral-Martínez, U. R. Sánchez-Santillán, P.; Torres-Salado,N.; Sánchez-Hernández, D.; Herrera-Pérez, J. & Rafael Rojas-García, A. Efecto del ensilado de mango en dietas para becerros sobre la producción de gas in vitro, digestibilidad in situ, consumo, digestibilidad aparente y características ruminales. Tesina presentada como requisito parcial para obtener el grado de: Maestro en producción de bovinos en el trópico. Cuajinicuilapa, Guerrero, 94 p. 2021.

Cervantes, Torre-Marín, Gemma. Transitando de la economía circular en el sector agropecuario: granjas experimentales en Guanajuato. Revista Kausaypacha: Sociedad y Medioambiente. 7:45-66, 2021.

Quiñones-Chillambo, J. D.; Cardona-Iglesias, J. L. & Castro-Rincón, E. Ensilaje de arbustivas forrajeras para sistemas de alimentación ganadera del trópico Altoandino. Revista de Investigaciones Altoandinas. 22(3): 285 – 301. 2020.

Milera-Rodríguez, Milagros de la C.; Ojeda-García, F.; Rodríguez, R.; Iglesias-Gómez, J.; Esperance-Matamoros, M.; Santana-Martínez, H.; & Cáceres-García, O. Conservación de alimento animal como ensilaje en la ganadería cubana. Principios generados. Pastos y Forrajes, Vol. 47, 2024,. P1.

Nova-González, A. & Figueroa-Alfonso, Galia. Transformaciones recientes en la política agraria cubana y sus impactos en la producción. En: Sistema Agroalimentario Cubano en Reconversión Agroecológica. Edición especial. Editores. Margarita Fernández, Erin Nelson, Fernando Funes, Kim Locke y Galia Figueroa. University o California Press. Advancy Knowledge Driving Chance. ELEMENTA. Sciencie of the Athropocene. p77. 2018.

Saavedra-Montañez, G. F. Ensilaje liquido de residuos de durazno (Prunus pérsica) como alternativa para la alimentación animalCiencia en Desarrollo vol.11 no.1 Tunja Jan./June 2020 Epub Mar 08, 2021. https://doi.org/10.19053/01217488.v11.n1.2020.8960.20'20.

Sánchez-Santillán, P. & Cobos-Peralta, M.A., 2016. Producción in vitro de ácidos grasos volátiles de bacterias celulolíticas reactivas y bacterias ruminales totales en sustratos celulolíticos. Agrociencia. 50, 565-54.

PAS-19. Efecto de la vinaza en la calidad de ensilajes de Tithonia diversifolia vc. IcaCuba Occ-10, sola o con *Cenchrus purpureus* vc. Cuba 608

Effect of vinasse on the quality of *Tithonia diversifolia* vc silages. IcaCuba Occ-10, alone with *Cenchrus purpureus* vc. Cuba 608

R. Rodríguez Hernández[*]*; D. Fortes González; Y. Rodríguez González; M. Domínguez Lima; D. Casanova Rivera, Y. Medina Mesa; J.M. Rodríguez Mora*

Instituto de Ciencia Animal, Apartado Postal 24, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

[*]Correspondencia a: camachoclaudio2005@gmail.com

RESUMEN

El objetivo fue evaluar la calidad de ensilados de *Tithonia diversifolia*, sola o en mezcla con forraje de *Cenchrus purpureus* vc. Cuba 608, ensilada con o sin vinaza. Se empleó un Diseño Completamente Aleatorizado, con 10 microsilos por tratamiento como repeticiones. Todos los tratamientos mostraron similar contenido de MS (P>0.05), inferior a los valores recomendados (30-35%). La inclusión de vinaza redujo el pH respecto al correspondiente tratamiento sin vinaza (P<0.01). De igual forma, la relación MS: pH mejoró al incluir vinaza como aditivo. No se apreciaron comportamientos diferentes en la textura y humedad de los ensilajes. Los tratamientos de tithonia sola mostraron un color verde oscuro, la mezcla de forrajes de tithonia y cenchrus mostraron un color verde aceituna con tonos oscuros que desaparecieron al añadir vinaza, siendo este último el que tuvo una coloración más acorde con un ensilaje de excelente calidad. Respecto al olor, en los ensilajes con vinaza se obtuvo un olor agradable similar al sugerido para ensilajes de muy buena calidad. Los ensilados obtenidos a base de *T. diversifolia*, sola o en mezcla con forraje de *Cenchrus purpureus* vc. Cuba 608 mostraron indicadores de calidad suficientes para recomendar su evaluación a una escala mayor. La inclusión de vinaza al proceso de conservación de estos ensilajes tuvo una incidencia positiva en pH, relación MS:pH y características organolépticas como color y olor, lo que permite recomendar su uso como aditivo para la conservación de forrajes tropicales, incluso en forrajes con altos contenidos de proteínas como tithonia.

Palabras clave: *forrajes tropicales, microsilos, pH, conservación de alimentos*

ABSTRACT

The objective was to evaluate the quality of *Tithonia diversifolia* silages, alone or mixed with *Cenchrus purpureus* cv. Cuba 608 forage, ensiled with or without vinasse. A completely randomized design was used, with 10 microsilos per treatment as replicates. All treatments showed similar DM content (P>0.05), lower than the recommended values (30-35%). The inclusion of vinasse reduced the pH compared to the corresponding treatment without vinasse (P<0.01). Similarly, the DM:pH ratio improved with the inclusion of vinasse as additive. No differences in silage texture and moisture were observed. The Tithonia-only treatments showed a dark green color, while the mixture of Tithonia and cenchrus forages showed an olive-green color with dark tones that disappeared with the addition of vinasse. The latter was the most consistent with excellent quality silage. Regarding odor, silages containing vinasse had a pleasant odor similar to that suggested for very good-quality silages. Silages obtained from *T. diversifolia*, alone or mixed with *C. purpureus* cv. Cuba 608 forage, showed sufficient quality indicators to recommend their evaluation on a larger scale. The inclusion of vinasse in the preservation process of these silages had a positive impact on pH, DM:pH ratio, and organoleptic characteristics such as color and odor, which allows its use to be recommended as an additive for the preservation of tropical forages, even in forages with high protein contents such as tithonia.

Keywords: *tropical forages, microsilage, pH, food preservation*

INTRODUCCIÓN

Los rumiantes tienen un papel muy importante en la alimentación humana porque producen prácticamente toda la leche y un tercio de la carne que se consume en el mundo. Los pastos y forrajes constituyen el alimento natural de los rumiantes y representa la fuente alimentaria de mayor abundancia y de menor costo (Ruiz *et al.*, 2021; Arias *et al.*, 2023). Sin embargo, gran parte de los forrajes que se utilizan son pastos de gramíneas de moderada productividad y calidad y que requieren de determinados niveles de suplementación para mejorar la productividad de los animales.

En Cuba, el sector cooperativo tiene el peso principal de la producción animal, pero adolece de productos y tecnologías que permitan potenciar sus producciones a partir del empleo eficiente de los recursos locales y minimicen los costos de producción. Es por ello, que en las condiciones actuales del país se debe proporcionar a este sector las tecnologías y productos ajustados a la escala productiva y que garanticen mejorar la calidad y la eficiencia de utilización de los nutrientes por los rumiantes (Galina *et al.* 2008) y por ende un incremento productivo.



Los ensilados pueden ser una forma en que se pueden conservar y obtener alimentos con una adecuada calidad nutricional para el período seco. La inclusión de arbustivas proteicas en los ensilajes puede mejorar la calidad del producto obtenido bajo las condiciones prácticas del trópico. Sin embargo, su contenido proteico puede provocar fermentaciones no deseadas que afecten la conservación del material, por lo que se debe valorar el empleo de productos acidificantes que limiten esas fermentaciones. Por ello, el objetivo del experimento fue evaluar la calidad de ensilados obtenidos a base de *Tithonia diversifolia*, sola o en mezcla con forraje de *Cenchrus purpureus* vc. Cuba 608, ensilada con o sin vinaza.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los experimentos se desarrollaron durante los meses de noviembre a diciembre de 2023 en el Instituto de Ciencia Animal (ICA), ubicado entre el 22º 58 LN y los 82º 02 LO y a 80 m sobre el nivel del mar.

Para la elaboración de los ensilajes se emplearon forrajes de *C. purpureus* vc. Cuba 608 y la arbustiva *T. diversifolia* vc. IcaCuba Occ-10, ambas con una edad de rebrote entre 90 y 100 días. La recolección de ambos materiales se realizó en las áreas experimentales de la Estación Experimental Miguel Sistach, establecidas sobre suelo ferralítico rojo típico, de rápida desecación y perfil uniforme (Hernández *et al.*, 2015).

Se empleó un Diseño Completamente Aleatorizado, con 10 microsilos elaborados por tratamiento y se consideró cada microsilo como una repetición. Los tratamientos evaluados fueron:

1. Ensilado de forraje fresco de tithonia (100%)
2. Ensilado de forraje fresco de tithonia (100%) + vinaza (4%)
3. Ensilado de forraje fresco de tithonia y pennisetum [50:50]
4. Ensilado de forraje fresco de tithonia y pennisetum [50:50] + vinaza (4%)

Tanto la gramínea como el material arbóreo se obtuvieron por corte manual. Ambos materiales se acarrearon frescos, se trocearon en un molino forrajero hasta alcanzar un tamaño de partícula de 20–30 mm. Las diferentes proporciones de forrajes se mezclaron con la vinaza y se compactaron en microsilos elaborados en tubos de PVC (24 cm x 10 cm) (Gutiérrez *et al.* 2015). Finalmente, los microsilos se cerraron herméticamente y se ubicaran por 60 días en un local protegido y seco.

Tanto a las muestras de los forrajes frescos como los productos ensilados, se les determinó MS y se tomaron muestras que se conservaron para luego caracterizar su composición química (MS, MO, PB, FDN y FDA). Los sustratos se secaron hasta peso constante en estufas de aire forzado a 55ºC. Al material ensilado también se le determinó pH.

Además, al finalizar el proceso de ensilaje se determinaron las características organolépticas del ensilaje, según tabla 1.

Tabla 1. *Características organolépticas para la evaluación de la calidad de ensilajes.*

INDICADOR	EXCELENTE	BUENA	REGULAR	MALA
COLOR	Verde aceituna o amarillo oscuro	Verde amarillento. Tallos con tonalidad mas pálida que las hojas	Verde oscuro	Marrón oscuro, casi negro o negro.
OLOR	A miel o azucarado de fruta madura	Agradable, con ligero olor a vinagre	Fuerte, Ácido olor a vinagre, (ácido butírico)	Desagradable, a mantequilla rancia.
TEXTURA	Conserva sus contornos continuos	Igual al anterior	Se separan las hojas fácilmente de los tallos tienden a ser transpa-rentes y los vasos ve-nosos muy amarillos.	No se observa diferencia entre tallos y hojas. Es más amorfa y jabonosa. Al tacto es húmeda y brillante.

Las variables se analizaron por ANOVA. Cuando se hallaron diferencias ($P<0.05$), las medias de los tratamientos se compararon por la dócima de rangos multiples de Duncan (1955). Para estos análisis se empleó el paquete estadístico Infostar (Di Rienzo et al., 2012).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 2 se muestra la composición química de los ensilajes evaluados. Todos los tratamientos mostraron similar contenido de MS (P>0.05), inferior a los valores optimos recomendados (30-35%) para ensilajes tropicales (Michelena y Molina, 1990).Tampoco se apreciaron diferencias respecto a la MO (P>0.05).

Respecto al contenido de FDN, los ensilajes difirieron entre ellos (P<0.0001) apreciandose un contenido inferior en los tratamientos con vinaza al compararlos con los ensilajes similares sin vinaza. De igual forma, la inclusión de cenchrus incrementó el contenido de FDN como era de esperarse. Comportamiento similar se apreció respecto a la FDA (P<0.0001).

Con relación a la proteína, los ensilajes solo con tithonia tuvieron mayores contenidos que las mezclas con cenchrus, no apreciandose diferencias al añadir vinaza (P=0.0001). Todos los tratamientos mostraron contenidos de proteínas adecuados para este tipo de alimento ensilado (Ojeda *et al.*, 1991), superiores a los apreciados para ensilajes tradicionales de forrajes de gramíneas tropicales.

Tabla 2. *Composición química de los ensilajes evaluados*

Tratamiento	MS (%)	MO (%)	FDN (%)	FDA (%)	PB (%)
Ensilaje tithonia	20.0	92.6	57.7 b	47.0 b	12.99 b
Ensilaje tithonia y vinaza	21.1	92.6	52.9 a	42.7 a	12.55 b
Ensilaje tithonia + cenchrus	20.5	91.3	71.9 d	52.1 c	9.75 a
Ensilaje tithonia + cenchrus + vinaza	23.5	89.3	65.5 c	50.6 c	9.43 a
EE	1.75	6.22	0.67	0.59	0.46
P	0.233	0.388	< 0.0001	< 0.0001	0.0001

Por su parte, en la figura 1 se muestran los valores de pH de los ensilajes evaluados. Se apreció que los mayores valores se produjeron al ensilar la mezcla de forrajes y que la inclusión de vinaza redujo el pH respecto al correspondiente tratamiento sin vinaza (P<0.01). Todos los valores fueron superiores a los recomendados por Sanchez (2018) para este tipo de ensilajes (pH=4.0) aunque similares a los observados en ensilaje de plata completa de sorgo (Morales et al., 2019). En el caso de los ensilajes con vinaza, los pH observados estuvieron en el rango de valores máximos de pH (3.8 a 4.2) recomendados por McDonald et al. (1991).

La relación MS: pH es un indicador importante relacionado con la calidad de los ensilajes. Al comparar los valores obtenidos con los criterios propuestos por Ojeda et al. (1991), se aprecia que la inclusión de vinaza como aditivo para ensilar mejora dicha relación, teniendo la peor relación MS:pH el ensilaje de la mezcla de tithonia y cenchrus y un valor intermedio el de tithonia solo.

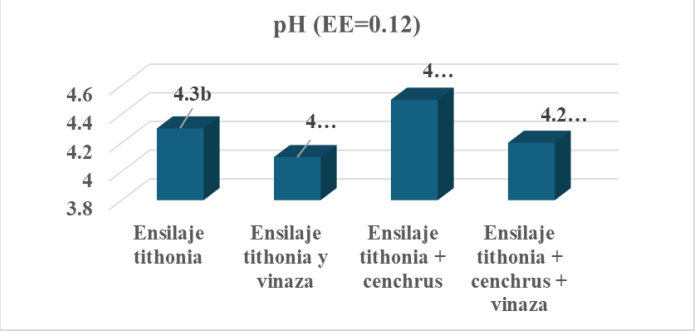


Figura 1. *Efecto del tipo de ensilaje en el pH (P<0.01).*



En la tabla 3 se muestran las características organolépticas de los ensilajes evaluados. Los valores superiores de pH observados en los tratamientos, incluso sin vinaza, no afectaron los indicadores evaluados en los microsilos, ni se hallaron indicios de putrefacción o presencia de hongos filamentosos.

No se apreciaron comportamientos diferentes en la textura y humedad de los ensilajes. Los tratamientos de tithonia sola mostraron un color verde oscuro que debió estar relacionado con la oxidación de las proteínas y compuestos secundarios. Por su parte, la mezcla de forrajes de tithonia y cenchrus mostraron un color verde aceituna con tonos oscuros que desaparecieron al añadir vinaza, siendo este último el que tuvo una coloración más acorde con un ensilaje de excelente calidad. Respecto al olor se apreció un ligero olor a vinagre en el ensilaje de tithonia sola y algo más intenso en el de la mezcla de forrajes, aunque en los ensilajes con vinaza se obtuvo un olor agradable similar al sugerido para ensilajes de muy buena calidad (Ojeda et al., 1991).

Tabla 3. *Características organolépticas de los ensilajes evaluados.*

Tratamiento	Color	Olor	Textura	Humedad	Evaluación
Ensilaje tithonia	Verde oscuro	Ligero olor a vinagre. No deja olor desagradable al ser tocado	El Forraje conserva sus contornos. Hojas unidas a los tallos	No humedece las manos	Bueno
Ensilaje tithonia y vinaza	Verde oscuro	Agradable. No deja olor desagradable al ser tocado	El Forraje conserva sus contornos. Hojas unidas a los tallos	No humedece las manos	Bueno a Excelente
Ensilaje tithonia + cenchrus	Verde aceituna con tonos oscuros	Olor a vinagre más intenso. No deja olor desagradable al ser tocado	El Forraje conserva sus contornos. Hojas unidas a los tallos	No humedece las manos	Bueno
Ensilaje tithonia + cenchrus + vinaza	Verde aceituna	Ligero olor a vinagre. No deja olor desagradable al ser tocado	El Forraje conserva sus contornos. Hojas unidas a los tallos	No humedece las manos	Bueno

CONCLUSIONES

Los ensilados obtenidos a base de *T. diversifolia*, sola o en mezcla con forraje de *Cenchrus purpureus* vc. Cuba 608 mostraron indicadores de calidad suficientes para recomendar su evaluación a una escala mayor. La inclusión de vinaza al proceso de conservación de estos ensilajes tuvo una incidencia positiva en el pH, la relación MS:pH y en características organolépticas como color y olor, lo que permite recomendar su uso como aditivo para la conservación de forrajes tropicales, incluso en forrajes con altos contenidos de proteínas como tithonia.

BIBLIOGRAFÍA

Arias, L.M., López, M., Castillo, M., Alpízar, A., 2023. Fertilization type and regrowth age of Tithonia diversifolia on ruminal parameters. *Agronomía Mesoamericana*, 34(3) 53192. ISSN 2215-3608. Doi: https://doi.org/10.15517/am.2023.53192

Di Rienzo, J.A., Casanoves, F., Balzarini, M.G., González, L., Tablada, M. & Robledo, C.W. 2012. InfoStat. version 2012, [Windows], Universidad Nacional de Córdoba, Argentina: Grupo InfoStat, Available on: <http://www.infostat.com/>.

Duncan, D. B. 1955. Multiple Range and Multiple F Tests. Biometrics, 11(1): 1–42, ISSN: 0006-341X, DOI: 10.2307/3001478.

Gutiérrez, D., Borjas-Rojas, E., Rodríguez-Hernández, R., Rodríguez, Z., Stuart, R. & Sarduy, L. 2015. Evaluación de la composición química y degradabilidad ruminal *in situ* de ensilaje mixto con *Cenchrus purpureus* cv. Cuba CT-169: Moringa

Hernández, J. A., Pérez, J. J. M., Bosch, I. D. & Castro, S. N. 2015. Clasificación de los suelos de Cuba 2015. Mayabeque, Cuba: Ediciones INCA, 93 p., ISBN: 978-959-7023-77-7.

McDonald, P., Henderson, A.R., Heron, S.J.E. 1991. The Biochemistry of Silage. Chalcombe, Marlow, England.

Michelena, J.B. y Molina, A. 1990. Efecto del tiempo de exposición al sol del forraje de king grass (Pennisetum purpureum) en la calidad del ensilaje. Rev. Cubana Cienc. Agric. 24: 221-226

Ojeda, F., Cáceres, O. & Esperance, M. 1991. Sistema de evaluación para ensilajes tropicales. En: Conservación de forrajes. Ciudad de La Habana. Editorial Pueblo y Educación. P. 15-65

oleifera. Avances en Investigación Agropecuaria, 19 (3): 7–16, ISSN: 0188-7890

Ruiz, T.E., Rodríguez, B., Padilla, C., Valenciaga, N., Lok, S., Galindo, J., Savón, L., Chongo, B., La O, O., Torres, V., Gutiérrez, D., Scull, I., Rodríguez, R., Valenciaga, D., López, J.R., Alonso, J., Medina, Y., Cino, D.M., Vázquez, Y., Castro, J.A., 2021. Tithonia diversifolia Another Bush Alternative for Use in Silvopastoral Systems in Cuba. *Avances de Investigación Agropecuaria*, 25 (3): 211-214. ISSN: 0188-7890

Sánchez, W. 2018. Potencial de los forrajes para producir forrajes de calidad. Alc. Tecnol. 12 (1): 49-58





PAS-20. Efecto en la adición de diferentes porcentajes de yogurt de yuca en cerdos en la etapa de crecimiento y engorde

Effect of adding different percentages of cassava yogurt on pigs during the growth and fattening stage

Patricio López Aguilar[1*], *Mario Huacon Freire*[1], *Henrry Alvarez Muñoz*[1]

[1]Universidad Técnica de Babahoyo, Los Ríos, Ecuador.

[*]Correspondencia a: wlopeza@utb.edu.ec

RESUMEN

La porcicultura en Ecuador ha tenido un gran impacto en el sector Agropecuario, es determinada como una de las principales acciones que se establecen al rendimiento económico. En este trabajo se evaluó los beneficios que ofrece la adición de yogurt de yuca en diferentes porcentajes presentes en porcinos que corresponden a la etapa de crecimiento y engorde, mediante el suministro del mismo se determinará la conversión alimenticia, consumo de alimento, rendimiento a la canal, conversión alimenticia y el aumento de peso obtenido de forma semanal mediante el pesaje de los mismos. Una alimentación suplementada con subproductos obtenidos a partir de la yuca se ha determinado como posibles formas viables de producción y engorde de los lechones. Se evaluó la adición de yogurt de yuca en diferentes porcentajes (10 y 20%) en la cual se presentaron resultados favorables en los diferentes aspectos que se consideraron al momento de la evaluación. Estadísticamente no se presentó diferencia significativa entre los pesos de los respectivos tratamientos, sin embargo, según los planteado en las diferentes tablas se establece la diferencia de peso entre los tratamientos de adición del yogurt de yuca en contraste con el tratamiento testigo que presentó un peso inferior a de los datos obtenidos mediante la evaluación predispuesta. Así también se establece que los lechones adicionados con el 20% de yogurt de yuca presentaron mayor rendimiento, seguido del tratamiento establecido al 10% de yogurt de yuca que presentó pesos similares, mientras que el tratamiento testigo presento rendimiento inferior.

Palabras claves: *Cerdo, yuca, producción, yogurt*.

ABSTRACT

Pig farming in Ecuador has had a great impact on the agricultural sector, it is determined as one of the main actions that are established for economic performance. In this work, the benefits offered by the addition of cassava yogurt in different percentages present in pigs that correspond to the growth and fattening stage were evaluated, by supplying it, the feed conversion, feed consumption, carcass yield will be determined., feed conversion and weight gain obtained weekly by weighing them. A diet supplemented with by-products obtained from cassava has been determined as possible viable forms of production and fattening of piglets. The addition of cassava yogurt was evaluated in different percentages (10 and 20%), in which favorable results were presented in the different aspects that were considered at the time of the evaluation. Statistically, there was no significant difference between the weights of the respective treatments, however, according to what was stated in the different tables, the weight difference between the cassava yogurt addition treatments was established in contrast to the control treatment that presented a weight of less than of the data obtained through the biased evaluation. Thus, it is also established that the piglets added with 20% cassava yogurt presented higher performance, followed by the treatment established at 10% cassava yogurt, which presented similar weights, while the control treatment presented lower performance.

Keywords: *Pork, cassava, production, yogurt*.

INTRODUCCIÓN

Según el Sistema de Información de Biodiversidad de la Administración de Parques Nacionales, (2022). El cerdo (*Sus Scrofa*), perteneciente al reino Animalia, phylum chordata, clase mammalia, la familia Suidae, del orden Artiodactyla. Originario de Europa, Asia y norte de África, se considera que fue domesticado aproximadamente hace unos 5000 años atrás, estableciendo el origen del cerdo doméstico (*Sus scrofa domestica*) como resultado se introdujo por el ser humano en casi todo el mundo. (Álvarez & Medellín, 2005).

Existen dos procesos por los cuales han atravesado hasta llegar a su domesticación, el primero se establece en oriente próximo hace unos 13,000 años y el correspondiente al segundo en China fechado en los 4,900 a.c. por esto determinamos qué el cerdo en uno de los principales animales en ser utilizados por el hombre. (Instituto Nacional de la Economía Social, 2018).

A nivel mundial, la carne de cerdo es la más consumida; estableciendo durante el año 2019 un consumo per cápita mundial de 15,6 kg/hab/año; siendo Hong Kong (82 kg/hab./año), la Unión Europea (41,1 kg/hab/año), China (40 kg/hab/ año), Taiwán (39,5 kg/hab/año), Corea del Sur (38,2 kg/hab/año), y Estados Unidos (28,8 kg/hab/año), los países de mayor consumo. (Ministerio de Agricultura y riego, 2022).

El consumo per cápita de la carne de cerdo determina que en el año 2020 los ecuatorianos consumimos un promedio de 8,3 kg, siendo el año 2021 aumentó a 8kg y en lo que fue del 2022 alcanzó un 9,1%, acercándose al consumo per cápita del 2029 en la cual se establece un 11,1kg (El Universo, 2022).

La producción de la proteína animal se establece que en el año 2021 se produjo una suma de 122 millones de toneladas, un 11,2% en comparación del año 2020, centrándose en China con un aumento de 12 millones de toneladas, lo que representa el 94% de la expansión mundial. (FAO, 2021)

Se ha determinado que con el paso del tiempo y a medida que incrementa la población se produce una mayor demanda de carne de cerno, estableciendo el incremento acelerado de la misma.

MATERIALES Y MÉTODOS

Tipo y diseño de investigación

La presente investigación del trabajo de integración curricular se desarrollará en la parroquia Febres Cordero, ubicada a 31 km de la cuidad, Babahoyo, en las coordenadas UTM son 1°57'0" S y 79°18'0" W en formato DMS o -1.95 y -79.3. Su posición UTM es PT88 y su referencia Joint Operation Graphics es SA17-08. (Getamap, 2023)

La zona presenta un clima tropical húmedo, con temperatura media de 25 °C precipitación anual de 161 mm, humedad relativa de 84%. El suelo presenta topografía plana, textura franca – arcilloso. (Meteobox, 2022).

Se utilizará un diseño experimental complemente al azar, DCA con 3 tratamientos, cuatro repeticiones. Las comparaciones de las medias se efectuarán con la prueba de Tukey al 5% de significancia estadística utilizando el programa estadístico InfoStat.

Dominio: Recursos Agropecuarios, ambiente, biodiversidad y tecnología.

Línea Desarrollo Agropecuario, Agroindustrial, Sostenible y Sustentable.

Sub línea**:** Producción y reproducción Animal.

Población y muestra de investigación: Según lo establecido por la INIAC que en lo perteneciente al año 2021 en el sector agropecuario se estableció el total de 1,05 millones de cabezas de ganado porcino en las diferentes provincias de mayor desarrollo de la producción, las cuales son; Pichincha, Cotopaxi, Bolivar, Azuay, Loja, El oro, Esmeraldas, Los Ríos, Guayas y Manabí. (INEC, 2022).

Tabla1. *Muestra del trabajo Experimental*

Número de animales	**12 cerdos**
Tratamientos	3 tratamientos
Repeticiones	4 repeticiones
Número de animales por tratamiento	4 testigos 4 en porcentajes de 10% 4 en porcentajes de 20%
Total de animales	12 animales

Técnicas e instrumentos de medición

Pesaje de los cerdos, Mezcla de alimentos, Elaboración del yogurt de yuca, Adición del yogurt.

Instrumentos

Cinta métrica, Aretes, Pistola areteadora, Tanque, Bebederos, Comederos, Tamo de arroz, Escoba, Cuaderno, Esferos, Pala, Equipos informáticos.

Presupuesto

Tabla 2. *Presupuesto*

COSTOS	TOTAL
Tablas	15 $
Cañas	15 $
Pernos	6 $
Cemento	24 $
Ladrillos	10 $
Chupones	4 $
Escoba	2,25 $
Cerdos	740
Balanceado	485 $
Harina de Maíz	105 $
Yuca	60
Yogurt Natural	7,5 $
Sales Minerales	3.6
Vacunas	15 $
vitaminas	30 $
Antiparasitarios	12.5 $
Transporte	20 $
Mano de obra	10 $
Total de costo	1,690 $

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Ganancia de Peso Corporal correspondiente a la semana 1

Mediante el analisis de varianza por el método de Tukey al 5% de probabilidad, no sé encontró significancia estadística entre los tratamientos pertenecientes a la semana 1, numéricamente el tratamiento 1 presento mayor peso representado por 30,00 kg, mientras que el menor peso fue el del tratamiento Testigo con 27, 00 kg

Según los datos obtenidos en base al estudio de la variable mediante el método de Duncan se estableció que no hubo significancia estadística entre los tratamientos, sin embargo, numéricamente se establece que el tratamiento 1 presentó un mayor peso, mientras que el tratamiento dos menos en comparación al anterior y el tratamiento testigo presentó el peso más bajo. (véase en la tabla 3).

Tabla 3. *Comparación de medias de las variables de Peso corporal (kg) perteneciente a la semana 1*

Tratamiento	Tukey	Duncan
T0	27,00 A	27,00 A
T2	29,25 A	29,25 A
T1	30,00 A	30,00 A
Cv		14,88
Significancia		NS

Ganancia de Peso Corporal correspondiente a la semana 4

Realizado el análisis de varianza de la variable ganancia de peso, se puede evidenciar que no presento significancia estadística en la comparación de los tratamientos establecidos con un coeficiente de variación de 15,05%. Numéricamente se establece que el tratamiento uno que corresponde a la adición de (10% de Yogurt de Yuca) tuvo un mejor rendimiento presentando peso de 41kg, seguido del tratamiento 2 que se constituye a la adición de (20% de yogurt de yuca) presentando peso de 39 kg mientras que e tratamiento testigo el cual consistía en la administración normal de alimentos balanceados presentó un peso de 36,75 kg.

En la prueba realizada en base al método de Duncan se estableció que los resultados obtenidos no variaron en lo planteado en el párrafo anterior donde se estableció que no se presentó significancia estadística entre tratamientos, no obstante, en los resultados numéricos mantienen que el tratamiento 1 fue el que evidenció mejores resultados con un peso de 41,00 kg, el tratamiento 2 con un peso de 39,00 kg y el tratamiento testigo presentó un peso de 36,75 kg (véase en la tabla 4).

Tabla 4. *Comparación de medias de las variables de Peso corporal (kg) perteneciente a la semana 4.*

Tratamiento	Tukey	Duncan
T0	36,75 A	36,75 A
T2	39,00 A	39,00 A
T1	41,00 A	41,00 A
Cv		15,05
Significancia		NS

Ganancia de Peso Corporal correspondiente a la semana 6

Los resultados obtenidos mediante el analisis de varianza por la prueba de tukey con el 5% de probabilidad donde se obtuvo los siguientes datos. No se presentó significancia estadística entre los tratamientos. El tratamiento 1(T1 10% de yogurt de yuca) obtuvo los mejores resultados en el peso final de 48,25 kg, seguido del tratamiento (T2 20% de yogurt de yuca) obtuvo un peso de 44,75, mientras que el tratamiento testigo en el cual no se adicionó yogurt de yuca presentó menor peso que los tratamientos descritos antes con un peso de 41,25 kg.

En el analisis de varianza realizado mediante la prueba de Duncan, donde se evaluó la variable de ganancia de peso corporal, se estableció que no se presentó significancia estadística entre las semanas estudiadas obteniendo un coeficiente de varianza de 12,11%. Determinando que el T0 presentó el peso inferior el cual se refiere a 41,25kg, seguido del T2 con pesos de 44,75, mientras que el tratamiento que mayor peso presentó al momento del analisis fue el T1con pesos de 48,25 kg (véase en la tabla 5).

Tabla 5. *Comparación de medias de las variables de Peso corporal (kg) perteneciente a la semana 6.*

Tratamiento	Tukey	Duncan
T0	41,25 A	41,25 A
T2	44,75 A	44,75 A
T1	48,25 A	48,25 A
Cv	12,11	
Significancia	NS	

Ganancia de Peso Corporal correspondiente a la semana 12

Los resultados obtenidos mediante el analisis de varianza por la prueba de tukey con el 5% de probabilidad donde se obtuvo los siguientes datos. se presentó significancia estadística en la semana 12 del tratamiento 2. El tratamiento 1(T2 20% de yogurt de yuca) obtuvo los mejores resultados en el peso final de 70,00 kg, 51

seguido del tratamiento (T1 10% de yogurt de yuca) obtuvo un peso de 66,00, mientras que el tratamiento testigo en el cual no se adicionó yogurt de yuca presentó menor de 57,50 kg.

En el analisis de varianza realizado mediante la prueba de Duncan, donde se evaluó la variable de ganancia de peso corporal, se estableció qué se presentó significancia estadística en la semana 12 semana obteniendo un coeficiente de varianza de 8,12%. Determinando que el T0 presentó el peso inferior el cual se refiere a 57,50kg, seguido del T1 con pesos de 66,00, mientras que el tratamiento que mayor peso presentó al momento del analisis fue el T2con pesos de 70,00 kg (véase en la tabla 6).

Tabla 6. *Comparación de medias de las variables de Peso corporal (kg) perteneciente a la semana 12.*

Tratamiento	Tukey	Duncan
T0	57,50 A	57,50 A
T1	66,00 A B	66,00 A B
T2	70,00 A B	70,00 A B
Cv		8,12
Significancia		NS

En la siguiente tabla planteada se presentan los resultados de cada uno de los pesos tomados por semana durante el periodo de experimentación utilizando diferentes porcentajes de yogurt de yuca, donde se establece qué no se presentó significación estadística en los tratamientosT0 que corresponde al testigo, T1 que compete a la adición de 10% de yogurt de Yuca y el T2 que es el 20% de yogurt de yuca, en la primera semana hasta la semana 10, sin embargo numéricamente en la semana 11 se observa que el T2 presenta pesos de 70kg y el T1 presenta un peso de 66 kg. Obteniendo como resultado que la adición del yogurt de yuca en 52 porcentajes del 20% presentó mejor resultado en la ganancia de peso semanalmente.

Tabla 7. *Peso corporal acumulado por semana en kg.*

Tratamiento	S 1	S 2	S 3	S 4	S 5	S 6	S 7	S 8	S 9	S 10	S 11	S 12
T0 testigo	27.00	30.50	34.25	36.75	39.25	41.25	43.00	45.25	47.50	50.75	54,50	57,50
T1 10% yogurt	30.00	33.00	37.75	41.00	45.75	48.25	50.50	53.00	56.00	58.50	62.00	66,00
T2 20% yogurt	29,25	33.75	36.00	39.00	42.00	44.75	46.75	51.25	55.75	61.00	65.75	70,00
Cv	14.88	14.39	15.20	15.05	12,97	12.11	12.34	11.02	10.28	9.89	8,77	8,12
Significancia	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*	*

Mediante la prueba estadística de la varianza realizada por el método de Duncan se establece que no se presentó varianza estadística en las semanas uno a la semana 10, en la semana 11 se presentó significancia estadística presentando un coeficiente de variación en la semana 11 de 8,77 y en lo que respecta a la semana 12 presentó un coeficiente de variación de 8,12 (véase en la tabla 8).

Tabla 8. *Peso Corporal acumulado por semana en kg.*

Tratamiento	Semana 1		Semana 2		Semana 3		Semana 4		Semana 5		Semana 6		Semana 7	
	Tukey	Duncan	Tukey	Duncan	Tukey	Duncan	Tukey	Duncan	Tukey	Duncan	Tukey	Duncan	Tukey	Duncan
T0	27,00A	A	30,50 A	A	34,25 A	A	36,75 A	A	39,25 A	A	41,25 A	A	43,00 A	A
T1	29,25A	A	33,75A	A	37,75 A	A	41,00 A	A	45,75 A	AB	48,25 A	A	50,50 A	A
T2	30,00A	A	33,00A	A	36,00 A	A	39,00 A	A	42,00 A	AB	44,75 A	A	46,75 A	A
CV	14,88		14,39		15,20		15,05		12,97		12,11		12,34	
Significancia	NS		NS		NS		NS		NS		NS		NS	

Semana 8		Semana 9		Semana 10		Semana 11		Semana 12	
Tukey	Duncan	Tukey	Duncan	Tukey	Duncan	Tukey	Duncan	Tukey	Duncan
45,25 A	A	47,50 A	A	50,75 A	A	54,50 A	A	57,50 A	A
53,00 A	A	56,00 A	A	58,50 A	A	62,00 A	A	66.00 AB	AB
51,25 A	A	55,75 A	A	61,00 A	A	65,75 AB	A	70,00 AB	AB
11,02		10,28		9,89		8,77		8,12	
NS		NS		NS		NS		*	

Mediante la prueba estadística de la varianza realizada por el método de Duncan se establece que no se presentó varianza estadística en las semanas uno a la semana 10, en la semana 11 se presentó significancia estadística presentando un coeficiente de variación en la semana 11 de 8,77 y en lo que respecta a la semana 12 presentó un coeficiente de variación de 8,12 (véase en la tabla 9).

Tabla 9. *Promedio y significancia estadística mediante las pruebas de Tukey y Duncan para la variable Ganancia de peso corporal por semana total en (kg).*

Tratamiento	Semana 1		Semana 2		Semana 3		Semana 4		Semana 5		Semana 6		Semana 7	
	Tukey	Duncan	Tukey	Duncan	Tukey	Duncan	Tukey	Duncan	Tukey	Duncan	Tukey	Duncan	Tukey	Duncan
T0	27,00A	A	30,50 A	A	34,25 A	A	36,75 A	A	39,25 A	A	41,25 A	A	43,00 A	A
T1	29,25A	A	33,75A	A	37,75 A	A	41,00 A	A	45,75 A	AB	48,25 A	A	50,50 A	A
T2	30,00A	A	33,00A	A	36,00 A	A	39,00 A	A	42,00 A	AB	44,75 A	A	46,75 A	A
CV	14,88		14,39		15,20		15,05		12,97		12,11		12,34	
Significancia	NS		NS		NS		NS		NS		NS		NS	

Semana 8		Semana 9		Semana 10		Semana 11		Semana 12	
Tukey	Duncan	Tukey	Duncan	Tukey	Duncan	Tukey	Duncan	Tukey	Duncan
45,25 A	A	47,50 A	A	50,75 A	A	54,50 A	A	57,50 A	A
53,00 A	A	56,00 A	A	58,50 A	A	62,00 A	A	66.00 AB	AB
51,25 A	A	55,75 A	A	61,00 A	A	65,75 AB	A	70,00 AB	AB
11,02		10,28		9,89		8,77		8,12	
NS		NS		NS		NS		*	

A continuación, en la siguiente tabla se demuestra que, en los tres tratamientos utilizado, la variable que corresponde a la ganancia de peso, la misma que fue evaluada de forma semanal. Mediante la prueba de Tukey determinó que no se presentó significancia estadística en lo que concierne a las semanas que van de la 1 a la semana 11, en comparación a la semana 12 se presentó significancia significativa 1ue corresponde al tratamiento en el cual se adiciona un porcentaje de 20% de yogurt de Yuca.

Mediante el uso del método estadístico de varianza de Duncan se presentaron los siguientes resultados. Confirmando lo antes planteado en base al método realizado de Tukey no se presenta significancia entre las semanas uno a la doce, en la semana se presenta significancia estadística con un coeficiente de variación de 12,57.

Tabla 10. *Promedio y significancia estadística mediante las pruebas de Tukey y Duncan para la variable Ganancia media de peso vivo por semana total en (kg).*

Tratamiento	Semana 1		Semana 2		Semana 3		Semana 4		Semana 5		Semana 6		Semana 7	
	Tukey	Duncan	Tukey	Duncan	Tukey	Duncan	Tukey	Duncan	Tukey	Duncan	Tukey	Duncan	Tukey	Duncan
T0	5,50A	A	9,00 A	A	12,75 A	A	15,25 A	A	17,75 A	A	19,75 A	A	21,50 A	A
T1	6,00 A	A	8,50 A	A	13,25 A	A	15,50 A	A	21,25 A	AB	23,75 A	A	26,00 A	A
T2	5,50 A	A	10,50 A	A	12,75 A	A	15,75 A	A	18,75 A	AB	21,50 A	A	23,50 A	A
CV	38,12		26,73		30,78		27,49		21,70		20,32		20,12	
Significancia	NS		NS		NS		NS		NS		NS		NS	

Semana 8		Semana 9		Semana 10		Semana 11		Semana 12	
Tukey	Duncan	Tukey	Duncan	Tukey	Duncan	Tukey	Duncan	Tukey	Duncan
23,75 A	A	26,00 A	A	29,25 A	A	33,00 A	A	36,00 A	A
28,00 A	A	32,50 A	A	34,00 A	A	37,50 A	A	41,50 AB	AB
28,00 A	A	31,50 A	A	37,75 A	A	42,50 A	A	46,75 AB	AB
17,79		16,92		15,89		13,19		12,17	
NS		NS		NS		NS		*	

Conversión Alimenticia

Mediante el método estadístico Tukey para evidenciar la significancia estadística se obtuvieron los siguientes datos. El tratamiento testigo obtuvo una mejor conversión alimenticia representada en 2,13, en comparación al tratamiento que se basaba en la adición del 10% de yogurt de yuca que presento 1,69 y el tratamiento dos que consistía en la administración del 20% de yogurt de yuca que evidenció 1,74. Los mismos que presentaron un coeficiente de variación de 12,18. Mediante lo que se pudo establecer es que no hubo significancia estadística entre los tratamientos en el estudio de conversión alimenticia.

Como resultado se obtiene que los cerdos tratados sin yogurt de yuca necesitan consumir 2,13 kg para producir un kg de carne, seguido del tratamiento 2, el cual se adicionó 20% de yogurt de yuca, el cual amerita consumir 1,74 kg de alimento para la producción de 1 kg de carne mientras el tratamiento 1 que se adicionó 10% de yogurt de yuca amerita consumir 1,69 kg de alimento balanceado para la producción de 1kg de carne (véase en la tabla 11).

Tabla 11. *Conversión alimenticia.*

CONVERSION ALIMENTICIA	
TRATAMIENTO	
T0 TESTIGO	2,13
T1 10% DE YOGURT DE YUCA	1,69
T2 20% DE YOGURT DE YUCA	1,74
CV	12,18
SIGNIFICANCIA	NS

Rendimiento a la Canal

Mediante la Según lo planteado en la siguiente tabla se establece que el tratamiento que presento un mejor rendimiento a la canal fue el T2 que consistía en la adición de yogurt de yuca en porcentajes del 20%, aquí de demostró que los animales tratos mediante dicho tratamiento obtuvieron un rendimiento a la canal de 54,84 kg en promedio (véase en la tabla 12).

Tabla 12. *Rendimiento a la canal.*

RENDIMIENTO A LA CANAL	
TRATAMIENTO	
T0 TESTIGO	43,55
T1 10% DE YOGURT DE YUCA	50,51
T2 20% DE YOGURT DE YUCA	54,84
CV	9,19
SIGNIFICANCIA	*

Beneficio Costo

Mediante la implementación de alternativas nutricionales como es el yogurt de yuca se pudo evidenciar en base a los resultados que presenta un incremento de peso, por ende, se presentó un mejor rendimiento y mejores resultados económicos (véase en la tabla 13).

Tabla 13. *Beneficio costo.*

ITEM	TRATAMIENTO		
	T0	T1	T2
Peso promedio final kg/cerdo	43,55	50,5	54,84
Total de cerdos inicial	4	4	4
mortalidad (%)	0	0	0
costos de los cerdos	240	240	240
Total de kg consumidos por tratamiento	86	86	86
Costo de kg balanaceado (0,70)	161	161	161
Costo de kg de harina de Maiz (0,33)	35	35	35
Costo de elaboracion de yogurt de yuca	0	71,1	71,1
Total de egresos	507,1	507,1	507,1
Ingresos			
Kg de cerdo vendido	134,21	202,02	219,37
Libras de cerdo vendido	295,26	444,44	482,61
Precio de libra	2	2	2
Ingreso por venta de cerdos ($)	590,52	888,88	965,22
Costo Beneficio	1,35	1,75	1,9

En base a los estudios realizados por (Sagaró & Ferrer, 2021) establecen que la inclusión de yuca en la alimentación de cerdos representa una alternativa viable para obtener mejores resultados productivos. En contraste a lo desarrollado mediante el proceso de desarrollo del experimento concuerdo con lo planteado por los autores, ya que representa una forma de adición de materia seca, proteínas y minerales a la dieta tradicional predispuesta para la alimentación de los suinos.

Según establece (Rios & Muñoz, 2022) mediante la adición de ensilade de la raíz de yuga presentaron alteraciones gastrointestinales leves a partir de la primera semana de adición, en comparación a los resultados obtenidos en el desarrollo experimental realizado se establece que no hubo presencia de alteraciones gastrointestinales en los cerdos evaluados mediante la adición del yogurt de yuca.

Mediante el análisis realizado por Sagaró y Ferrer en 2021 en el cual establecen que mediante el uso de yuca ensilada no presentó un incremento de peso significativo en los lechones sin embrago, según el trabajo experimental realizado, al no presentar significancia estadística al momento de realizar las respectivas análisis de varianza demostrando que no se presentó diferencia de peso entre los cerdos evaluados a los cuales se le adicionó el yogurt de yuca en su alimentación sin embargo confirmo que si se presentó una diferencia entre el peso final de los cerdos que correspondía al tratamiento 1 que consistía en la adición de 10% y 20% de yogurt de yuca mientras que el tratamiento testigo presentó pesos inferiores a los tratamientos efectuados.



(Bernal, Álvarez, & Buendía, 2019) Mencionan qué al evaluar 2 tratamientos, el T1 elaborado por la raíz de camote, forraje del camote, torta de soya y suero de leche, el cual fue suministrado en animales que se encontraban en pastoreo mientras que el T2 se desarrolló en confinamiento elaborado por raíz de camote, follaje fresco de camote, ensilado de camote, torta de soya y suero de leche determinó que el uso de camote puede sustituir el maíz como única fuente proteica y que representaría el 70% de la dieta. (Valverde., *et al (*2022) determinan que en la crianza de cerdos traspatio las principales formas de alimentación se centran en los desperdicios de cocina con un 75%, seguido de la yuca, plátano o babano con 12,5%, alimentos hechos harinas en porcentajes de 25%.

CONCLUSIONES

En conclusión, del presente estudio se establece que el tratamiento en el cual se adicionó un 20% de yogurt de yuca presentó mayor ganancia de peso durante a las 12 semanas de estudio.

El tratamiento correspondiente a la adición del 20% de yogurt de yuca presentó una mayor conversión alimenticio estableciendo qué los cerdos adicionados a este tratamiento presentaron un peso 54,84 kg ya faenados.

El beneficio de costo planteado mediante la adición del yogurt de yuca en porcentajes del 20 % indica que presentó un porcentaje de 1,90 lo cual establece que mediante la administración del yogurt de yuca estableciendo que son mayores los ingresos que los gastos en este tratamiento.

BIBLIOGRAFÍA

Álvarez, R. J., & Medellín, L. R. (2005). *Sus scrofa (Linnaeus, 1758.* Universidad Nacional Autónoma de Mexico. Obtenido de http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/exoticas/fichaexoticas/Susscrofa_domestica_00.pdf

Bernal, A., Álvarez, D., & Buendía, B. (2019). *Evaluación de alternativas alimenticias para cerdos en crecimiento en el Valle.* Pasco: Redalyc. Obtenido de https://www.redalyc.org/journal/6378/637869483008/movil/

El Universo. (8 de Septiembre de 2022). *El consumo de chancho se recupera y alcanza 9,1 kg per cápita este 2022.* Obtenido de El Universo: https://www.pressreader.com/ecuador/el-universo/20220908/281612424235559

Instituto Nacional de la Economía Social. (13 de Abril de 2018). *Gobierno de México*. Obtenido de Instituto Nacional de la Economía Social: https://www.gob.mx/inaes/articulos/porcicultura-una-actividad-milenaria?idiom=es#:~:text=Existen%20dos%20procesos%20paralelos%20de,utilizados%20por%20el%20ser%20humano.

Ministerio de Agricultura y riego . (2022). *PANORAMA Y PERSPECTIVAS DE LA PRODUCCIÓN DE CARNE DE CERDO.* El Perú Primero. Obtenido de https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/566516/Panorama_y_persp_produc_carne_cerdo.pdf

FAO. (20 de Diciembre de 2021). *FAO: datos de la producción mundial de carne de cerdo en 2021*. Obtenido de FAO: https://www.3tres3.com/latam/ultima-hora/fao-datos-de-la-produccion-mundial-de-carne-de-cerdo-en-2021_13605/

Getamap. (30 de Enero de 2023). *Febres Cordero*. Obtenido de Getamap: https://es.getamap.net/mapas/ecuador/los_rios/_febrescordero/

Meteobox. (15 de Marzo de 2022). *Tiempo Febres Cordero, Los Ríos*. Recuperado el 10 de Marzo de 2023, de meteobox: https://meteobox.es/ecuador/febres-cordero/

INEC. (2022). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua.* Ecuador en cifras. Recuperado el 24 de 03 de 2023, de https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2021/Principales%20resultados-ESPAC_2021.pdf

Rios, A., & Muñoz, L. (2022). *La yuca (Manihot esculenta) como alternativa sostenible en porcinos.* Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD. Recuperado el 05 de 05 de 2023, de https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/51824/lkmunozu.pdf?sequence=3&isAllowed=y

Sagaró, F., & Ferrer, E. (2021). *Alimentación para cerdos de ceba en condiciones locales de agricultura familiar.* CIGET. Recuperado el 05 de Abril de 2023, de https://www.redalyc.org/journal/1813/181371071012/html/

Valverde, A., Echeverria, E., Fuentes, T., Indacochea, & Del Valle, W. (2022). *Los alimentos alternativos en la cría de cerdos traspatio en la comuna Joa del cantón Jipijapa.* Jipijapa: evista Cientifica Multidisciplinaria. Obtenido de https://revistas.unesum.edu.ec/index.php/unesumciencias/article/view/629

PAS-22. Alimento Ensilado Cubano (AEC), buena alternativa en vacas lecheras

Cuban Silage Feed (AEC), a good alternative for dairy cows

R. García López; P. Lezcano; M.R. González*

Instituto de Ciencia Animal, Apartado 24. San José de las Lajas Mayabeque. Cuba.

*Correspondencia a: garcroberto586@gmail.com

ABSTRACT

To evaluate the productive performance of dairy cows subjected to supplementation of Cuban Silage Feed (made with fermentations of cassava or sweet potato), 20 Siboney cows from Cuba were used, with similar lactation numbers, live weight and milk production. In this experiment, the silage feed was made with cassava, the evaluation took place during the season known in Cuba as little rainy or dry, cows had 135 days of lactation, 7.6 kg of milk / day and a CC of 3 ± 0.1 They were divided into two groups (control and experimental) which consisted of A. Offer during milking hours 1kg cow day -1 of commercial concentrate + 3 kg of Cuban silage and evening night grazing B. offer 3kg / cow / day of commercial concentrate + evening night grazing. The cows were milked twice (at 6 a.m. and 3 p.m.), and after the second milking, they were sent to their respective pastures together. This process was continued for 140 consecutive days and corresponds to the period evaluated. Results showed a significantly higher ($p \leq 0.05$) milk production in the animals treated with silage (8.7 vs. 8.1). However, body condition (3.3 vs. 3.1) was not significantly different, nor was milk protein (2.9 vs. 2.9), which was low in both treatments. The results obtained may indicate another nutritional alternative for dairy farming and open up the possibility of replacing feed imports and achieving higher milk production.

Keywords: *Milk production, dairy cows, silage*

Palabras clave: *Producción de leche, vacas lecheras, ensilaje*

INTRODUCCIÓN

La búsqueda de nuevas alternativas de alimentación para la ganadería es absolutamente necesaria, mucho más en un país de un potencial genético en la ganadería muy alto, sin una base alimentaria adecuada para sostenerlo, trayendo en consecuencias graves problemas en la reproducción y bajísimo crecimiento de la masa. (ONEI,2019).

Muchos intentos se vienen realizando en el país, por lograr resolver el déficit de nutrimentos que posee la ganadería y recuperar la explotación de su verdadero potencial, dentro de esas variantes hace años ha estado el uso de raíces y tubérculos, *García López et al (1990),* en la actualidad, *Lezcano et al (2014*), han probado en las especies de monogástrico, un producto denominado Alimento Ensilado Cubano (AEC), con satisfactorios resultados, y altos niveles de generalización en el país,

Ensilajes biológicos y químicos han sido producidos y utilizados eficientemente en la alimentación animal a partir de desechos pesqueros (*Díaz 2004 y Marrero et al. 2009*). También el ensilado de la raíz de yuca enriquecido fue informado por Almaguel et al (2010). Por su parte *Lezcano et al. (2014*) reportaron la sustitución total de la energía del maíz por raíz de yuca ensilada con agua y yogur o vinaza de las destilerías de alcohol, con elevadas ganancias de peso vivo en cerdos en crecimiento-ceba.

La planta donde se produce el AEC puede producir 60 t día^{-1}, el cual se puede preservar durante 6 meses sin perder sus características nutricionales y organolépticas. Por otra parte, se utiliza la vinaza de las destilerías que es un desecho industrial de alto efecto contaminante y útil en rumiantes y monogástricos, lo que contribuye con el cuidado del medio ambiente. La crema *Sacharomyces* y la miel B son subproductos de la agroindustria azucarera y no compiten de forma directa en la alimentación humana y en el caso del boniato y la yuca se puede emplear igualmente, aquel que pierde valor comercial por diversas causas lo que permite su aprovechamiento y evita su putrefacción y consecuente contaminación, todo esto, justifica un estudio más diversificado en otras especies.Sin embargo, no han existido pruebas oficiales y estables de este producto en rumiantes y en específico en vacas lecheras que son las que más sufren la escasez de alimentos de calidad para respaldar su producción, en consecuencia, nos propusimos como objetivo en este trabajo, comenzar a evaluar el producto(AEC) en vacas lecheras en producción

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó un total de 20 vacas de la raza siboney de Cuba, para evaluar el comportamiento productivo al consumir, como parte de su ración, el denominado Alimento Ensilado Cubano, las cuales poseían 135 días de lactancia,7.6 kg de leche /día y una CC de 3±0.1 para ello se separaron en dos grupos similares en días de lactancia, producción inicial y condición corporal y se distribuyeron en dos tratamientos durante el período poco lluvioso: A) (1kg de pienso comercial+3kg de ensilado cubano + pasto) y B) (3kg de concentrado comercial +pasto), el nivel seleccionado de sustitución provino de pruebas de observaciones anteriores, realizadas por el mismo autor . En el grupo experimental se ofrecía el concentrado (1kg) en el ordeño de la mañana y los 3kg del AEC en el ordeño de la tarde, mientras en el



control se ofreció 1.5kg de concentrado en cada ordeño, después las vacas iban al mismo potrero para consumir el pasto

Los animales pastaban juntos en potreros de 0.5ha, sembrados de pasto estrella (*Cynodom nlemfluencys*), sin fertilización, ni riego. En rotaciones continuas cada 35 días (4 en el período), la disponibilidad promedio fue de 23kg de MS/vaca /rotación; la proteína del pasto oscilo entre 7.8 y 8.6% en todo el periodo y la energía se estimó en 8.36Mjoul/kg MS. Los pesajes y muestreos de leche se ejecutaron cada 15 días, los mismos eran realizados en los horarios correspondientes a los ordeños habituales. Los análisis matemáticos realizados consistieron en análisis de varianza, y para los análisis de leche se utilizó un equipo Milkscan 103

Los resultados fueron analizados según diseño completamente aleatorizado. Para los análisis estadísticos se utilizó el paquete estadístico **Infostat** (*Robledo et al 2001*).

La composición bromatológica del material ensilado y el alimento seco (AS) (Tabla 1) se determinó mediante la metodología descrita en la *AOAC (2005*) (MS, Cen, PB (N x 6,25) y FB). El calcio (Ca) y el fósforo (P) según *Silva y de Queiroz (2004*).

Tabla 1. *Composición bromatológica de los alimentos utilizados (%)*[1]

Indicadores	MS	N	PB	Cen.	FB	Ca	P	pH
Concentrado[1]	84.6	2.3	14,6	7.4	6.7	2.3	1.1	6.3
AEC[1] (n=20)	26.81	1.12	7.0	11.79	2.92	1.58	0.25	.76
DE	0.99	0.20	1.25	0.83	1.36	0.25	0.03	0.06

[1]Análisis realizados en el Instituto de Ciencia Animal (ICA) Se analizaron 20 muestras.

En la leche se determinó el contenido de grasa, proteína y lactosa, mediante el método infrarrojo (FIL-141: B, 1997), por medio del MilkoScan 103 A/S Foss Electric. Además, se calculó la leche corregida por energía (LCE), y la relación grasa: proteína y grasa: lactosa.

LCE (kg)= (0,038 × g de grasa bruta + 0,024 × g de PB + 0,017 × g de lactosa) × kg de leche/3,14 (Reist *et al.*, 2003).

Los análisis microbiológicos se efectuaron para conocer la calidad higiénico-sanitaria del ensilado producido. El conteo de coliformes se realizó según la norma NC-I20 4832:2002, el conteo de bacterias totales según la norma NC-I20 4833:2002, el conteo de hongos según NC-I20 7954:2002 y la determinación de *Salmonella* según la norma NC-I20 7954:2002. El pH se midió mediante potenciómetro digital con electrodo de vidrio, soluciones reguladoras de pH 4 y 7, y un agitador electromagnético para la homogenización de la muestra.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La producción de leche fresca y la leche corregida en energía dentro del período analizado difirió significativamente a favor de las vacas que consumían el ensilado cubano (tabla 2.), respecto a las que utilizaban el concentrado tradicional, evidenciando una mayor entrada al sistema digestivo de factores nutritivos favorables a un incremento productivo. *(Lemaire et al, 2019, Athuaireet al, (2018)*). Sin embargo, la condición corporal no indico, mejoras en el peso corporal, sugiriendo que los nutrimentos fueron dirigidos a los precursores de la leche, y no a la ganancia de peso, predominando quizás factores glucogénicos reportados por las raíces y tubérculos.

Tabla 2. *Respuesta al uso de ensilado cubano en la producción de leche y la condición corporal*

Indicadores	Exp.3kg/vaca de ensilado cubano+1kg de concentrado comercial + pasto	3kg de concentrado comercial+ pasto	EE y sig
Prod(kg/v/día)	8.7	8.1	0.15*
LCE(kg)	5.7	5.4	0.09*
C. Corporal	3.3	3.1	0.0

**p≤ 0.05*

En la tabla 3., se puede apreciar que no fue significativa la diferencia en la mayoría de los componentes de la leche, sin embargo, la grasa y la relación grasa: proteína difirió entre los tratamientos a favor de los animales con ensilado cubano, posiblemente influenciado por los aportes de acético que contenía el ensilado, al igual que los sólidos totales que mostraron mayores valores en los animales consumiendo ensilado cubano.

Tabla 3. *Composición Bromatológica de la leche. (%)*

Indicadores	Exp.3kg/vaca de ensilado cubano+1kg de concentrado comercial + pasto	3kg de concentrado comercial+ pasto	EE y Sign
Grasa (%)	3.9	3.7	0.06*
Proteína (%)	2.9	2.9	0.001
Lactosa (%)	4.3	4.2	0.02
S.N.G. (%)	8.3	8.2	0.01
S. Totales (%)	12.2	11.9	0.02*
Proteína /grasa	0.74	0.78	0.044
Grasa/proteína	1.34	1.27	0,052***
Grasa /lactosa	0.90	0.88	±0,045

p≤ 0.05 *<p≤0.001*

En la tabla 3 se observa que hubo variación significativa en la grasa y los sólidos totales de la leche, en las vacas que consumían el ensilado cubano, quizás por haber mayores aportes energéticos en esa ración y es conocido que mayor presencia de energía puede mejorar la grasa en la leche y como consecuencia los sólidos totales. Aunque las relaciones proteína: grasa y grasa: proteína, están lejos de valores de alta eficiencia, según otros trabajos la relación grasa: proteína de la leche, es reportada en la raza Holstein, de 1,05 a 1,18 g de grasa/g de proteína (Čejna y Chládek, 2005); mientras que, Negussie *et al.* (2013) indicaron que el valor óptimo en las vacas de la raza Nórdica puede ser de 1,25 a 145,sin embargo, este trabajo mostro los valores más altos en las vacas consumiendo el AEC que el tratamiento control, pero por debajo de las referencias anteriores, lo cual señala que debe seguir perfeccionándose los suministros para lograr una mejor correspondencia en estos indicadores. Las vacas lecheras, posterior al parto, tienden a sufrir desbalances energéticos y, debido a esto, la concentración de grasa tiende a aumentar y la de proteína a disminuir, durante este proceso, la relación grasa: proteína de la leche incrementa lo que indica una falta de energía en la dieta. Por tanto, permite identificar un problema de manejo nutricional, en el período de transición, y quizás posterior a este (Toni *et al.*, 2011).

El análisis microbiológico realizado a varias muestras de ensilado (Tabla 4) se comportó dentro de los indicadores establecidos en las normas (NC-I20 4833:2002, NC-I20 7954:2002, NC-I20 7954:2002) emitidas por el Instituto de Medicina Veterinaria de la República de Cuba (2002) para el conteo total de bacterias, coliformes, conteo total de hongos y salmonella (tabla 5). El crecimiento de estos patógenos está limitado por el pH ácido (3.76) característico del producto (Lechevestrier 2005). También es posible predecir un efecto de la levadura *Saccharomyces cerevisiae* presente en el alimento, de la cual se conoce que los elementos activos de su pared conocidos como oligosacáridos de glucanos y mananos, son capaces de activar selectivamente el crecimiento de los microorganismos en el TGI (*Pérez 2000 y Galindo et al. 2010)* como los lactobacilos y excluir a las bacterias patógenas (*Blondeau 2001*) ya sea por una reducción de sus posibilidades de adhesión a la pared o directamente por un efecto antagonista contra ellos (*Rodríguez 2010*).

Tabla 4. *Análisis microbiológico del alimento ensilado (AEC)*

Conteo total bacterias, UFC/g	Coliformes UFC/g	Conteo total hongos	*Salmonella*
2.0-5.0 x 10^4	< 10^2	1.4-2.5 x 10^3	Negativo en 25 g

La calidad mostrada por el AEC, la producción y calidad de la leche, sugieren que deben continuarse estudios para generalizar su uso, en vacas lecheras, siempre que sus costos favorezcan su empleo. Los resultados alcanzados pueden indicar otra alternativa nutricional para la ganadería lechera y abrir una posibilidad para sustituir importaciones de piensos y lograr mejores producciones de leche.

BIBLIOGRAFÍA

Almaguel, R.E, Piloto, J.L., Cruz Elizabeth., Rivero, M. & Ly, J. 2010. Comportamiento Productivo de Cerdos en Crecimiento Ceba Alimentados con Ensilado enriquecido de Yuca (Manihot esculenta Crantz). Rev. Comp. Prod. Porcina. 17: 247.

AOAC. Official Methods of Analysis of the Association of Official Chemists. Edition 20th, Arlington, VA, Washington D.C., 2016.

Atuhaire, A. M., Boma, P., &Mugerwa, S. 2018. Pasture management Strategies for sustainable livestock production in Karamoja pastoral system, Uganda. Livestock Research for Rural Development, 30(10).

Blondeau, K. 2001. La paroi des levures; structures etfonctions, potentielsthérapeutiques et technologiques. Université Paris Sud. 155 p.

Čejna, V. & Chládek, G. 2005.The importance of monitoring changes in milk fat to milk protein ratio in Holstein cows during lactation. Journal of Central European Agriculture. 6(4):539-546, 2005. https://core.ac.uk/download/pdf/26948535.pdf.

Díaz, H. 2004. Efecto de la suplementación con ensilaje de residuos de una planta procesadora de tilapia (Oreochromisniloticus) sobre el consumo voluntario y la digestibilidad de nutrientes de heno de gramíneas tropicales. Tesis para obtener el grado de Maestría en industria pecuaria del recinto de Mayaguez, Puerto Rico.

Galindo, J., Díaz, A., González, N., Sosa, A., Marrero, Y., Aldana, A. I., Moreira, O., Bocourt, R., Torres, V., Sarduy, L. &Noda, A. 2010. Effect of hydrolized enzymatic product of Saccharomyces cerevisiae yeasts on the ruminal microbial population with substrate of Pennisetum purpureum vc. Cuba CT-115 under in vitro conditions Cuban J. Agri. Sci. 44: 275.

García López, R. & García Trujillo, R.1990**.** Título: Alimentación de vacas gestantes. La Habana, Cuba :pp39-

Lechevestrier, Y. 2005. Digestion et absorption des acides aminés dans l´intestin grete du porc. These Doctorat de l´Institut National Agronomique Paris-Grigon. 160 p.

Lemaire G, De Faccio P. C., Kromberg S. & ,Recous S. 2019. Agroecosystems Diversity, Academic Press Ed, Elsevier, London.

Lezcano, P., Berto, D.A., Bicudo, S.J., Curcelli, F., González, Priscila & Valdivié, M. 2014. Yuca ensilada como fuente de energía para cerdos en crecimiento. Avances en Investigación Agropecuaria. 18: 41.

Marrero, M., López, J.L., Leyva, L., Blanco, M., Saris, A.L. & Sánchez, H. 2009. Ensilado biológico de desechos pesqueros con empleo de recursos locales. Revista Comp. Prod. Porcina. 16: 182.

NC ISO 4832. Microbiología de alimentos de consumo humano y animal. Guía General para la enumeración de los coliformes. Técnica de placa vertida. Cuba, 2013.

NC ISO 7889 Enumeración de microorganismos característicos y la viabilidad celular. Cuba, 2009.

NC. 585. Contaminantes microbiológicos en alimentos — Requisitos sanitarios. Cuba,2017.

NC: 1004. Microbiología de alimentos de consumo humano y animal. Guía General para la enumeración de levaduras y mohos. Técnica de placa vertida a 25 ºC. Cuba, 2016.

Negussie, E.; Strandén, I. & Mäntysaari, E. A. 2013.Genetic associations of test-day fat: protein ratio with milk yield, fertility, and udder health traits in Nordic Red cattle. J. Dairy Sci. 96(2):1237-1250, 2013. DOI: https://doi.org/10.3168/jds.2012-5720.

Oficina Nacional de Estadisticas e Infomación (ONEI). 2019. Territorio, Agicultura, Ganadería, Silvicultura y Pesca. Anuario estadistico de Cuba2019, available : http://www.one.cu/aec2019.htm [consulted :june 10,2020]

Pérez, M. 2000. Obtención de un hidrolizado de crema de levadura de destilería y evaluación de su actividad probiótica. Tesis (en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Veterinarias). Instituto de Ciencia Animal. La Habana. Cuba. 111 p.

Reist M. Erdin. D. D von Euw K Tschuemperlen. Concentrate feeding strategy in lactating dairy cows: metabolic and endocrine changes with emphasis on leptin. journal of dairy sci 2003. https://doi.org/10.316/jds50022-0302(03)73755-2

Robledo, C.W., di rienzo, J.A., Guzmán, W., Mónica, G., Balzarini, F., Laura A. &Elena M. Tablada. 2001. Infostat. Software estadístico. Versión 1. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

Rodríguez, M. 2010. Evaluación in vitro de la actividad antibacteriana del hidrolizado enzimático de levadura Saccharomyces cerevisiae. Tesis (presentada a opción del título académico de Master en Producción Animal Tropical). Instituto de Ciencia Animal. La Habana. Cuba. 92 p.

Silva, J. & de Queiroz, A.C. 2004. Determinación de fósforo y calcio inorgánico total. Análisis de alimentos. Métodos químicos y biológicos. Edit. UFV. Universidad Federal de Viscosa. Brasil: 169

Toni, F.; Vincenti, L.; Grigoletto, L.; Ricci, A. & Schukken, Y.H.2011. Early lactation ratio of fat and protein percentage in milk is associated with health, milk production and survival.J. Dairy Sci. 94(4):1772-1783, 2011. DOI: https://doi.org/10.3168/jds.2010-3389





PAS-23. Microorganismos eficientes para la producción de ensilajes de *Tithonia diversifolia* en la MIPYME Carnes D'Tres

Efficient microorganisms for the production of *Tithonia diversifolia* silage in the SME Carnes D'Tres

C. Mazorra[1]; D. Fontes[1]; R. Rodríguez[2]; D. Fortes[2]; L. Pérez[3]; L. Duarte[4]; D. Gómez[1]; D. Peña[1] y P. Fernandes[5]*

[1]Universidad de Ciego de Ávila, Cuba

[2]Instituto de Ciencia Animal, Cuba

[3]Centro de Bioplantas, Cuba

[4]Sociedad Mercantil Carnes DTres SRL

[5]CIRAD, Francia

[*]Correspondencia a: mazorrablanco1995@gmail.com

RESUMEN

En el trópico, la producción de ensilaje, a base de gramíneas, constituye una alternativa viable para mantener la producción animal y minimizar los efectos de la disponibilidad de pastos para los rumiantes, también se ha demostrado que el follaje de especies arbóreas, leguminosas y no leguminosas, se puede utilizar en ensilajes tropicales para incrementar su valor nutritivo. Dentro de las arbustivas forrajeras, *T. diversifolia* (tithonia) es una especie con alto potencial para la producción animal, por su fácil establecimiento, resistencia y recuperación al corte, tolerancia a suelos pobres y altos rendimientos de biomasa. Esta especie acumula tanto nitrógeno en sus hojas como las leguminosas, lo que se puede aprovechar para mejorar el balance de nitrógeno en los ensilajes. Por otro lado, el uso de aditivos energéticos y microbianos, puede ser una alternativa viable para mejorar las condiciones de conservación de los forrajes. Los Microorganismos eficientes (ME), conjuntamente con otros aditivos, podrían constituir alternativas para lograr ensilar el follaje de Tithonia. En el presente trabajo se presentan resultados preliminares de la producción y uso de este bioproducto, utilizado en la confección de ensilajes de la arbórea, que pudieran ser incluidos en la dieta del rebaño bovino de la MIPyME Carnes D'Tres. Se realizó un estudio de viabilidad tecnológica y económica inicial para la producción del microorganismo eficiente, se fabricó el ME mediante el encadenamiento productivo con un productor y se evaluaron diferentes proporciones del bioproducto en la fabricación del ensilaje. Adicionalmente se realizaron pruebas de cafetería que indicaron su consumo por bovinos jóvenes. Los principales resultados indican que el uso de los ME puede ser una alternativa viable para la producción de ensilajes, a mayor escala, destinados al rebaño bovino de la Empresa.

Palabras clave: *forrajes tropicales, bioproducto, aditivo, conservación de alimentos*

ABSTRACT

In the tropics, grass-based silage production is a viable alternative for maintaining animal production and minimizing the effects of pasture availability on ruminants. It has also been shown that the foliage of legume and non-legume tree species can be used in tropical silages to increase their nutritional value. Among forage shrubs, T. diversifolia (Tithonia) is a species with high potential for animal production due to its easy establishment, resistance and recovery to cutting, tolerance to poor soils, and high biomass yields. This species accumulates as much nitrogen in its leaves as legumes, which can be used to improve the nitrogen balance in silages. On the other hand, the use of energy and microbial additives may be a viable alternative to improve forage conservation conditions. Efficient microorganisms (EM), together with other additives, could constitute alternatives for ensiling Tithonia foliage. This work presents preliminary results of the production and use of this bioproduct, used in the preparation of silage from the tree, which could be included in the diet of the cattle herd of the MSME Carnes D'Tres. An initial technological and economic feasibility study was conducted for the production of the efficient microorganism. The EM was manufactured through a production chain with a producer, and different proportions of the bioproduct were evaluated in silage production. Additionally, cafeteria tests were conducted, which indicated its consumption by young cattle. The main results indicate that the use of EM may be a viable alternative for the production of silage, on a larger scale, for the company's cattle herd.

Keywords: *tropical forages, bioproduct, additive, food preservation*

INTRODUCCIÓN

En el trópico, la producción de ensilaje constituye una alternativa viable para mantener la producción animal y minimizar los efectos de la disponibilidad de pastos para los rumiantes debido a la estacionalidad de los mismos. Dentro de las arbustivas forrajeras, *T. diversifolia* es una especie con alto potencial para la producción animal, por su fácil establecimiento, resistencia al corte frecuente, rápida recuperación después del corte, tolerancia a suelos pobres (Nieves *et al.*, 2011) y rendimientos de biomasa de hasta 82 toneladas de material fresco por hectárea. Además, esta especie acumula tanto nitrógeno en sus hojas como las leguminosas, lo que se puede aprovechar para mejorar el balance de nitrógeno en ensilajes que se elaboran con los excedentes de biomasa forrajera que se obtienen durante la época lluviosa (Roa y Galeano, 2015), así como utilizarla en forma de harina proteica para sustituir parcialmente el concentrado importado.

Por otro lado, el uso de aditivos energéticos y microbianos, puede ser una alternativa viable para mejorar las condiciones de conservación de los forrajes (Rodríguez *et al*., 2022). Los Microorganismos eficientes (ME), conjuntamente con otros productos, podrían constituir alternativas para lograr ensilar el follaje de Tithonia. En el presente trabajo se presentan resultados preliminares de la producción y uso de este bioproducto, utilizado en la confección de ensilajes de la arbórea, que pudieran ser incluidos en la dieta del rebaño bovino de la MIPYME Carnes D'Tres.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló en áreas e instalaciones pertenecientes a la Sociedad Mercantil (Mypime) Carne Dtres S.R.L., ubicada en la Finca Dos hermanos, domiciliada en Carretera a Santo Tomás, Aeropuerto, Km 7½, Ceballos, Ciego de Ávila, Cuba.

Valoración técnica, económica y logística para la introducción de la tecnología de microorganismos eficientes en la Mipyme Carnes D'tres

Se realizó un estudio de factibilidad técnica, económica y logística con el propósito de lograr un bioproducto de microorganismos eficientes para la propia entidad que tuvo en consideración los siguientes elementos:

- ✓ Tecnologías para la fabricación de ME
- ✓ Microrganismos eficientes fabricados en Cuba.
- ✓ Precio de venta de los diferentes tipos de microrganismos.
- ✓ Costos de elaboración de los ME con equipamiento y productos locales.
- ✓ Costos de transportación

Mediante diferentes vías (entrevista, revisión de documentos en papel y soporte electrónico) se gestionó información sobre los microorganismos eficientes y su uso en Cuba, se entrevistaron expertos en el tema y se buscaron precios de diferentes microorganismos fabricados en el país, las materias primas y medios usados en su confección, así como la transportación.

Evaluación de la calidad organoléptica de la producción de ensilaje de Tithonia diversifolia con el uso de microorganismos eficientes (ME) y melaza en el período poco lluvioso

Se utilizó para la elaboración del ensilaje, la biomasa de *T. diversifolia*, producida en una plantación establecida en la Estación Juan Tomas Roig y cosechada en el momento en el que existe la mejor relación calidad/rendimiento de la planta. Se empleó como aditivo para estimular la fermentación los microorganismos autóctonos benéficos.

Se empleó biomasa de buena calidad de Tithonia, con 25 % de MS, momento que se correspondió a 90 días en el período poco lluvioso. Se cortó temprano en la mañana, con un repique de 1-2 cm longitud de las partículas. Toda la biomasa se depositó en bolsas de 1 kg, se distribuyó lo más uniforme posible, se realizó la compactación o apisonamiento del material, las bolsas se depositaron en un tanque de capacidad para 200 L, posteriormente se procedió al tapado hermético del mismo, logrando que el proceso se realizara a los 48 días después del cierre.

En la investigación se emplearon los siguientes tratamientos, replicados tres veces cada uno:

I.- Biomasa de *Tithonia diversifolia* fresca (500 g) + 150 mL de MAB/kg + Miel (40 mL/kg de forraje)

II.- Biomasa de *Tithonia diversifolia* fresca (500 g) + 100 mL de MAB/kg + Miel (40 mL/kg de forraje)

III.- Biomasa de *Tithonia diversifolia* fresca (500 g) + 50 mL de MAB/ kg + Miel (40 mL/kg de forraje)

IV.- Biomasa de *Tithonia diversifolia* fresca (500 g) + 100 mL de MAB/kg + sin miel.

V.- Biomasa de *Tithonia diversifolia* fresca (500 g) + sin MAB + Miel (40 mL/kg de forraje)

VI.- Testigo (Biomasa de *Tithonia diversifolia* (500 g))

Como aditivos se empleó además del MAB (microorganismo autóctono benéfico) en su fase líquida estabilizada, la miel a razón de 40 mL/kg de forraje, según recomiendan Rodríguez et al.,(2024), en el folleto "Ensilajes de calidad con forrajeras tropicales. Alternativas para el ganadero en Cuba".

Se empleó el método subjetivo de apreciación de la calidad organoléptica del ensilaje producido. Para lo cual, se tomaron muestras de cada tratamiento que fueron depositadas al azar sobre una meseta en el laboratorio de productos naturales en el Centro de Bioplantas. Se seleccionaron ocho catadores para según su apreciación calificaran las características organolépticas evaluadas.

Comportamiento alimentario de bovinos jóvenes, ante mezclas de Guinea y ensilaje de Tithonia diversifolia

Se usaron en el experimento cuatro animales (dos añojos y dos terneros con peso de promedio de 132 y 82 kg, respectivamente), los que se alojaron, de acuerdo a la categoría, en dos corrales de 7.5 m2 cada uno. Los animales, en ayuno nocturno, permanecieron en la prueba tres horas de la mañana (8:30 am a 11:30 am), de cinco días consecutivos, durante las cuales se les ofreció una mezcla de Guinea (*Megathyrsus maximus*) y ensilaje de Titonia, molidas a 3 cm de tamaño y mezclada a una proporción de 50:50.

El alimento se ofreció de acuerdo al consumo que fueron realizando los animales de la mezcla, los que además, tuvieron acceso al agua de bebida durante las tres horas de prueba. Una vez terminado en periodo de evaluación, los bovinos regresaron a sus respectivos rebaños y pastaron en potreros con presencia de pastos naturales (Dichantium, *paspalum notatum* y guinea). Previo a la etapa de evaluación, los bovinos recibieron una adaptación de dos semanas al bóxer y los alimentos utilizados (guinea y ensilaje de Tithonia) ofrecidos de forma individual.

La guinea, cosechada inmediatamente antes de cada día de prueba, provino de un área de la propia finca, que poseía en el momento de evaluación, plantas con edades entre 25 y 30 días de rebrote (antes de la floración). El ensilaje de Tithonia se mantuvo en un periodo de fermentación y reposo de 60 días a partir de su fabricación antes de ser suministrado a los animales.

Durante el periodo de evaluación se contabilizó la cantidad de alimento ofrecido y rechazado por los animales y se calcularon los siguientes indicadores:

- Consumo de cada alimento por categoría de animales.
- Consumo total por animal y por peso metabólico.
- Velocidad de consumo total y de cada forraje.

Los indicadores se calcularon mediante el programa Microsoft Excel, posteriormente, para el procesamiento de datos se usó el Programa estadístico SPSS ver. 15.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Valoración técnica, económica y logística para la introducción de la tecnología de microorganismos eficientes en la Mipyme Carnes D'tres

La tabla 1 ofrece información de varios microorganismos eficientes que se fabrican en Cuba, su disponibilidad en el mercado y el precio de venta.

Tabla 1. *Microrganismos eficientes que se fabrican en Cuba, disponibilidad en el mercado y precio de venta.*

ME	Procedencia	Fase que se comercializa	Precio de venta (CUP)	Caracterizado
ME IH- Plus	EEPF Indio Hatuey (Matanzas)	Fase líquida estabilizada	8 CUP/ litro	Si*
ME MEAG	Guantánamo	Fase líquida estabilizada	No se comercializa	Si*
ME- 50	Labiofam Ciego de Ávila	Fase líquida estabilizada	9.87 CUP/ litro	Si*
ME RH- Vigía	Finca Rincón Los Hondones Ciego de Ávila	Fase sólida	200 CUP por kg	Si*
MA (Microorganismo Autóctono) Ceballos	Empresa Agroindustrial Ceballos Ciego de Ávila	Fase líquida estabilizada	5 CUP/litro	No

**Laboratorio común de microbiología del IRD- (ISRA-CIRAD-UCAD, Senegal (Programa de cooperación Francia-Senegal)*

A diferencia del resto, el fabricante del Microorganismo eficiente RH- Vigía está en disposición de realizar un encadenamiento productivo con la Mipyme y comercializar el producto en su fase sólida. De acuerdo a la tecnología de fabricación, se calcula que por cada kg de fase sólida se obtienen 20 litros de fase líquida y 200 litros de fase estabilizada.

Al comparar los precios de los microorganismos comercializados en la fase estabilizada con el RH- Vigía, en su fase sólida, se evidencia un menor costo de este último, en adición, la Mipyme Carnes D'tres posee las condiciones y el equipamiento, necesarios, para fabricar la fase líquida y estabilizada de los ME que incluye: tanques plásticos de 200 litros, bidones de 20 litros, depósito para almacenar las mieles y neveras refrigeradas de mantenimiento para conservar el suero de leche, que puede producirse en la propia Finca o en otras aledañas con tenencia de ganado.

Se decidió entonces, introducir y evaluar un microorganismo eficiente, fabricado a partir de la fase sólida de los ME RH-Vigía que tiene un costo de producción de 1.98 CUP/litro. Se siguió la tecnología descrita por EAM (2018) para elaborar las fases líquida y estabilizada del bioproducto.

Evaluación de la calidad organoléptica de la producción de ensilaje de Tithonia diversifolia con el uso de microorganismos eficientes (ME) y melaza en el período poco lluvioso

En la evaluación sobre las características organolépticas del ensilado de *Tithonia diversifolia* con el empleo de diferentes proporciones de microorganismos eficientes y melazas como aditivos (tabla 2), se obtiene un producto de buena calidad, superior al tratamiento testigo.

Tabla 2. *Características organolépticas de los ensilajes de plantas de Tithonia diversifolia.*

Tratamientos	Indicadores Organolépticos					
	color	olor	textura	humedad	pH	Calidad Final
T_1	Verde aceituna (4)	Agradable de fruta madura (4)	Conserva sus contornos, bien definidos, las hojas permanecen unidas al tallo (4)	No humedece las manos y el ensilaje se mantiene suelto (4)	3.73	Excelente
T_2	Verde aceituna (4)	Agradable con cierto olor a vinagre (3)	Conserva sus contornos, bien definidos, las hojas permanecen unidas al tallo (4)	No humedece las manos y el ensilaje se mantiene suelto (4)	3.56	Buena
T_3	Verde aceituna (4)	Agradable con cierto olor a vinagre (3)	Conserva sus contornos, bien definidos, las hojas permanecen unidas al tallo (4)	No humedece las manos y el ensilaje se mantiene suelto (4)	3.76	Buena
T_4	Verde amarillento (3)	Ácido con fuerte olor a vinagre (2)	Las hojas se desaparecen fácilmente de los tallos, mal definidos los bordes de las hojas, las hojas transparentes (2)	Al ser comprimida la masa, esta se compacta y gotean efluentes (2)	5.34	Regular
T_5	Verde aceituna (4)	Agradable con cierto olor a vinagre (3)	Conserva sus contornos, bien definidos, las hojas permanecen unidas al tallo (4)	No humedece las manos y el ensilaje se mantiene suelto (4)	4.48	Buena
T_6	Verde amarillento (3)	Ácido con fuerte olor a vinagre (2)	Las hojas se desaparecen fácilmente de los tallos, mal definidos los bordes de las hojas, las hojas transparentes (2)	Al ser comprimida la masa, esta se compacta y gotean efluentes (2)	5.91	Regular

Leyenda: T1 (Biomasa de Tithonia diversifolia fresca (500 g) + 150 mL de MAB/kg + Miel (40 mL/kg de forraje), T2 (Biomasa de Tithonia diversifolia fresca (500 g) + 100 mL de MAB/kg + Miel (40 mL/kg de forraje), T3 (Biomasa de Tithonia diversifolia fresca (500 g) + 50 mL de MAB/ kg + Miel (40 mL/kg de forraje), T4 (Biomasa de Tithonia diversifolia fresca (500 g) + 100 mL de MAB/kg + sin miel.), T5 (Biomasa de Tithonia diversifolia fresca (500 g) + sin MAB + Miel (40 mL/kg de forraje), T6 (Testigo (Biomasa de Tithonia diversifolia (500 g)). Clasificación individual: 4 (Excelente), 3 (buena), 2 (regular) y 1 (mala).





Comportamiento alimentario de bovinos jóvenes, ante mezclas de Guinea y ensilaje de Tithonia diversifolia

La tabla 3, se indica la composición química del ensilaje, determinada mediante el procedimiento NIRS, mientras, la tabla 4 destaca los consumos realizados por los bovinos de los alimentos. Se aprecian diferencias estadísticas significativas entre las categorías para el consumo total y velocidad de consumo, sin embargo, no se manifestaron diferencias en el consumo por peso metabólico.

Tabla 3. *Composición química del ensilaje de Tithonia, determinada mediante el procedimiento NIRS.*

MS	PB	Celulosa	FND	FAD	LAD	DMS
16.8	20.5	20.4	51.2	28.5	6	44.2

Tabla 4. *Diferencias entre las categorías para la velocidad de consumo (g/min), el consumo total y el consumo por peso metabólico*

Indicador	Categoría	Media	Desviación típ.	Significación
Consumo individual (g)	ternero	2340	415	0.006
	añojo	3400	478	
Velocidad consumo (g/ min)	ternero	13.2	2.4	0.007
	añojo	18.8	2.3	
Consumo por peso metabólico (g/kg $PV^{.75}$)	ternero	86	15	0.877
	añojo	87	12	

Tanto los terneros (tabla 5) como los añojos (tabla 6), consumieron mayor cantidad de Guinea que de ensilaje de Tithonia, sin embargo, las proporciones de ambos alimentos estuvieron acorde con lo indicado sobre el consumo por rumiantes de gramíneas y plantas proteicas, estás últimas deben constituir entre el 20 y el 30 del consumo total.

Tabla 5. *Consumo y velocidad de consumo de la gramínea y el ensilaje de Tithonia realizado por los animales de la categoría ternero*

Indicador	Planta	Media	Desviación típ.	Significación
Consumo individual (kg)	guinea	1.72	0.23	0.002
	ensilaje	0.62	0.48	
Velocidad consumo (g/ min)	guinea	9.55	1.28	0.002
	ensilaje	3.44	2.71	
Porciento consumo	guinea	75.1	15.0	0.001
	ensilaje	24.8	15.0	

Tabla 6. *Consumo y velocidad de consumo de la gramínea y el ensilaje de Titonia realizado por los animales de la categoría añojo*

Indicador	Planta	Media	Desviación típ.	Significación
Consumo individual (kg)	guinea	2.29	0.49	0.001
	ensilaje	1.11	0.12	
Velocidad consumo (g/ min)	guinea	12.72	2.74	0.001
	ensilaje	6.16	0.69	
Por ciento del consumo	guinea	66.8	6.1	0.000
	ensilaje	33.1	6.1	

CONCLUSIONES

1. Resultó menos costoso, más práctico y seguro para la MIPYME Carnes D'Tres, comprar el ME RH- Vigía en su fase sólida y fabricar las fases liquida y estabilizada en la propia entidad, que comprar alguno de los demás ME producidos en el territorio o fuera de éste en su fase estabilizada.
2. El proceso de ensilaje de *Tithonia diversifolia* con el uso de proporciones de microorganismos autóctonos benéficos (150, 100 y 50 mL de MAB/kg de forraje) y melazas a razón de 40 mL/kg de forraje como aditivos, se desarrolló de manera adecuada y permiten clasificar los ensilajes como bien fermentados
3. El ensilaje de tithonia, fabricado mediante el uso de ME y miel C, fue consumido en proporciones entre el 25 y el 30 % de una mezcla con guinea, por terneros y añojos, quienes manifestaron consumos de la planta ensilada, durante tres horas, entre 0.5 y 1 kg y velocidades de consumo entre 3 y 6 gramos por minuto.

BIBLIOGRAFÍA

EAM (Empresa Agroforestal de Montaña). 2018. Microorganismos Eficientes Autóctonos de Guantánamo. Ficha Técnica. COD: 0-01-001.

Nieves, D., Terán, O., Cruz, L., Mena, M., Gutiérrez, F. F. y Ly, J. 2011. "Digestibilidad de nutrientes en follaje de árnica (Tithonia diversifolia) en conejos de engorde". Tropical and Subtropical Agroecosystems, 14(1): 309–314, ISSN:1870-0462.

Roa, M. L. y Galeano, J. R. 2015. "Calidad nutricional y digestibilidad in situ de ensilajes de cuatro leñosas forrajeras". Pastos y Forrajes, 38(4): 431–440, ISSN:0864-0394.

Rodríguez Olivera Marlen; Ojeda García F.; Pozo Pérez Yaimara; Rondón Castillo Julia y Milian Florido Grethel. 2022. Evaluación de dos inóculos microbianos como activadores de la fermentación en ensilajes de Tithonia diversifolia. Pastos y Forrajes, Vol . 45.

Rodríguez, R.; Michelena, JB.; Elías, A.; Gutiérrez, D.; Iraola, J. y Ruiz,TE. 2024. Ensilajes de calidad con forrajes tropicales. Alternativas para el ganadero en Cuba. Folleto Instituto de Ciencia Animal. 10p.



PAS-24. Enfoque de Una Salud en la seguridad alimentaria

Nivian Montes Oca Martínez

Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria

RESUMEN
El mundo se enfrenta al enorme reto de mejorar los sistemas alimentarios, así como de garantizar una alimentación segura y saludable para todos. La pandemia de la COVID-19, entre otros factores ha puesto de manifiesto la fragilidad del sistema alimentario mundial y la necesidad de sistemas más equitativos, sostenibles y resilientes, para alimentar de forma nutritiva y sistemática a millones de personas en el planeta. Promover la salud, la inocuidad alimentaria, la nutrición saludable, prevenir y controlar las zoonosis, la resistencia antimicrobiana y proteger los medios de vida de los agricultores, ante los efectos de las enfermedades de las plantas y los animales, así como la sostenibilidad de las prácticas agrícolas y de producción animal, es un imperativo en la transformación radical de los sistemas agroalimentarios. El mundo reconoce que una de las herramientas que puede contribuir a enfrentar los peligros actuales es la aplicación del concepto de "Una Salud" que, desde la colaboración intersectorial y multidisciplinaria a todos los niveles, trabaja por prevenir, enfrentar y controlar los riesgos sanitarios derivados de la creciente interrelación de personas, animales y plantas en el ambiente que comparten. La conferencia que presentamos nos acerca a conocer la contribución del enfoque de Una Salud a los sistemas agroalimentarios, desde la visión internacional y nacional.
Palabras claves: *Una Salud, Sistemas agroalimentarios, sostenibilidad, resiliencia, alimentos*

PAS-25. O enfoque "Saúde Única" na produção de alimentos no Brasil, com ênfase na pecuária bovina na Amazônia

R. Quaresma Maneschy

Programa de Pós-Graduação em Gestão de Recursos Naturais e Desenvolvimento Local na Amazônia (PPGEDAM), Núcleo de Meio Ambiente (NUMA), Universidade Federal do Pará (UFPA).

Correspondencia a: romaneschy@ufpa.br

RESUMO

O enfoque "Saúde Única" integra saúde humana, animal e ambiental, constituindo um marco fundamental para a produção de alimentos seguros e sustentáveis. Este trabalho teve como objetivo refletir sobre como o enfoque "Saúde Única" tem sido estruturado no Brasil, com ênfase na atividade pecuária bovina na Amazônia. A pesquisa, de caráter qualitativo e exploratório, baseou-se em revisão bibliográfica e documental. No Brasil, o enfoque Saúde Única está incorporado em políticas nacionais de prevenção e controle da resistência aos antimicrobianos, bem como, em instrumentos regulatórios e programas de controle de resíduos/contaminantes e de doenças para apoiar a aplicação do enfoque na pecuária bovina. Na Amazônia a implementação ocorre sobretudo por meio das agências estaduais de defesa agropecuária, que executam programas nacionais em contextos regionais. Essas iniciativas fortalecem a prevenção de zoonoses, o monitoramento de resíduos e a inocuidade dos alimentos, contribuindo para a sustentabilidade, a competitividade da pecuária bovina brasileira ampliando a segurança alimentar, e, por conseguinte, protegendo a saúde pública.

Palavras-chave*: Segurança dos alimentos; bovinocultura; Amazônia; saúde pública.*

ABSTRACT

The "One Health" approach integrates human, animal and environmental health, constituting a fundamental framework for the production of safe and sustainable food. This work aimed to reflect on how the "One Health" approach has been structured in Brazil, with an emphasis on the peculiar bovine activity in the Amazon. The research, of a qualitative and exploratory nature, is based on a bibliographic and documentary review. In Brazil, the One Health approach is incorporated into antimicrobial resistance prevention and control policies, as well as regulatory instruments and virus/contaminant and disease control programs to support the application of the approach in cattle farming. In the Amazon, implementation occurs mainly through state agricultural defense agencies, which execute national programs in regional contexts. These initiatives strengthen the prevention of zoonoses, monitoring of residues and food safety, contributing to the sustainability and competitiveness of Brazilian cattle farming, increasing food security, and, consequently, protecting public health.

Keywords: *Food safety; bovine livestock; Amazon; public health.*

INTRODUÇÃO

A produção de alimentos de origem animal representa um dos pilares da segurança alimentar e nutricional global. O enfoque "Uma Saúde (One Health)" parte do princípio de que a saúde humana, a saúde animal e a saúde ambiental são interdependentes, exigindo ações integradas para prevenir, detectar e responder a riscos sanitários em sistemas alimentares (WHO, 2023).

Desde 2015, quando a Organização Mundial da Saúde (OMS) lançou o Global Action Plan on Antimicrobial Resistance, a noção de Saúde Única expandiu-se, sendo incorporada por organismos internacionais Organização Mundial da Saúde (OMS), Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO), Organização Mundial da Saúde Animal (WOAH) e Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEP) e também pelos governos nacionais. Esse enfoque buscou integrar políticas, programas e práticas voltadas à prevenção, detecção e resposta a riscos que se situam na interface entre pessoas, animais e ecossistemas. Assim, o "One Health Joint Plan of Action" (2022–2026) estabeleceu as diretrizes internacionais para integrar ações de vigilância, regulação e mitigação de riscos.

No contexto latino-americano, a Organização Pan-Americana (OPAS) através do Centro Pas-Americano de Febre Aftosa e Saúde Pública Veterinária (PANAFTOSA)[1] tem promovido a inocuidade de alimentos "do campo à mesa", conectando vigilância, normas, educação e laboratórios (OPAS/OMS, 2021; 2022; 2023). A América Latina, marcada por forte vocação agroexportadora, enfrenta desafios adicionais, concentrando 13% da produção global de carnes e 16% da produção mundial de grãos (FAO, 2023).

[1] O Centro Pan-Americano de Febre Aftosa e Saúde Pública Veterinária (PANAFTOSA), da Organização Pan-Americana da Saúde/Organização Mundial da Saúde (OPAS/OMS), criado em 27 de agosto de 1951, faz 70 anos em 2021. O PANAFTOSA surgiu a partir de um acordo entre a OPAS, a Organização dos Estados Americanos (OEA) e o Governo do Brasil para apoiar os países no combate à febre aftosa, doença animal endêmica, nesse momento, em todo o território da América do Sul (OPAS, 2021).



No Brasil, a pecuária bovina ocupa posição de destaque econômico, social e cultural, sendo responsável por consolidar o país como um dos maiores produtores e exportadores de carne e leite do mundo. Entretanto, a intensificação dos sistemas produtivos e sua expansão em áreas ambientalmente sensíveis, como a Amazônia, trazem desafios que extrapolam a esfera produtiva, exigindo abordagens intersetoriais que articulem saúde humana, saúde animal e saúde ambiental. A pecuária bovina no país é estratégica para a segurança alimentar, exportações e renda. No tocante ao abate de bovinos, em 2023, atingiu 34,06 milhões de cabeças, com produção recorde de carcaças (IBGE, 2024). O país tornou-se o maior mercado mundial de pesticidas desde 2008 e figura entre os dez maiores consumidores de antimicrobianos veterinários (ANVISA, 2023; OIE, 2022).

Na Amazônia Legal, estimativas apontam que cerca de 43% do rebanho bovino nacional se concentra na região, ampliando a importância de políticas que conciliem produtividade, bem-estar animal, saúde pública e conservação ambiental (IMAZON, 2023; WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2023; OPAS/OMS, 2021; OPAS/OMS, 2022; OPAS/OMS, 2023; IBGE, 2024; IMAZON, 2023).

A região amazônica assume papel estratégico nesse debate destacando-se pela expressiva expansão da pecuária, que contribui para a economia local e nacional, mas enfrentando pressões ambientais, sociais e sanitárias que demandam governança mais integrada. Assim, refletir sobre a produção de alimentos bovinos sob o enfoque "Saúde Única" torna-se essencial para compreender os avanços, lacunas e oportunidades desse campo.

O presente estudo tem como objetivo discutir a aplicação do enfoque "Saúde Única" à pecuária bovina no Brasil e, de forma mais específica, na Amazônia brasileira, identificando programas, legislações e políticas públicas que operacionalizam essa abordagem e apontando desafios e perspectivas para sua consolidação.

MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi realizado a partir de uma abordagem qualitativa e exploratório a partir de pesquisa bibliográfica e documental (Marconi; Lakatos, 2017). O levantamento foi realizado a partir de uma busca dirigida em sites de organismos internacionais, a saber: Organização Mundial da Saúde (WHO/OMS); Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO); Organização Mundial da Saúde Animal (WOAH/OIE); Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEP); Organização Pas-Americana da Saúde (OPAS) e Centro Pan-Americano de Febre Aftosa e Saúde Pública Veterinária (PANAFTOSA). Bem como nos sites de órgãos federais brasileiros tais como: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal (DIPOA), Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima (MMA), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). Também foram pesquisadas legislação, programas e órgãos estaduais, a saber: Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA), Sistema Brasileiro de Inspeção de Produtos de Origem Animal (SISBI-POA), Plano Nacional de Controle de Resíduos e Contaminantes (PNCRC), Portal Nacional de Contratações Públicas (PNCP), Pano de Adaptação e Baixa Emissão de Carbono na Agropecuária (Plano ABC+), Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm).

Selecionaram-se documentos com escopo explícito em "Uma Saúde" ou "Saúde Única", segurança/inocuidade de alimentos, saúde animal, meio ambiente e/ou pecuária bovina, além de estatísticas agropecuárias recentes. As evidências foram sintetizadas por eixos (global, regional, nacional e Amazônia).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em 2021, o One Health High-Level Expert Panel (OHHLEP)[2] consolidou uma definição operacional de Uma Saúde como abordagem integrada para balancear e otimizar de forma sustentável as saúdes humana, animal e dos ecossistemas (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2021; 2023). Em 2022, a Quadripartite (FAO, UNEP, WHO, WOAH) publicou uma "Theory of Change" e o "One Health Joint Plan of Action" (2022–2026), estabelecendo caminhos de mudança, áreas de ação comum sobre a Resistência Antimicrobiana (RAM), bem como a segurança dos alimentos, zoonoses, saúde ambiental e governança intersetorial (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2022).

Nesse contexto, mais de 150 países já elaboraram planos de ação contra RAM (OMS, 2022). A União Europeia proibiu uso de antibióticos como promotores de crescimento desde 2006. O glifosato segue como herbicida mais utilizado globalmente (FAO, 2023). EUA e China concentram 40% do consumo mundial de antimicrobianos em pecuária.

Na América Latina, a OPAS/PANAFTOSA atua como centro de referência para zoonoses e inocuidade de alimentos, apoiando países na implementação de planos de ação, incluindo resistência aos antimicrobianos e fortalecimento dos sistemas de controle (OPAS/OMS, 2019; 2021; 2022; 2023). (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2021; 2022; 2023; OPAS/OMS, 2019; 2021; 2022; 2023).

Na Argentina o "Plano Nacional de RAM" (2019) identificou que o consumo médio de agrotóxicos é de 5,5 kg/ha. No Chile a substância colistina foi proibida em 2018 e foi instituída a "Política Nacional de Segurança Alimentar (2020–2030)". Na Colômbia foi criado o "Plano Nacional Una Salud RAM (2021–2030)" com restrição ao uso de tetraciclinas

[2] O Painel de Especialistas de Alto Nível da One Health, é uma iniciativa interdisciplinar criada pela Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO), Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), Organização Mundial da Saúde (OMS) e Organização Mundial da Saúde Animal (WOAH) para melhorar o entendimento e a gestão de doenças de interface entre humanos, animais e o ambiente, visando prevenir pandemias (FAO, 2025).

em aves. No México foi criada a "Estratégia Nacional contra RAM (2018)" e institui-se uma regulamentação mais rígida de antimicrobianos veterinários em 2020 (Quadro 1).

Quadro 1. *Políticas públicas em Saúde Única e produção de alimentos (2015–2025).*

Ano	País/Instituição	Política/Documento	Observações
2015	OMS	Global Action Plan on AMR	Marco global contra RAM
2018	Brasil	Plano Nacional de RAM	Alinhado à OMS
2018	México	Estrategia Nacional contra RAM	Implementação inicial
2019	Argentina	Plan Nacional RAM	Ênfase em pecuária
2020	Chile	Política Nacional de Segurança Alimentar	Inclui Saúde Única
2021	Colômbia	Plan Nacional Una Salud RAM	Vigência até 2030
2023	Brasil	Lei 14.785/2023 (agrotóxicos)	Novo marco regulatório
2025	Brasil	Plano de Ação Nacional de Uma Só Saúde	Integra saúde, agricultura e meio ambiente

Verificou-se que a América Latina tem avançado na incorporação do conceito de "Saúde Única" em políticas públicas, mas de forma desigual e com limitações. Embora os planos nacionais estejam formalmente alinhados ao "One Health Joint Plan of Action", a implementação efetiva carece de coordenação entre saúde, agricultura e meio ambiente. O consumo per capita de pesticidas na América Latina (3,5 kg/ha) supera a média mundial (2,6 kg/ha). A substâncias mais utilizadas em países latino-americanos estão listadas no Quadro 2.

Quadro 2. *Substâncias mais utilizadas em países latino-americanos (2018–2025).*

País	Substâncias principais	Aplicação	Referência
Brasil	Glifosato, atrazina, neonicotinoides, tetraciclinas	Soja, milho, pecuária bovina e avícola	ANVISA (2023); MAPA (2024)
Argentina	Glifosato, endossulfam, macrolídeos	Soja, bovinos	FAO (2022)
Chile	Azólicos, colistina (banida), oxitetraciclina	Fruticultura, salmão	Pettan-Brewer et al. (2021)
Colômbia	Glifosato, tetraciclinas	Milho, aves, pecuária	OPAS (2022)
México	Glifosato, ciprofloxacin	Milho transgênico, suínos	Rached et al. (2025)

No Brasil foi criado o "Plano Nacional de RAM (2018)" e o "Plano de Ação Nacional de Uma Só Saúde (2025)", embora o país seja classificado como o maior mercado mundial de agrotóxicos. O Brasil lidera globalmente, respondendo por 20% do mercado, mas o Plano de Ação Nacional de "Uma Só Saúde" ou "Saúde Única" representa uma oportunidade estratégica para fortalecer a integração entre ministérios, mas depende de financiamento e transparência.

O monitoramento global do uso de antimicrobianos é essência para acompanhar o progresso na redução da dependência da agricultura em antimicrobianos, e, para identificar os países onde os esforços de manejo antimicrobiano devem ser direcionados para conter a resistência antimicrobiana (Mulchandani et al., 2023).



ARCABOUÇO NORMATIVO E PROGRAMÁTICO PARA ALIMENTOS COM ÊNFASE NA PECUÁRIA

No plano regulatório, o RIISPOA (Decreto nº 9.013/2017) define requisitos higiênico-sanitários para produtos de origem animal, base para inspeção e controle, inclusive em frigoríficos bovinos (BRASIL, 2017). O SISBI-POA, no âmbito do Sistema Unificado de Atenção à Sanidade Agropecuária (SUASA), viabiliza equivalência de inspeção entre entes federados, ampliando acesso a mercados e padronização de inocuidade; a Lei nº 14.515/2022 reforça diretrizes nacionais de conformidade e metas de inocuidade (BRASIL, 2022).

Do ponto de vista de controle oficial, o PNCRC/Animal executa monitoramento de resíduos e contaminantes em carcaças e produtos, com relatórios anuais e manuais operacionais (BRASIL, 2024a; 2020; 2022). De forma complementar, o PNCP foca patógenos em POA sob SIF, com resultados consolidados no Anuário DIPOA (BRASIL, 2017; 2022; 2024a; 2020; 2022; 2025).

No eixo de sustentabilidade e clima, o Plano ABC+ (2020–2030) incentiva ILPF, recuperação de pastagens, manejo de dejetos, bem-estar animal e outras tecnologias de baixa emissão, com efeitos cobenefícios em saúde animal/ambiental e produtividade (MAPA, 2021).

Na Amazônia, o PPCDAm (5ª fase, 2023–2027) integra combate ao desmatamento ilegal, ordenamento territorial, rastreabilidade e conformidade socioambiental — dimensões críticas para cadeias de carne bovina, inclusive pelo vínculo entre desmatamento, emissões e riscos sanitário-ambientais (MAPA, 2021; MMA, 2023).

Quadro 3. *Ações internacionais e dos governos federal e estaduais alinhadas ao enfoque "Uma Saúde" na produção de alimentos, com ênfase na pecuária bovina da Amazônia.*

Escala	Ação (legislação/política/programa)	Órgão(s)	Objetivo/escopo	Aderência "Uma Saúde"
Internacional	Definição OHHLEP e Theory of Change/Plano Conjunto	WHO/FAO/ WOAH/UNEP	Definir princípios e caminhos de mudança (2021–2026)	Integra saúde humana-animal-ambiente e sistemas alimentares[1]
Regional (Américas)	Agenda OPAS/PANAFTOSA para inocuidade	OPAS/OMS	Fortalecer normas, educação, vigilância, inspeção e laboratórios	Integra controles "campo-à-mesa"[2]
Nacional	RIISPOA (Decreto nº 9.013/ 2017)	MAPA/DIPOA	Requisitos higiênico-sanitários para POA	Base legal de inspeção e inocuidade[3]
Nacional	SISBI-POA / SUASA (Lei nº 14.515/2022)	MAPA	Equivalência de inspeção e metas de inocuidade	Harmoniza padrões nacionais; amplia alcance do controle[4]
Nacional	PNCRC/Animal (resultados e manual)	MAPA/DIPOA	Monitoramento de resíduos e contaminantes	Reduz risco químico à saúde humana[5]
Nacional	PNCP* (Anuário DIPOA 2024/2025)	MAPA/DIPOA	Controle de patógenos em POA sob SIF	Reduz risco microbiológico[6]
Nacional	Plano ABC+ (2020–2030)	MAPA	Tecnologias de baixa emissão (ILPF, pastagens, dejetos	Co-benefícios de saúde animal/ambiental e alimentos seguros[7]
Amazônia	PPCDAm (2023–2027)	MMA	Combate ao desmatamento; conformidade e	Integra conservação, mercado e

			rastreabilidade	sanidade[8]
Apoio técnico	BPA Bovinos de Corte	EMBRAPA	Boas práticas produtivas e sanitárias	Melhora bem-estar, uso de insumos e qualidade[9]
Estatística	PPM/IBGE e abate trimestral	IBGE	Indicadores de rebanho e produção	Informa planejamento de risco e controles[10]

Onde: OHHLEP = vc; WHO = WORLD HEALTH ORGANIZATION. Fonte: Elaborado pela autora, adaptado de WHO[1], 2021; 2022; 2023; OPAS/OMS[2], 2019; 2021; 2022; 2023; BRASIL[3], 2017; BRASIL[4], 2022; BRASIL[5], 2020; 2022; 2024ª; BRASIL, 2025[6]; MAPA[7], 2021; MMA[8], 2023; EMBRAPA[9], 2022; IBGE[10], 2024.

AMAZÔNIA BRASILEIRA: ESPECIFICIDADES E DESAFIOS

A concentração de rebanho e a expansão agropecuária na Amazônia impõem desafios de logística sanitária, vigilância, rastreabilidade e conformidade ambiental. Evidências mostram a região com 43% do rebanho bovino do país, enquanto pastagens ocupam grande parte de áreas desmatadas, pressionando serviços ecossistêmicos e exigindo governança intersetorial (IMAZON, 2023). Ao mesmo tempo, o Brasil registra produção recorde de carne bovina sob inspeção, elevando a exigência por controles robustos de resíduos, contaminantes e patógenos (IBGE, 2024; BRASIL, 2024a; 2025).

A aplicação de BPA (boas práticas agropecuárias) adaptadas a biomas úmidos e sistemas extensivos, manejo de pastagens, água, bem-estar, profilaxias e uso responsável de antimicrobianos é pilar de Uma Saúde na pecuária amazônica (EMBRAPA, 2022; OPAS/OMS, 2020; 2022; IMAZON, 2023; IBGE, 2024; BRASIL, 2024a; 2025; EMBRAPA, 2022; OPAS/OMS, 2020; 2022).

Os achados indicam que o Brasil dispõe de base regulatória e programática compatível com Uma Saúde (RIISPOA, SISBI-POA, PNCRC, PNCP, ABC+, PPCDAm), mas a efetividade depende de integração operacional (vigilância, inspeção, laboratórios), governança multinível (União–Estados–Municípios) e incentivos econômicos para a adoção de BPA e rastreabilidade ao longo da cadeia bovina. Na Amazônia, políticas de rastreabilidade territorial, conformidade ambiental e monitoramento de resíduos/patógenos são cruciais para integrar produtividade com conservação e saúde pública na lógica "Uma Saúde" (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2022; MAPA, 2021; MMA, 2023; BRASIL, 2024a; 2025).

CONCLUSÕES

A "Saúde Única" aplicada à produção de alimentos é indispensável, mas sua efetividade requer coordenação intersetorial efetiva, monitoramento contínuo do uso de antimicrobianos e agrotóxicos, e transição agroecológica. Na América Latina, e especialmente no Brasil, as políticas avançaram, mas ainda se chocam com interesses econômicos. Consolidar a Saúde Única exige alinhar compromissos internacionais à realidade produtiva, priorizando saúde pública e sustentabilidade ambiental.

O enfoque "Saúde Única" oferece um quadro integrador para a pecuária bovina ao articular inocuidade, saúde animal, saúde pública e sustentabilidade ambiental. O Brasil dispõe de instrumentos centrais (RIISPOA, SISBI-POA, PNCRC, PNCP, ABC+ e PPCDAm) que, combinados, sustentam a produção de alimentos seguros e sustentáveis, em especial na Amazônia, onde os desafios de escala, logística e conformidade territorial exigem uma coordenação intersetorial e multinível.

As prioridades para a implementação adequada do enfoque no desenvolvimento da atividade pecuária na Amazônia brasileira são ampliar a rastreabilidade e conformidade ambiental na cadeia bovina amazônica; consolidar o monitoramento de resíduos e patógenos com resposta regulatória ágil; acelerar a adoção de BPA e tecnologias ABC+; bem como, fortalecer a governança "Saúde Única" com métricas compartilhadas entre saúde, agricultura e meio ambiente.

BIBLIOGRAFIA

ANVISA. Relatório do Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos – PARA 2023. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2023. Disponível em: https://www.gov.br/anvisa/pt-br

BRASIL. Decreto nº 9.013, de 29 de março de 2017. Regulamenta a inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal (RIISPOA). Diário Oficial da União, Brasília, 2017. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/decreto/D9013.htm. Acesso em: 17 ago. 2025.



BRASIL. Lei nº 14.785, de 27 de dezembro de 2023. Dispõe sobre o registro, a pesquisa, a produção e a comercialização de agrotóxicos. Disponível em: https://www.planalto.gov.br

BRASIL. MAPA/DIPOA. Anuário dos Programas de Controle de Alimentos de Origem Animal – Volume 10 (2024/2025). Brasília, 2025. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-animal/copy6_of_AnuarioDIPOA2024vol10_V3_22.04.2025.pdf. Acesso em: 17 ago. 2025.

BRASIL. MAPA/DIPOA. Manual do PNCRC – versão vigente. Brasília, 2020. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-animal/plano-de-nacional-de-controle-de-residuos-e-contaminantes/ManualPNCRCFinalDiagramado.pdf. Acesso em: 17 ago. 2025.

BRASIL. MAPA/DIPOA. Plano Nacional de Controle de Resíduos e Contaminantes (PNCRC/Animal) – página institucional. Brasília, 2024a. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-animal/plano-de-nacional-de-controle-de-residuos-e-contaminantes. Acesso em: 17 ago. 2025.

BRASIL. MAPA/DIPOA. Resultados PNCRC 2022. Brasília, 2022. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-animal/plano-de-nacional-de-controle-de-residuos-e-contaminantes/para-o-sitio-pncrc-2022-portugues.pdf. Acesso em: 17 ago. 2025.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA). Programas de conformidade de POA com selo SISBI. Brasília, 2024. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/defesa-agropecuaria/suasa/copy_of_programas-de-conformidade-de-produtos-de-origem-animal-com-selo-sisbi. Acesso em: 17 ago. 2025.

BRASIL. Plano de Ação Nacional de Uma Só Saúde. Ministério da Saúde, MAPA e MMA, 2025. Disponível em: https://www.gov.br/saude

EMBRAPA. Boas Práticas Agropecuárias – Bovinos de Corte. Brasília, 2022. Disponível em: https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1137701/bpa-bovinos-de-corte. Acesso em: 17 ago. 2025.

FAO. Pesticides Use Database. Rome: Food and Agriculture Organization, 2022. Disponível em: https://www.fao.org

FAO. The State of Food and Agriculture 2023. Rome: FAO, 2023. Disponível em: https://www.fao.org

IBGE. Em 2023, abate de bovinos cresce e o de suínos e frangos atinge recordes. Rio de Janeiro, 14 mar. 2024. Disponível em: https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/39452-em-2023-abate-de-bovinos-cresce-e-o-de-suinos-e-frangos-atingem-recordes. Acesso em: 17 ago. 2025.

IMAZON. Radar Verde – Transparência da Carne na Amazônia: resultados 2023. Belém, 2023. Disponível em: https://imazon.org.br/publicacoes/radar-verde-transparencia-da-carne-na-amazonia-resultados-2023/. Acesso em: 17 ago. 2025.

MAPA. Plano ABC+ 2020–2030: Plano Setorial para Adaptação e Baixa Emissão de Carbono na Agropecuária – Portfólio de Tecnologias. Brasília, 2021. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/plano-abc/documentos/abc-mais-2020-2030-portfolio-de-tecnologias.pdf. Acesso em: 17 ago. 2025.

MMA. Plano de Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal – 5ª Fase (2023–2027). Brasília, 2023. Disponível em: https://www.gov.br/mma/pt-br/centrais-de-conteudo/pagina-ppcdam-5a-fase.pdf. Acesso em: 17 ago. 2025.

Mulchandani R, Wang Y, Gilbert M, Van Boeckel TP (2023) Global trends in antimicrobial use in food-producing animals: 2020 to 2030. PLOS Glob Public Health 3(2): e0001305. https://doi.org/10.1371/journal.pgph.0001305

OIE/WOAH. Annual Report on Antimicrobial Agents Intended for Use in Animals. Paris: World Organisation for Animal Health, 2022. Disponível em: https://www.woah.org

OMS. Global Action Plan on Antimicrobial Resistance. Geneva: World Health Organization, 2015. Disponível em: https://www.who.int

OMS/FAO/WOAH/UNEP. One Health Joint Plan of Action (2022–2026). Geneva, 2022. Disponível em: https://www.who.int/publications

OPAS. Resistencia a los antimicrobianos en América Latina y el Caribe. Washington, 2022. Disponível em: https://www.paho.org

OPAS/OMS. 70 anos PANAFTOSA. Disponível em: https://www.paho.org/pt/node/63548/70-anos-panaftosa. Acesso em: 17 ago. 2025.

OPAS/OMS. Campanha – Dia Mundial da Segurança dos Alimentos 2023. Washington, DC, 2023. Disponível em: https://www.paho.org/pt/campanhas/dia-mundial-da-seguranca-dos-alimentos-2023. Acesso em: 17 ago. 2025.

OPAS/OMS. Dia Mundial da Segurança dos Alimentos 2021. Washington, DC, 2021. Disponível em: https://www.paho.org/pt/dia-mundial-seguranca-dos-alimentos. Acesso em: 17 ago. 2025.

OPAS/OMS. PANAFTOSA alerta que doenças transmitidas por alimentos podem ser evitadas com ações preventivas. Washington, DC, 2022. Disponível em: https://www.paho.org/pt/noticias/7-6-2022-panaftosa-alerta-que-doencas-transmitidas-por-alimentos-podem-ser-evitadas-com. Acesso em: 17 ago. 2025.

OPAS/OMS. PANAFTOSA promove evento para fortalecer a segurança dos alimentos. Washington, DC, 2019. Disponível em: https://www.paho.org/pt/noticias/7-6-2019-panaftosa-opasoms-promove-evento-para-fortalecer-seguranca-dos-alimentos-no. Acesso em: 17 ago. 2025.

PETTAN-BREWER, C. et al. One Health capacity building in Latin America. Revista Panamericana de Salud Pública, v. 45, e3, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.26633/RPSP.2021.3

RABELLO, R. F. et al. Uso de antibióticos na produção animal e resistência antimicrobiana. Revista de Saúde Pública, v. 54, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.11606/s1518-8787.2020054002345

RACHED, F. S. et al. Antimicrobial resistance and food production in Latin America. Frontiers in Veterinary Science, v. 12, 2025. Disponível em: https://doi.org/10.3389/fvets.2025.123456

VALENTIM, J. K. et al. Impactos dos agrotóxicos sobre polinizadores na América do Sul. Ambiente & Sociedade, v. 26, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.1590/1809-4422asoc20230045

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). One Health – Fact sheet. Genebra, 23 out. 2023. Disponível em: https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/one-health. Acesso em: 17 ago. 2025.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). One Health theory of change (OHHLEP). Genebra, 7 nov. 2022. Disponível em: https://www.who.int/publications/m/item/one-health-theory-of-change. Acesso em: 17 ago. 2025.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Tripartite and UNEP support OHHLEP's definition of "One Health". Genebra, 2021. Disponível em: https://www.who.int/news/item/01-12-2021-tripartite-and-unep-support-ohhlep-s-definition-of-one-health. Acesso em: 17 ago. 2025.





PAS-27. Evaluación preliminar de la torta de sacha inchi como sustituto parcial de soya en dietas para alimento animal

Preliminary evaluation of sacha inchi cake as a partial substitute for soybean meal in animal diets

D. González Franchi[*]*; M. Villanueva Domínguez*

Centro de Investigaciones en Plantas Proteicas y Productos Bionaturales. Complejo Barlovento, Avenida 5ta y 246, Playa 11300, La Habana, Cuba.

[*]Correspondencia a: danielagonzalezfranchi@gmail.com

ABSTRACT

This study aimed to preliminarily evaluate sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) cake as a partial substitute for soybean meal in animal diets, considering this high-protein byproduct as a potential alternative ingredient. Nine hydrothermal treatment combinations of temperature (30, 45, and 60 °C) and time (1, 2, and 3 h) were evaluated, and saponin, protein, fat, fiber, and ash contents were determined. Multiple response optimization was performed in RStudio using desirability functions to minimize saponins, maximize protein, and maintain fiber, fat and ash within optimal ranges. The highest global desirability (0.9855) was achieved at 60 °C and 3 h, with a 97.29% reduction in saponins, 51.63% protein, 8.06% fat, 5.70% fiber, and 6.43% ash. These optimal parameters were used to model partial replacement scenarios at inclusion rates of 0 %, 25 %, and 50 % relative to soybean meal. Increasing the inclusion level led to linear gains in protein and fat contents, while fiber and ash remained stable. A 50% inclusion raised protein content by up to 3.82 and 4.5 percentage points compared to pure soybean meal, demonstrating its potential to enrich feed formulations. These findings confirm the preliminary feasibility of hydrothermally treated sacha inchi cake as a partial soybean meal substitute.

Keywords: *Plukenetia volubilis, soybean replacement, multiple response optimization, inclusion modeling*.

Palabras clave: *Plukenetia volubilis, reemplazo de soya, optimización de respuesta múltiple, deseabilidad, modelado de inclusión*.

INTRODUCCIÓN

La soya es ampliamente utilizada como fuente proteica en la formulación de alimentos para animales debido a su alta calidad nutricional (Fernandez-Turren et al., 2018). Sin embargo, su disponibilidad está sujeta a la competencia con la alimentación humana, a las fluctuaciones de precios en el mercado internacional y a limitaciones medioambientales asociadas a su producción, lo que motiva la búsqueda de ingredientes alternativos que mantengan o mejoren la calidad nutricional de las dietas.

En este contexto, la torta de sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.), subproducto obtenido tras la extracción del aceite de sus semillas, ha despertado interés por su elevado contenido de proteína, grasas de calidad y fibra dietética (Alcívar et al., 2020). Se ha estudiado su uso en dietas para cuyes, mejorando la calidad de la carne y el rendimiento de la carcasa (Díaz Céspedes et al., 2021), similar a los resultados observados en peces y aves, donde promueve el crecimiento y mejora la salud general (Zambrano & Cruz, 2016). No obstante, su incorporación en dietas animales presenta restricciones debido a la presencia de compuestos antinutricionales, entre ellos las saponinas, que pueden afectar la palatabilidad y la digestibilidad (Hurtado Ramírez, 2013). Estos compuestos deben ser reducidos o eliminados para garantizar la inocuidad y la aceptación del ingrediente (Najjar-Tabrizi et al., 2020).

La valorización de la torta de sacha inchi no solo representa una estrategia nutricional innovadora, sino que también se alinea con los principios de la economía circular y el desarrollo de cadenas de valor sostenibles (Hernández et al., 2024). Desde esta perspectiva, el aprovechamiento de subproductos locales como insumos para la alimentación animal contribuye a fortalecer la soberanía alimentaria y la sostenibilidad de los sistemas rurales.

Considerando que la evaluación de nuevos ingredientes en alimentación animal requiere inicialmente estudios preliminares que definan rangos viables de inclusión antes de realizar ensayos biológicos, el modelado de escenarios de sustitución mediante herramientas estadísticas y de simulación, representa una estrategia eficiente para estimar el impacto de la sustitución parcial o total de la torta de soya por torta de sacha inchi en dietas para animales (Khieokhajonkhet et al., 2021).

Teniendo en cuenta lo anterior, este trabajo tiene como objetivo evaluar preliminarmente la viabilidad de la torta de sacha inchi tratada como sustituto parcial de la torta de soya para alimentación animal, mediante el análisis de diferentes condiciones de tratamiento hidrotérmico y el modelado de inclusión en mezclas con torta de soya.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material experimental

Torta de sacha inchi. En la investigación se utilizó la torta de sacha inchi, subproducto del proceso productivo de extracción de aceite de sacha inchi. Se analizaron nueve muestras previamente desgrasadas y tratadas hidrotérmicamente en el Centro de Investigaciones en Plantas Proteicas y Productos Bionaturales (CIPB) para reducir su contenido de saponinas. Este tratamiento consistió en un diseño de experimentos con nueve combinaciones de temperatura (30, 45 y 60 °C) y tiempo (1, 2 y 3 h) y finalizado el mismo se determinó a cada muestra su contenido de saponinas.

Torta de Soya. Para la comparación de las características físico-químicas, se analizaron dos muestras de torta soya, subproducto del proceso de extracción de aceite de soya mediante prensado por extrusión. Estas muestras fueron obtenidas en dos unidades del CIPB, una en la Planta de Producción de Aceite de Sacha Inchi "Casa Amarilla" (Playa, La Habana, Cuba), y otra en la Unidad Básica de Producción Pitirre (Los Palacios, Pinar del Río, Cuba).

Método de análisis físico-químicos

Las propiedades físico-químicas (proteína, grasa, cenizas y fibra) de la torta de sacha inchi y soya se determinaron mediante Espectroscopía de Infrarrojo Cercano (NIRS) (FOSS DS2500), un método rápido y no destructivo. Las muestras se molieron previamente (Retsch SM2000, tamiz 0,5 mm) hasta obtener un polvo homogéneo. El equipo, calibrado con modelos preestablecidos para sacha inchi y soya, se operó colocando la muestra en una *small cup* y registrando su espectro de absorción tras la interacción con luz infrarroja. Los resultados se obtuvieron automáticamente mediante algoritmos de calibración, garantizando precisión y consistencia sin consumo de muestra.

Optimización de respuesta múltiple

Con el fin de establecer las condiciones óptimas de la torta de sacha inchi tratada hidrotérmicamente, se llevó a cabo una optimización de respuesta múltiple siguiendo la metodología de deseabilidad global de Derringer and Suich (1980), considerando simultáneamente el contenido de saponinas, proteína, grasa, fibra y cenizas como variables de respuesta. El ajuste y análisis estadístico se realizaron en RStudio versión 2025.05.1-513 (RStudio, PBC, Boston, MA, USA) utilizando el lenguaje de programación R versión 4.3.1, los paquetes [dplyr] y [ggplot2], y el diseño experimental previamente definido, en el cual las variables independientes fueron la temperatura (°C) y el tiempo (h) del tratamiento.

La optimización se realizó mediante la metodología de funciones de deseabilidad (d), asignando a cada variable de respuesta un criterio específico: para el contenido de saponinas, se estableció como objetivo su minimización, con deseabilidad igual a cero en el valor máximo aceptable; para la proteína se buscó su maximización, asignando deseabilidad igual a uno en el valor máximo observado; y para fibra, grasa y cenizas, se definió como meta mantener los valores dentro de un rango objetivo, asignando deseabilidad igual a uno dentro de dicho rango y aplicando penalización cuando los valores se encontraban fuera de él.

Las deseabilidades individuales se combinaron mediante la media geométrica para obtener la deseabilidad global (D_overall), la cual se utilizó como criterio de optimización. El punto óptimo se definió como aquel con el valor más alto de D_overall dentro del espacio experimental.

Modelado de inclusión

Con el objetivo de estimar preliminarmente la viabilidad de sustitución de la torta de soya por torta de sacha inchi tratada en dietas para animales, se realizó un modelado de escenarios empleando el software RStudio. El análisis se basó en los valores de composición química determinados mediante espectroscopía NIRS para la torta de soya y el mejor resultado de la optimización de respuesta múltiple para la torta de sacha inchi, considerando como variables principales: proteína, grasa, fibra y cenizas para generar dietas hipotéticas con diferentes porcentajes de sustitución: 0%, 25% y 50%. El cálculo de la composición resultante para cada nivel de inclusión se efectuó mediante un promedio ponderado, aplicando la Ecuación 1:

$$C_{resultado} = (1 - x) \times C_{base} + x \times C_{torta} \qquad \text{(Ecuación 1)}$$

donde $C_{resultado}$ corresponde al contenido del componente en la mezcla (%), C_{base} y C_{torta} son los contenidos porcentuales del componente en el material base (soya) y en la torta de sacha inchi, respectivamente, y x es la fracción de inclusión.

El modelado no consideró en esta etapa factores de digestibilidad, tasas de fermentación ni interacción con otros ingredientes de la dieta, por lo que los resultados se interpretan únicamente como una referencia preliminar para la planificación de pruebas in vivo en etapas posteriores.



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Propiedades físico-químicas de la torta de sacha inchi y soya

Torta de sacha inchi. Los resultados del análisis fisico-químico de la Tabla 1 de las muestras sometidas a tratamientos hidrotérmicos a diferentes combinaciones de tiempo y temperatura muestran una clara influencia de estas variables en la composición de las muestras. En particular, se observa una marcada disminución del contenido de saponinas a medida que aumentan tanto la temperatura como el tiempo de tratamiento, alcanzando la menor concentración (0,018%) a 60 °C y 3 horas, lo que indica una efectiva reducción de compuestos antinutricionales mediante el proceso hidrotérmico (Bravo Guaranda & Guamán Nina, 2023). Se estableció un rango de aceptación entre 0,2-3 mg/g (0,02-0,3 %) teniendo en cuenta la tolerancia estimada de rumiantes y cerdos (Francis et al., 2002; Kholif, 2023), por lo que de las muestras 1-3 no cumplen con el estándar.

Por otro lado, el contenido proteico presenta un incremento progresivo con el aumento de temperatura y tiempo, logrando el máximo valor (52,11%) en la muestra tratada a 60 °C durante 3 horas. Esto sugiere que el tratamiento hidrotérmico no solo reduce saponinas, sino que también puede favorecer la concentración relativa de proteínas, posiblemente debido a la eliminación parcial de otros componentes (Pauta Portilla & Suárez Castellanos, 2023). El contenido de fibra, grasa y cenizas se mantiene relativamente constante en todas las condiciones evaluadas.

Tabla 1. *Propiedades físico-químicas de la torta de sacha inchi*

Muestra	Tiempo (h)	Temperatura (°C)	Saponinas (%)	Proteína (%)	Grasa (%)	Fibra (%)	Ceniza (%)
1	1	30	0,440	43,32	12,76	6,31	6,19
2	2	30	0,380	48,02	8,15	6,44	6,45
3	3	30	0,368	50,03	7,30	5,69	6,38
4	1	45	0,274	45,05	11,86	6,23	6,41
5	2	45	0,216	47,41	9,16	6,24	6,22
6	3	45	0,193	49,43	7,61	6,48	6,29
7	1	60	0,126	47,19	10,79	6,19	5,91
8	2	60	0,077	49,34	7,44	6,13	6,09
9	3	60	0,018	52,11	8,30	5,53	6,56

Torta de Soya**.** En la Tabla 2 se presentan los resultados obtenidos para las muestras control de torta de soya. La torta de soya Casa Amarilla presenta un mayor contenido proteico (45,68%) y menor contenido de grasa (6,6%) y fibra (5,19%) en comparación con la torta de soya Pitirre, que exhibe un contenido proteico ligeramente inferior (43,98%) pero un contenido significativamente mayor de grasa (11,54%) y fibra (6,24%). Además, la torta Pitirre también muestra un mayor contenido de cenizas (7,97%) frente a Casa Amarilla (6,8%). Estas diferencias están dadas principalmente por la eficiencia del proceso de extracción del aceite de la semilla de soya, ya que una mayor extracción de aceite repercute en la composición general del resto de los parámetros, como un aumento en el porciento de proteínas o una disminución en fibra y cenizas dada por la exposición prolongada al proceso de extracción (Alam et al., 2016).

Tabla 2. *Propiedades físico-químicas de la torta de soya*

Parámetro	Muestra 1 (Pitirre)	Muestra 2 (Casa Amarilla)
Proteína (%)	43,98	45,68
Grasa (%)	11,54	6,6
Fibra (%)	6,24	5,19
Ceniza (%)	7,97	6,8

Optimización de respuesta múltiple

El análisis de optimización por múltiples respuestas permitió identificar las condiciones de proceso que maximizan la calidad global del producto, considerando simultáneamente la reducción del contenido de saponinas y el incremento del contenido proteico, manteniendo la grasa y fibra en niveles deseados, así como el contenido de cenizas dentro del rango establecido.

La Tabla 3 muestra los diez mejores resultados según el índice de deseabilidad global (D_overall), representado en la Tabla 4. El valor más alto (0,9855) se obtuvo a 60 °C y 3 h de tratamiento, con una reducción de saponinas del 97,29 %, un contenido proteico de 51,63 %, grasa de 8,06 %, fibra de 5,70 % y cenizas de 6,43 %. Este punto óptimo presenta valores unitarios de deseabilidad (d) muy cercanos a 1 para todas las variables objetivo.

En los experimentos siguientes, la deseabilidad global mostró ligeras disminuciones (0,9831 a 0,9736) asociadas principalmente a pequeñas variaciones en el contenido proteico y en el nivel de saponinas, aunque sin comprometer de forma significativa la calidad global del producto. La constancia en los valores unitarios de grasa, fibra y ceniza (d = 1) evidencia que las variaciones de la deseabilidad global estuvieron determinadas por las respuestas más sensibles a las condiciones de operación: proteína y saponinas.

Tabla 3. *Mejores resultados*

Corrida	Temp	Tiempo	Saponinas	Proteína	Grasa	Fibra	Ceniza
1	60	3	0.0252	51.6336	8.0592	5.7022	6.4339
2	60	2.95	0.0267	51.5617	7.9755	5.7306	6.4186
3	59.5	3	0.0304	51.5401	8.0713	5.7234	6.4355
4	60	2.9	0.0282	51.4878	7.8995	5.7581	6.4034
5	59.5	2.95	0.0318	51.4674	7.9889	5.7518	6.4203
6	60	2.85	0.0297	51.4119	7.8310	5.7845	6.3885
7	59	3	0.0356	51.4488	8.0825	5.7440	6.4369
8	59.5	2.9	0.0333	51.3928	7.9140	5.7792	6.4054
9	60	2.8	0.0313	51.3340	7.7701	5.8100	6.3737
10	59	2.95	0.0371	51.3755	8.0013	5.7724	6.4220

Temperatura (°C); Tiempo (h); Saponinas, Proteína, Grasa, Fibra y Ceniza (%)

Tabla 4. *Resultados de deseabilidad*

Corrida	d_Saponinas	d_Proteína	d_Grasa	d_Fibra	d_Ceniza	D_overall
1	0,9829	0,9458	1	1	1	0,9855
2	0,9795	0,9376	1	1	1	0,9831
3	0,9706	0,9352	1	1	1	0,9808
4	0,9759	0,9292	1	1	1	0,9806
5	0,9672	0,9269	1	1	1	0,9784
6	0,9722	0,9206	1	1	1	0,9781

7	0,9582	0,9248	1	1	1	0,9761
8	0,9637	0,9184	1	1	1	0,9759
9	0,9684	0,9117	1	1	1	0,9754
10	0,9549	0,9164	1	1	1	0,9737

La Figura 1 muestra el diagrama de superficie de respuesta correspondiente a la deseabilidad global (D_overall) en función de la temperatura y el tiempo de tratamiento. Se observa un incremento progresivo de la deseabilidad a medida que ambas variables aumentan, alcanzando los valores más altos en la región comprendida entre 59 y 60 °C y tiempos cercanos a 3 h.

Las curvas de nivel presentan una disposición amplia y suavemente inclinada en esta zona, lo que indica la existencia de una meseta óptima donde pequeñas variaciones en la temperatura o el tiempo no generan cambios significativos en la deseabilidad global. Esto explica por qué las 10 mejores corridas obtenidas en la optimización se concentran en este rango de operación, con diferencias mínimas entre ellas.

Por el contrario, en la región inferior izquierda del diagrama (temperaturas < 40 °C y tiempos < 1,5 h), la deseabilidad disminuye notablemente (< 0,5), lo que se asocia a un menor cumplimiento simultáneo de los objetivos planteados, particularmente en la reducción de saponinas y el incremento de proteína.

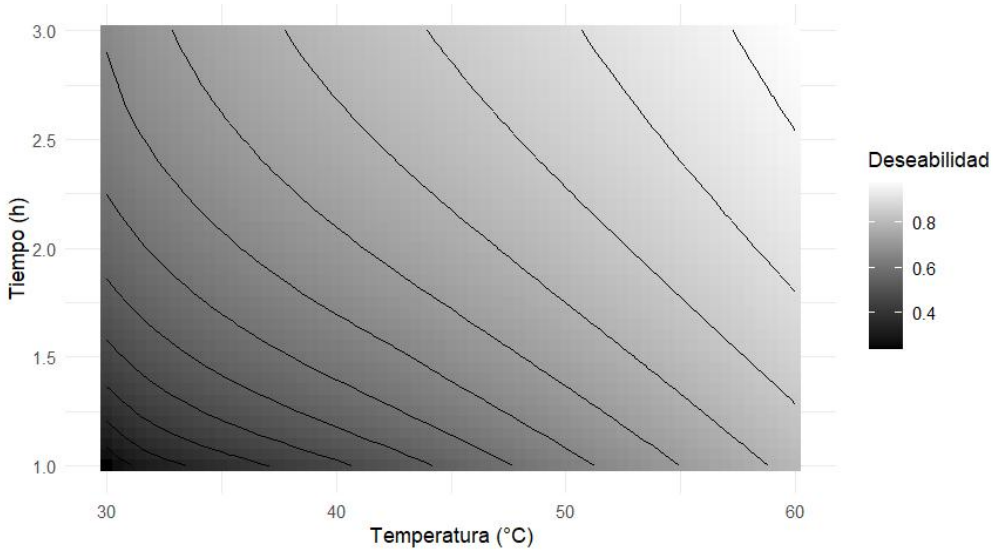


Figura 1. *Superficie 2D de la deseabilidad global*

Este comportamiento confirma que las condiciones cercanas a 60 °C y 3 h constituyen el mejor compromiso para maximizar la calidad global del producto, manteniendo flexibilidad operativa gracias a la amplitud de la meseta de alta deseabilidad. Por tanto, se selecciona la muestra correspondiente a esta condición para la etapa del modelado de inclusión en dietas para alimentación animal, dado que representan un balance adecuado entre inocuidad y valor nutricional, condiciones imprescindibles para una sustitución parcial o total de la torta de soya.

Modelado de inclusión

Con el fin de evaluar el efecto de la inclusión de torta de sacha inchi sobre la composición proximal de una mezcla con torta de soya, se modelaron tres escenarios de inclusión: 0 %, 25 % y 50 %. La Tabla 5 y Tabla 6 presenta los resultados obtenidos a partir de la combinación lineal de las composiciones promedio de ambos subproductos.

En la composición fisicoquímica de la muestra 1 "Pitirre", se observan cambios significativos en los principales componentes analizados. Con un 0% de inclusión, la torta presenta un contenido proteico de 43,98%, grasa de 11,54%, fibra de 6,24% y cenizas de 7,97%. Al aumentar la inclusión de sacha inchi al 25%, se registra un incremento en el contenido proteico a 45,89%, mientras que la grasa disminuye a 10,67%, la fibra a 6,11% y las cenizas a 7,59%. Esta tendencia se mantiene al 50% de inclusión, la proteína aumenta en 3,82 puntos porcentuales y tanto la grasa (9,80%), la fibra (5,97%) como las cenizas (7,20%) continúan en descenso.

Tabla 5. *Resultados de inclusión (Muestra 1 "Pitirre")*

Inclusión Sacha Inchi (%)	Proteína (%)	Grasa (%)	Fibra (%)	Ceniza (%)
0	43,98	11,54	6,24	7,97
25	45,89	10,67	6,10	7,58
50	47,80	9,80	5,97	7,20

Para la muestra 2 "Casa Amarilla" se observa que, a medida que aumenta el nivel de inclusión de torta de sacha inchi, se produce un incremento lineal tanto en el contenido proteico como en el contenido graso de la mezcla. Con un 50 % de inclusión, la proteína se eleva en 4,50 puntos porcentuales respecto a la torta de soya pura, mientras que la grasa aumenta en 0,73 puntos porcentuales. Estos cambios reflejan la mayor concentración de proteína (51,63 %) y grasa (8,06 %) presente en la torta de sacha inchi optimizada en comparación con la torta de soya. En cuanto al contenido de fibra, el incremento es moderado, pasando de 5,19 % en la soya pura a 5,45 % en la mezcla con 50 % de sacha inchi. El contenido de ceniza, en cambio, muestra una ligera disminución con el aumento de la inclusión, lo que se atribuye a que la torta de soya presenta un valor de cenizas ligeramente superior (6,80 %) al de la torta de sacha inchi (6,43 %).

Tabla 6. *Resultados de inclusión (Muestra 2 "Casa Amarilla")*

Inclusión Sacha Inchi (%)	Proteína (%)	Grasa (%)	Fibra (%)	Ceniza (%)
0	45,68	6,60	5,19	6,80
25	47,92	6,96	5,32	6,71
50	50,18	7,33	5,45	6,62

Estos resultados sugieren que la incorporación de torta de sacha inchi representa una estrategia viable para enriquecer la fracción proteica y lipídica de mezclas destinadas a formulaciones alimentarias o nutricionales, manteniendo niveles de fibra estables y sin variaciones significativas en el contenido mineral total.

CONCLUSIONES

Los resultados del análisis físico-químico de las muestras tratadas hidrotérmicamente muestran que el aumento de temperatura y tiempo reduce significativamente el contenido de saponinas, alcanzando el valor mínimo (0,018%) a 60 °C y 3 horas, lo que indica la efectividad del tratamiento para eliminar compuestos antinutricionales; simultáneamente, el contenido proteico aumenta progresivamente, llegando al máximo (52,11%) bajo las mismas condiciones, lo que sugiere una concentración relativa mayor de proteínas posiblemente por la eliminación de otros componentes; mientras que los niveles de fibra, grasa y cenizas se mantienen relativamente estables.

La optimización por múltiples respuestas permitió identificar las condiciones de operación que maximizan la calidad global de la harina proteica de torta de sacha inchi, obteniéndose la mayor deseabilidad global (0,9855) a 60 °C y 3 h de tratamiento. En estas condiciones se logró una reducción de saponinas del 97,29 %, un contenido proteico de 51,63 %, grasa de 8,06 %, fibra de 5,70 % y cenizas de 6,43 %.

El modelado de inclusión con torta de soya mostró que la incorporación de torta de sacha inchi incrementa linealmente el contenido de proteína y grasa de la mezcla, manteniendo estables los niveles de fibra y con variaciones mínimas en el contenido de cenizas. Una inclusión del 50 % elevó la proteína en 3,82 y 4,50 puntos porcentuales respecto a la torta de soya pura, lo que demuestra su potencial como ingrediente para el enriquecimiento nutricional de formulaciones alimentarias.



BIBLIOGRAFÍA

Alam, M., Kaur, J., Khaira, H., & Gupta, K. 2016. Extrusion and extruded products: changes in quality attributes as affected by extrusion process parameters: a review. *Critical reviews in food science and nutrition*, *56*(3), 445-473.

Alcívar, J., Martínez Pérez, M., Lezcano, P., Scull, I., & Valverde, A. 2020. Nota técnica sobre la composición físico-química de la torta de Sacha inchi (Plukenetia volubilis). *Cuban Journal of Agricultural Science*, *54*(1), 19-23.

Bravo Guaranda, J. E., & Guamán Nina, D. E. 2023. *Estudio del efecto de tratamientos hidrotérmicos sobre el contenido de antinutrientes y características bromatológicas de la semilla de sacha inchi (plukenetia volubilis)* [Trabajo de titulación previo a la obtención del Título de Ingeniero Químico, Universidad de Guayaquil].

Derringer, G., & Suich, R. 1980. Simultaneous optimization of several response variables. *Journal of Quality Technology*, *12*(4), 214-219. https://doi.org/10.1080/00224065.1980.11980968

Díaz Céspedes, M., Paredes, R., Hernández Guevara, J. E., Linares Rivera, J. L., Durand Chavez, L. M., & Moscoso Muñoz, J. E. 2021. Digestibilidad, energía digestible y metabolizable del sacha inchi (Plukenetia volubilis L) peletizado y extruido en cuyes (Cavia porcellus). *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, *32*(5).

Fernandez-Turren, G., Cajarville, C., Pérez-Ruchel, A., Hirigoyen, D., Constantín, M., González, V., Madera, J., Eiraldi, F., Kozloski, G. V., & Repetto, J. L. 2018. Evaluación nutritiva de harinas y expeller de soja presentes en Uruguay en la alimentación de vacas lecheras. *Veterinaria (Montevideo)*, *54*(209), 42-56.

Francis, G., Kerem, Z., Makkar, H. P., & Becker, K. 2002. The biological action of saponins in animal systems: a review. *British journal of Nutrition*, *88*(6), 587-605.

Hernández, M. C. P., Domínguez, M. V., Olmedo, J. G., Botino, Y. C., Fajardo, Y. A., & Pérez, M. G. 2024. Value Chain in the Production of Sacha Inchi Oil (Plukenetia volubilis L.) in Cuba. *International Journal*, *9*(3), 163-172.

Hurtado Ramírez, L. L. 2013. Efecto de diferentes niveles de torta de sacha inchi (Plukenetia volúbilis L.) precocida sobre el hígado y el perfil bioquímico sanguíneo de aves de postura en la etapa de levante.

Khieokhajonkhet, A., Muichanta, S., Aeksiri, N., Ruttarattanamongkol, K., Rojtinnakorn, J., & Kaneko, G. 2021. Evaluation of sacha inchi meal as a novel alternative plant protein ingredient for red hybrid tilapia (Oreochromis niloticus× O. mossambicus): growth performance, feed utilization, blood biochemistry, and histological changes. *Animal Feed Science and Technology*, *278*, 115004.

Kholif, A. E. 2023. A Review of Effect of Saponins on Ruminal Fermentation, Health and Performance of Ruminants. *Vet Sci*, *10*(7). https://doi.org/10.3390/vetsci10070450

Najjar-Tabrizi, R., Javadi, A., Sharifan, A., Chew, K. W., Lay, C.-H., Show, P. L., Jafarizadeh-Malmiri, H., & Berenjian, A. 2020. Hydrothermally extraction of saponin from Acanthophyllum glandulosum root–Physico-chemical characteristics and antibacterial activity evaluation. *Biotechnology Reports*, *27*, e00507.

Pauta Portilla, A. C., & Suárez Castellanos, H. F. 2023. *Caracterización nutricional y fisicoquímica de torta desgrasada de Sacha inchi (Plukenetia volubilis) para obtención de harina* [Proyecto Integrador Previo la obtención del Título de Ingeniero en Alimentos, Escuela Superior Politécnica del Litoral].

Zambrano, J. C. H., & Cruz, O. T. B. 2016. Recursos y nuevas opciones en la alimentación animal: torta de sacha inchi (Plukenetia volubilis). *RIAA*, *7*(1), 83-92.

PAS-28. Cuantificación de fitolitos en asociación de gramínea con mezcla múltiple de leguminosas utilizada en pastoreo para la engorda bovina

Phytolith quantification in grass-legume multispecies mixtures used for cattle fattening grazing

Lilianis Pérez-Ortega; Jatnel Alonso Lazo; Nidia Fraga*

Instituto de Ciencia Animal, Apartado Postal 24, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

*Correspondencia a: perezortegalilianis@gmail.com

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue cuantificar el contenido de fitolitos en especies presentes en una asociación de gramíneas y mezcla múltiple de leguminosas utilizada para el engorde de ganado en pastoreo en el cebadero Ayala del Instituto de Ciencia Animal. El estudio se realizó durante el período lluvioso, aplicando un diseño completamente aleatorizado en la comunidad vegetal, identificando las especies *Cynodon nlemfuensis, Pueraria phaseoloides, Neonotonia wightii, Calopogonium mucunoides* y *Centrosema pubescens*. Se recolectaron muestras compuestas de al menos cinco individuos por especie, utilizando la parte aérea de las plantas, las cuales fueron secadas, molidas y procesadas mediante calcinación para determinar el contenido de fitolitos. El análisis estadístico mostró diferencias significativas ($p < 0.0001$) entre tratamientos. La gramínea *C. nlemfuensis* presentó el mayor porcentaje de fitolitos (2.73%), mientras que la leguminosa *C.* mucunoides presentó el menor (0.73%). Los porcentajes de fitolitos para *P. phaseoloides*, *C. pubescens y N. wightii* fueron 1.23%, 1.05% y 0.90%, respectivamente. Los resultados destacan una variabilidad significativa en la acumulación de fitolitos entre las especies evaluadas, enfatizando el bajo contenido de fitolitos de algunas leguminosas cuando se utilizan en mezclas forrajeras para el engorde de ganado. Estos hallazgos respaldan la selección de especies para sistemas de pastoreo orientados a mejorar la calidad nutricional y funcional del forraje.

Palabras clave: *mezclas forrajeras, pastoreo, calidad nutricional.*

ABSTRACT

The objective of this research was to quantify the phytolith content in species present in a grass and multispecies legume mixture association used for cattle fattening through grazing at the Ayala cattle fattening unit of the Animal Science Institute. The study was conducted during the rainy season, applying a completely randomized design in the plant community, identifying the species *Cynodon nlemfuensis, Pueraria phaseoloides, Neonotonia wightii, Calopogonium mucunoides*, and *Centrosema pubescens.* Composite samples from at least five individuals per species were collected, using aerial plant parts, which were then dried, ground, and processed by ashing to determine phytolith content. Statistical analysis showed significant differences ($p < 0.0001$) among treatments. The grass *C. nlemfuensis* exhibited the highest phytolith percentage (2.73%), while the legume *C. mucunoides* exhibited the lowest (0.73%). Phytolith percentages for *P. phaseoloides, C. pubescens,* and *N. wightii* were 1.23%, 1.05%, and 0.90%, respectively. The results highlight significant variability in phytolith accumulation among the evaluated species, emphasizing the low phytolith content of some legumes when used in forage mixtures for cattle fattening. These findings support the selection of species for grazing systems aimed at improving the nutritional and functional quality of forage.

Keywords: *forage mixtures, grazing, nutritional quality.*

INTRODUCCIÓN

La producción de carne bovina en sistemas de pastoreo está intrínsecamente relacionada con la calidad, cantidad y diversidad de especies forrajeras disponibles. El éxito productivo está condicionado por la aptitud nutricional y la persistencia ecológica del pastizal, elementos que dependen tanto de la composición botánica como del manejo del recurso (López-Vigoa et al., 2017). La integración de gramíneas y leguminosas en los sistemas forrajeros ofrece múltiples beneficios tales como, el incremento del valor nutricional del forraje al mejorar el contenido proteico y la disponibilidad de micronutrientes, lo que resulta esencial para optimizar la ganancia de peso y la conversión alimenticia de los bovinos. Por otra parte, favorece la fijación biológica de nitrógeno y la eficiencia en el reciclado de nutrientes, promoviendo la sostenibilidad y resiliencia de los sistemas de producción animal (M & J, 2006).

Los fitolitos son partículas microscópicas de sílice amorfa depositadas en diversos tejidos vegetales que cumplen funciones estructurales y defensivas debido a que aumentan la resistencia a la abrasión y a los patógenos. Estudios demuestran que los fitolitos pueden influir en la digestibilidad del forraje por parte de los rumiantes, además, su presencia facilita estudios paleoecológicos y de reconstrucción de paisajes, proporcionando información valiosa sobre el manejo y la evolución de los sistemas forrajeros a lo largo del tiempo. Comprender la dinámica de los fitolitos en las especies forrajeras permite no solo optimizar la selección y manejo de los pastizales, sino también, plantear estrategias de manejo orientadas a incrementar la sostenibilidad productiva y ambiental del sector



bovino. Pese a los avances realizados, existe aún escasa información sobre la cuantificación y variabilidad de fitolitos en asociaciones forrajeras tropicales, especialmente aquellas diseñadas para engorda de bovinos en regiones tropicales húmedas, donde las condiciones favorecen la diversificación de especies y el potencial funcional de las pasturas (Avilés et al., 2007). Por lo anterior, resulta imprescindible profundizar en la caracterización de estos compuestos, evaluando tanto la contribución individual como las interacciones entre sus componentes en mezclas complejas bajo manejo ganadero intensivo. Es por ello que el objetivo del presente trabajo es cuantificar y analizar la variabilidad del contenido de fitolitos en una asociación de gramínea con mezcla múltiple de leguminosas utilizada para la engorda bovina en pastoreo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El trabajo se desarrolló en las áreas del cebadero Ayala, perteneciente al Instituto de Ciencia Animal, localizado en San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba. Esta región se caracteriza por un clima tropical húmedo, con una estación lluviosa bien definida que favorece el crecimiento vigoroso de especies forrajeras y la implementación de sistemas de pastoreo continuo e intensivo. El suelo del sitio es predominantemente ferralítico rojo, con pH ligeramente ácido y buena capacidad de retención de humedad, propiedades que condicionan la disponibilidad de nutrientes y elementos minerales como el silicio.

Diseño y tratamientos experimentales

Se estableció una comunidad forrajera compuesta por la gramínea *Cynodon nlemfuensis* y cuatro especies de leguminosas: *Pueraria phaseoloides*, *Neonotonia wightii*, *Calopogonium mucunoides* y *Centrosema pubescens*, seleccionadas por su valor nutritivo, adaptación ecológica y complementariedad funcional. El diseño experimental fue completamente al azar, considerando como tratamiento cada una de las especies integrantes del pastizal mixto.

Procedimiento experimental

Durante el pico del período lluvioso (junio-agosto), se recolectaron muestras compuestas de partes aéreas (hojas y tallos) de al menos cinco individuos maduros de cada especie, con igual grado fenológico y sin síntomas visibles de enfermedad o daño físico. Las muestras se transportaron al laboratorio en bolsas de papel, se lavaron para eliminar residuos de suelo y se secaron a 60°C en estufa de aire forzado hasta peso constante.

Los materiales secos se molieron en molino de cuchillas hasta obtener un polvo fino (<1 mm), a fin de garantizar la homogeneidad y reproducibilidad en la cuantificación posterior. Las muestras molidas se almacenaron en frascos herméticos a temperatura ambiente.

Cuantificación de fitolitos

La extracción de fitolitos se realizó mediante incineración controlada, adaptando protocolos de referencia para minimizar la disolución y/o alteración de los cuerpos silíceos. Aproximadamente 1 g de material pulverizado se sometió a incineración a 500°C durante 4h, permitiendo la eliminación completa de materia orgánica. La ceniza resultante se trató con ácido clorhídrico (HCl 6N) para disolver carbonatos y otras impurezas, y se lavó reiteradamente con agua destilada hasta pH neutro. Los fitolitos fueron recuperados por centrifugación, secados a 60°C y pesados en balanza analítica (precisión 0,1 mg).

El contenido de fitolitos se expresó como porcentaje respecto a la materia seca inicial de la muestra. Para ampliar la comparación interespecífica y minimizar errores metodológicos, cada determinación se efectuó por triplicado.

Análisis estadístico

Los valores medios de contenido de fitolitos por especie se analizaron mediante ANOVA, verificando previamente los supuestos de normalidad (prueba de Shapiro-Wilk) y homogeneidad de varianzas (prueba de Bartlett). Ante la presencia de heterogeneidad, se emplearon transformaciones logarítmicas y el test post-hoc de Tukey para la comparación de medias.

Se calculó el coeficiente de variación como indicador de dispersión de los datos y se discutió potencialmente el efecto de especies y condiciones edáficas sobre la acumulación de fitolitos. Las diferencias se consideraron significativas para $p < 0.05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las condiciones agroclimáticas del área experimental favorecieron la expresión máxima del potencial bioquímico y morfológico de las especies seleccionadas, observándose un buen desarrollo vegetativo y ausencia de deficiencias graves de nutrientes. Estas condiciones propiciaron una alta representatividad de los resultados y permiten su

aplicación en sistemas similares de la región. El análisis estadístico reveló diferencias altamente significativas entre especies ($F = 453.21$; $p < 0.0001$). La prueba de Shapiro-Wilk confirmó la normalidad de los residuos ($p = 0.6664$), mientras que la prueba de Bartlett indicó heterogeneidad de varianzas ($p = 0.0181$). El coeficiente de variación fue de 4.85%, evidenciando que la dispersión entre replicas es baja y que existe una buena precisión en los valores obtenidos.

La gramínea *Cynodon nlemfuensis* presentó el mayor contenido de fitolitos (2.73%). Esta especie es reconocida en la literatura como una de las principales acumuladoras de sílice en ecosistemas pastoriles, lo cual se correlaciona con su vigor, persistencia y capacidad de tolerar altas intensidades de pastoreo. Aunque la acumulación de sílice puede reducir levemente la digestibilidad, constituye una sólida estrategia adaptativa frente al estrés biótico y abiótico.

Entre las leguminosas, el menor porcentaje de fitolitos correspondió a *Calopogonium mucunoides* (0.73%), seguido de *Neonotonia wightii* (0.90%), *Centrosema pubescens* (1.05%) y *Pueraria phaseoloides* (1.23%). Esta variabilidad puede estar asociada a diferencias fisiológicas (especialización de tejidos de depósito, tasa de transpiración, eficiencia en la absorción radicular) y genéticas propias de cada taxón.

Los resultados obtenidos coinciden con estudios previos en los que las gramíneas exhiben una mayor tendencia a acumular sílice en forma de fitolitos, en comparación con la mayoría de las leguminosas, las cuales suelen priorizar otros mecanismos de defensa y adaptación.

Tabla 1. *Contenido medio de fitolitos (%) en especies evaluadas*

Especie	Media de fitolitos (%)
Cynodon nlemfuensis	2.73
Pueraria phaseoloides	1.23
Centrosema pubescens	1.05
Neonotonia wightii	0.90
Calopogonium mucunoides	0.73

La marcada diferencia en el contenido de fitolitos observada entre la gramínea y las leguminosas destaca la importancia de la composición botánica del pastizal sobre las propiedades funcionales del forraje. Diversos autores señalan que los altos niveles de sílice en gramíneas pueden conferirles ventajas adaptativas, como una mayor resistencia al desgaste por pastoreo, menor susceptibilidad a enfermedades foliares y mayor longevidad del dosel vegetal. Massey *et al*. 2016 evaluaron el impacto de los niveles manipulados de sílice en la abrasividad de las hojas de cinco especies de gramíneas revelando que el aumento de sílice incrementó la abrasividad en cuatro de cinco especies de gramíneas reduciendo su tasa de crecimiento y eficiencia digestiva, por lo que se demuestra el efecto directo del sílice en la abrasividad de las gramíneas y en la defensa efectiva contra herbívoros, lo que incide positivamente en la longevidad y resiliencia de las plantas(Massey et al., 2006). Por otra parte, Rahman *et al*. 2015 evaluaron el papel del silicio en la defensa sistémica de gramíneas forrajeras frente a la infección por el hongo *Magnaporthe oryzae*, demostrando que la aplicación de silicato a una dosis de 5 toneladas/ha redujo significativamente la incidencia (39.5%) y severidad (47.3%) de la enfermedad. Además aumentaron los niveles de compuestos fenólicos, actividad enzimática y expresión genéticarelacionada con la defensa, por lo que se concluye que el silicio potencia tanto las barreras físicas como las respuestas bioquímicas en las gramíneas, disminuyendo la susceptibilidad a enfermedades foliares y favoreciendo la longevidad y salud del dosel vegetal(Rahman et al., 2015). Sin embargo, el incremento de la fracción mineral no necesariamente implica una mejora en la calidad nutricional directa para los rumiantes, ya que altos contenidos de fitolitos pueden disminuir biodisponibilidad de algunos micronutrientes y reducir la digestibilidad de la fibra.

Por otro lado, las leguminosas, pese a su menor acumulación de fitolitos, aportan compuestos nitrogenados y micronutrientes fundamentales, mejorando el balance global del sistema. Además, el bajo contenido de sílice puede traducirse en una mayor disponibilidad energética y una menor abrasividad sobre la dentición de los animales, prolongando su vida productiva y aumentando la eficiencia del engorde (kdgonzalez, 2020). La integración de especies con diferentes estrategias de acumulación de fitolitos permite diversificar las respuestas del sistema forrajero, equilibrando los beneficios de la resiliencia estructural, la nutrición animal y la sustentabilidad ecológica.

El conocimiento cuantitativo del contenido de fitolitos en las especies estudiadas permite diseñar mezclas forrajeras ajustadas a los objetivos productivos y ecológicos del sistema. La inclusión de gramíneas de alto contenido de fitolitos asegura la persistencia del pastizal, mientras que las leguminosas contribuyen con mejoradores naturales de la calidad nutricional y del suelo. Además, la dinámica de los fitolitos en el agroecosistema excede la función nutricional ya que su presencia genera aportes relevantes al ciclo del silicio, influyendo en la estructura del suelo, la dinámica hídrica y las interacciones con microorganismos beneficiosos. Los fitolitos reincorporados al suelo a través de las heces y restos vegetales pueden actuar como fuente de silicio reciclable, cerrando el ciclo de este elemento y contribuyendo a la salud del agroecosistema a largo plazo. Cabe resaltar que los patrones de acumulación de fitolitos pueden modificarse mediante prácticas agronómicas, como la fertilización silícica, el manejo de la intensidad



y frecuencia del pastoreo, y la selección de variedades mejoradas genéticamente para optimizar la composición mineral del forraje (Massey et al., 2006).

La acumulación de fitolitos en las especies forrajeras utilizadas directamente en la engorda bovina tiene profundas implicaciones para el manejo nutricional del ganado. Si bien el silicio no es considerado esencial en la dieta de los rumiantes, su presencia puede incidir indirectamente en parámetros productivos y de salud animal. El consumo excesivo de materiales con alto contenido de fitolitos se ha asociado a una mayor abrasión dental, generando pérdida prematura de piezas y afectando la eficiencia de masticación (Urdaneta et al., 2008). No obstante, en concentraciones moderadas, los fitolitos pueden proteger a las plantas de la defoliación excesiva, asegurando la disponibilidad continua de biomasa de calidad para el rebaño. Al mismo tiempo, contribuyen a la mejora de la estructura microbiana ruminal, permitiendo una mejor digestión de fracciones fibrosas complejas.

El complemento entre gramíneas de alto contenido de fitolitos y leguminosas de bajo contenido permite modular estos efectos, ajustando el sistema forrajero a los requerimientos de la categoría animal y al período de utilización del pastizal. Más allá de su importancia en la producción animal, el estudio y cuantificación de fitolitos en sistemas pastoriles ofrecen perspectivas novedosas en la comprensión de los procesos ecológicos de largo plazo. Los fitolitos, al presentar alta resistencia a la descomposición y excelente preservación en suelos, actúan como archivos biogeoquímicos, permitiendo reconstruir la historia de los paisajes y las prácticas agrícolas ancestrales(Ibáñez, 2012). La diferenciación morfológica y química de los fitolitos producidos por cada especie forrajera puede utilizarse como marcador en estudios de paleoecología, gestión de recursos naturales y trazabilidad del origen de productos ganaderos de alto valor agregado.

CONCLUSIONES

Se encontró gran variabilidad en el contenido de fitolitos entre las especies forrajeras, destacando a *Cynodon nlemfuensis* como la principal fuente de sílice en comparación con las leguminosas.

Las leguminosas presentan diferentes niveles de acumulación de fitolitos, desde bajos hasta intermedios según la especie.

La cuantificación de fitolitos en mezclas forrajeras es clave para diseñar sistemas de engorda bovina eficientes, sanos y ambientalmente adecuados.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al personal técnico y de campo del Instituto de Ciencia Animal, así como a todos los colaboradores del cebadero Ayala por su apoyo en la recolección y procesamiento de muestras, y a los colegas investigadores.

BIBLIOGRAFÍA

Avilés, L. R., Ku Vera, J. C., & Gamboa, J. A. A. (2007). *Follaje de árboles y arbustos en los sistemas de producción bovina de doble propósito*. http://www.bioline.org.br/abstract?id=la07062

Ibáñez, J. J. (2012, octubre 24). *Los Fitolitos y la Memoria del Suelo (biolitos, biominerales, biomineralización, paleoecología, paleobotánica, etnoagricultura)—Un Universo invisible bajo nuestros pies*. https://www.madrimasd.org/blogs/universo/2012/10/24/142937

kdgonzalez. (2020, junio 17). Asociaciones de Gramíneas con Leguminosas—Beneficios. *Pastos y Forrajes*. https://infopastosyforrajes.com/gramineas-y-leguminosas/asociaciones-de-gramineas-con-leguminosas/

López-Vigoa, O., Sánchez-Santana, T., Iglesias-Gómez, J. M., Lamela-López, L., Soca-Pérez, M., Arece-García, J., & Milera-Rodríguez, M. de la C. (2017). Los sistemas silvopastoriles como alternativa para la producción animal sostenible en el contexto actual de la ganadería tropical. *Pastos y Forrajes*, *40*(2), 83-95.

M, A., & J, P. (2006). Contribución de los forrajes mejorados a la productividad ganadera en sistemas de doble propósito. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*. https://agris.fao.org/search/en/providers/123818/records/67235d96b605bda15e0aad31

Massey, F. P., Ennos, A. R., & Hartley, S. E. (2006). Silica in grasses as a defence against insect herbivores: Contrasting effects on folivores and a phloem feeder. *The Journal of Animal Ecology*, *75*(2), 595-603. https://doi.org/10.1111/j.1365-2656.2006.01082.x

Rahman, A., Wallis, C. M., & Uddin, W. (2015). Silicon-Induced Systemic Defense Responses in Perennial Ryegrass Against Infection by Magnaporthe oryzae. *Phytopathology*, *105*(6), 748-757. https://doi.org/10.1094/PHYTO-12-14-0378-R

Urdaneta, M., Cuervo, A., Perea, Y., Añez, N., Izquierdo, G., González, R., Contreras, G., Zambrano, S., & Landaeta-Hernández, A. (2008). Factores que afectan el número de dientes incisivos al nacer en becerros criollo limonero: Desgaste dentario hasta los 12 meses de edad. *Revista Científica*, *18*(5), 542-548.

PAS-29. Inclusión de la harina elaborada con semillas de algarrobo y marabú en dietas de cerdos criollos en la categoría de preceba en la finca El Jardín del PCC en el Municipio Guantánamo

Inclusion of flour with carob and marabú seeds in the diets of native pigs in thepre-fattening category at the El Jardín farm of the PCC in the Guantánamo Municipality

R. Gamboa Castañeda[1]; Y. Brooks Lescaille[2]; B de la C. Acuña Serrano[3]*

[1]IPA Manuel Simón Tames Guerra, La Inagua, Municipio Niceto Pérez. Guantánamo, Cuba.

[2]Asociación Cubana de Producción Animal. Filial Guantánamo. Guantánamo, Cuba.

[3]Delegación Provincial MINAG, Guantánamo, Cuba.

Carretera a Santiago de Cuba Km 3.5, La Inagua, Municipio Niceto Pérez. Guantánamo, Cuba.

[*]Correspondencia a: ynorbys61@gmail.com

RESUMEN

El objetivo es determinar el porciento de inclusión adecuado de la harina de Marabú (*Dichrostachys cinerea L.*) y Algarrobo (*Ceratonias iliqua L.*), valorar el comportamiento de los indicadores productivos y económicos. Se formaron 3 grupos con 10 animales. Las edades de las preceba oscilaron de 41-61 días de nacidos, aplicándose los siguientes tratamientos: cereal mezclado (control) y sustitución del mismo en la formulación de las dietas para cerdos criollos de categoría de preceba por harina de marabú y harina de algarrobo al 25, 50 y 75% respectivamente. Se realizó el análisis de varianza simple en un diseñocompletamente aleatorizado. Se evaluó ganancia media diaria, conversión y viabilidad. La valoración económica se realizó a través de la relación costo-beneficio. Se obtuvo diferencia significativa entre los tratamientos I y II, pero ambos no difieren del tratamiento III en la semana 1 cuando los cerdos consumían el 25% de las harinas en las dietas, cuando se incrementala inclusión al 50% la GMD de los tratamientos I y III no difieren entre ellos, y sí con el tratamiento II en la semana 2, similares resultados se lograron en la semana 3, aunque el tratamiento II no difiere del III. Se concluye que los porcientos 25, 50 y 75 de inclusión de la harina de marabú y algarrobo en la dieta como alimento alternativo son adecuados, la GMD fue incrementando, la conversión se mantuvo dentro de los parámetros en todos los casos, seleccionando desde el punto de vista económico el 75%, al disminuir la cantidad de cereal en la dieta se ahorran 3828,30 MN.

Palabras claves: *porciento inclusión, formulación de dietas, alimento alternativo*

ABSTRACT

The objective was to determine the adequate inclusion percentage of Marabou (*Dichrostachys cinerea* L.) and Carob (*Ceratonias iliqua* L.) flour, and to assess the performance of productive and economic indicators. Three groups of 10 animals were formed. The ages of the pre-fattening pigs ranged from 41 to 61 days old, and the following treatments were applied: mixed cereal (control) and its replacement in the formulation of diets for Creole pigs in the pre-fattening category with marabou flour and carob flour at 25, 50, and 75%, respectively. A simple analysis of variance was performed in a completely randomized design. Average daily gain, conversion, and viability were evaluated. The economic valuation was carried out through the cost-benefit ratio. A significant difference was obtained between treatments I and II, but both did not differ from treatment III in week 1 when the pigs consumed 25% of the flours in the diets, when inclusion was increased to 50% the ADG of treatments I and III did not differ between them, and yes with treatment II in week 2, similar results were achieved in week 3, although treatment II did not differ from III. It is concluded that the percentages 25, 50 and 75 of inclusion of marabou and carob flour in the diet as an alternative feed are adequate, the ADG was increased, the conversion remained within the parameters in all cases, selecting from the economic point of view 75%, by decreasing the amount of cereal in the diet, 3828.30 MN are saved.

Keywords: *percentage inclusion, diet formulation, alternative food*

INTRODUCCIÓN

A Cuba, la crisis mundial de alimentos la afecta directamente, provocando un deceso en la oferta alimentaria a la población, unido al injusto bloqueo económico y financiero impuesto por los Estados Unidos de América, se reduce significativamente el flujo de las importaciones de insumos indispensable para la agricultura en el país, por lo que se hace necesario la utilización de alimentos alternativos en la especie animal, (Cubadebate, 2022).

El cambio climático y la creciente variabilidad del clima y sus fenómenos extremos están afectando a la productividad agrícola, la producción de alimentos y a los recursos naturales, con repercusiones en los sistemas alimentarios. Todo ello ha conducido a cambios importantes en la forma de producir, distribuir y consumir los alimentos en todo el mundo, y a nuevos desafíos para la seguridad alimentaria, la nutrición y la salud, (Universidad de Medio Ambiente, 2016).



El gobierno cubano tiene como prioridad la producción de alimentos y la sustitución de importaciones, priorizar a corto plazo la sustitución de importaciones de aquellos alimentos que puedan ser producidos eficientemente en el país, los recursos para potenciarlos deben concentrarse donde existan mejores condiciones para su empleo más efectivo, a finde elevar los rendimientos y la eficiencia de la producción; así mismo, deberá potenciarse la aplicación de los resultados de la ciencia y la técnica, (Gil, 2020).Según FAO (2013), la soberanía alimentaria solo es posible al utilizar nuestros propios recursos para crecer y con ello, lograr disminuir las importaciones y la mentalidad que lo prioriza.

En el país existe un gran número de plantas herbáceas, arbustivas y/o arbóreas que crecen de forma naturaly/o cultivada y que pueden utilizarse favorablemente en la alimentación animal (Clavijo y Balbis, 2002). De ahí la importancia de la producción de la harina de algarrobo (*Ceratonias iliqua L*) y Marabú (*Dichrostachys cinerea L.*) para mejorar la dieta y con ello buscar el aumento de peso corporal deseado en los cerdos de preceba.

A partir de la necesidad de incrementar la producción de carne de cerdo en el sector cooperativo/campesino, el Instituto de Investigaciones Porcinas (IIP) se dio a la tarea de promover "tecnologías y procedimientos para la crianza porcina con alimentos nacionales" que hicieran viable esta producción a partir de la sustitución de importaciones, con insumos locales que estuvieran al alcance de los productores, (Mora, Rodríguez, Fuentes y Mora, 2012).En este sentido, se procedió a la creación de un movimiento extensionista para difundir estas experiencias, de esta forma se llegó a todos los rincones del país, como una nueva forma de aprovechar los residuos de cosechas, las plantas forrajeras proteicas y los diferentes productos procedentes de la agricultura, la pesca y la industria, que hasta entonces eran desconocidos para la mayoría de los productores.

El objetivo de este trabajo es evaluar el uso de la harina elaborada con la semilla de Algarrobo (*Ceratonias iliqua L.*) y Marabú (*Dichrostachys cinerea L.*) en la dieta como alimento alternativo para la especie porcina criolla en la etapa de preceba.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la finca El Jardín perteneciente al PCC Provincial, situada en el municipio y provincia Guantánamo, con el cuadrante 101-149-10. La finca cuenta con 43.21ha de tierra, de ellas 21.10 se dedican para la producción de alimento animal y 16.04 para la agrícola.

Se formaron tres grupos, cada uno con 10 animales. Los tratamientos consistieron en el suministro de cereal mezclado: (control) y sustitución del mismo en la formulación de las dietas por harina de marabú y algarrobo al 25, 50 y 75% respectivamente, los que se relacionan a continuación: T-1: (Control), sin inclusión de la harina de algarroba y marabú en la dieta de cerdos criollo en la categoría de pre ceba, T-2: Inclusión del25, 50 y 75 % de harina de marabú en la dieta de cerdos criollo en la categoría de pre-ceba y T-3: Inclusión del25, 50 y 75% de harina de algarrobo en la alimentación de cerdos criollo en la categoría de preceba. Se utilizaron niveles de inclusión de harina de marabú a razón de 25; 50 y 75% respectivamente en sustitución del cereal mezclado, e igual procedimiento para la harina de algarrobo. La dieta fue formulada en base a los requerimientos nutricionales del cerdo en la categoría de preceba, según Manual de Procedimientos Técnicos para la crianza porcina, (Colectivo de Autores, 2015) del Instituto de Investigaciones Porcina. En las dietas además suministró agua, palmiche entero adlibitumy 0.5 kg miel como suplemento en horario del medio día. Los cerdos que recibieron el tratamiento 2 y 3 fueron sometidos a un proceso de adaptación a la dieta de tres días antes de incluirles el 25% de las harinas en la dieta, momento que da inicio a la evaluación de los tratamientos. Del alimento se ofrecieron 0.60kg/animal/día de cereal mezclado, igual cantidad para las harinas de marabú y algarrobo en la primera semana. Igual forma se procedió para los 0.75kg/animal/día en la segunda semana y 1.0 kg/animal/día en la tercera semana, distribuido en dos ofertas (8:00 am y 3:00 pm). En horario del medio día los tres grupos recibieron el suplemento (palmiche y miel). El cereal mezclado (pienso) formulado para cerdo de la categoría preceba fue adquirido en la fábrica de pienso Burenes de la provincia Guantánamo.

Tabla 1. *Componentes utilizados en la elaboración del cereal mezclado para la dieta de cerdo criollo en la etapa de pre-ceba.*

Componentes	Contenido
Maíz	95.02
Colina	0.13
Meteonina	0.25
Lisina	0.70
Fosfato	1.15
Carbonato de calcio	1.25
Cloruro de sodio	0.40
Glucosín	0.10
Premezcla vitaminada	1.00

Se realizó el análisis de varianza simple en un diseño completamente aleatorizado, de tres grupos formados por 10 cerdos de la categoría de preceba, cada individuo representa una unidad experimental. En los animales se evaluaron los indicadores peso final, ganancia media diaria, conversión y viabilidad.

Tabla 2. *Composición bromatológica de la harina de marabú y algarrobo utilizada en la dieta experimental para cerdos en la etapa de preceba, según laboratorio de la Facultad Agroforestal (EPICA).*

Nutrientes	Marabú	Algarroba
Materia Seca, MS %	44.2	87.3
Proteína Bruta, PB %	14.7	5.5
Fibra Bruta, FB %	5.23	7.8
FND %	30.3	27.2
FAD %	15.5	11.3
Ceniza, Cz %	4.3	3.90

La información se procesó mediante elanálisis de varianza simple empleando el paquete estadístico Statgraphics plus 50, versión 5.0, para el estudio de las variables dependientes descritas con anterioridad. Para identificar la diferencia entre las medias de los tratamientos evaluados se utilizó la prueba de significación Duncan (1955) y se consideraron las diferencias significativas a nivel de probabilidad de $P < 0.05$.Se realizó la valoración económica a través de la relación costo-beneficio teniendo en cuenta la efectividad de la inclusión de la harina de algarrobo y de la harina de marabú.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Existe una gran cantidad de alimentos alternativos y no tradicionales que se pueden utilizar en la alimentación de los cerdos, pero debemos tener presente que son muy variables en relación a sus características físicas, valor nutritivo y contenido de factores antinutricionales, por lo que se hace necesario realizar investigaciones para validar su uso.

Según el resultado del análisis estadístico, en la figura 1 se refleja la variación de la Ganancia Media Diaria (GMD) en cerdos de la categoría preceba por semanas, donde se puede notar que existe diferencia significativa entre los tratamientos I y II, pero ambos no difieren del tratamiento III en la semana 1 cuando los cerdos consumían el 25% de las harinas (marabú y/o algarroba) incluidas en las dietas en sustitución del cereal mezclado.

En este caso, nuestros resultados son superiores a los obtenidos por Marius, Osafo, Mpofu, Lutaaya, Shiningavamwe, Missanjo & Attoh-Kotoku, (2018) cuando reportaron que el uso de vainas a tres niveles de inclusión (20, 40 y 60 %) comparados con un control de pienso comercial en un trabajo que realizaron sobre el uso de vainas de Dichrostachys cinerea como sustituto de pienso comercial en la especie caprina, obtuvieron que el peso de los cabritos suplementados con 20 % de marabúfueron similares a aquellos que recibieron el control, sin embargo, el peso de los cabritos suplementados con 40 y 60 % de esta leguminosa fueron inferiores a los pesos de los cerdos de pre ceba que investigamos.

En la semana II, cuando se incrementa al 50% la harina de marabú y de algarroba en las dietas sustituyéndolo de la cantidad del cereal mezclado a suministrar, la GMD de los tratamientos I y III no difieren entre ellos, y sí con el tratamiento II donde la diferencia es altamente significativa. La Ganancia Media Diaria (GMD) de la semana 3, tuvo un comportamiento similar a la semana 2 para los tratamientos I y II, sin embargo, no difiere el tratamiento II del III, (Isalgué, 2023) reportó cuando utilizó harina de algarrobo al 0, 20 y 30 % de inclusión en la alimentación de los conejos Pardo cubano en la etapa de crecimiento-ceba que la mejor respuesta se registró en el nivel del 20 %; no coincidiendo con nuestros resultados que fueron superiores en la segunda y tercera semana.Este resultado pudiera estar condicionado por la cantidad de proteína que contiene la harina de marabú en un (14,7 %).

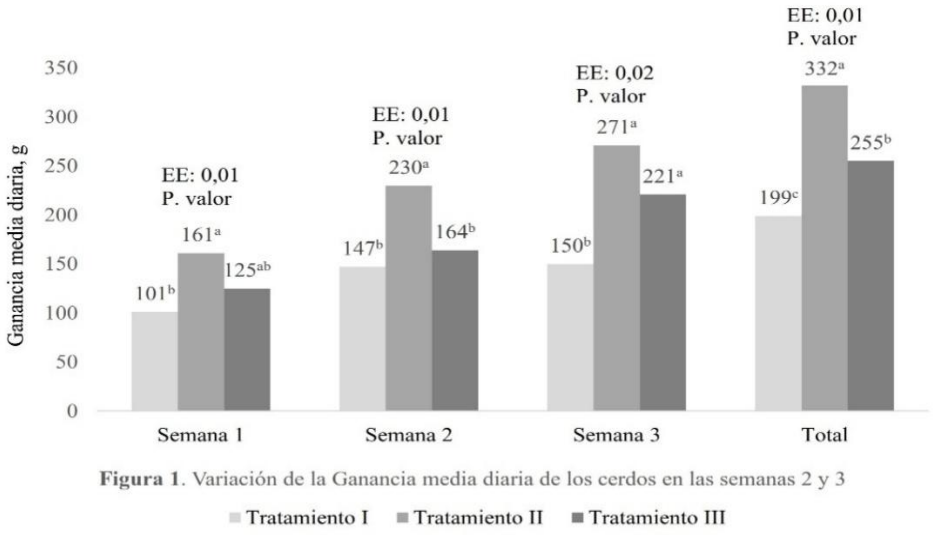


Figura 1. Variación de la Ganancia media diaria de los cerdos en las semanas 2 y 3

En la tabla 3, se reflejan los resultados por semanas. Al analizar el comportamiento del índice de conversión alimentaria en la semana 1 no hay diferencia significativa entre los tratamientos I y III, sin embargo, ambos difieren con el tratamiento II. Similares resultados fueron obtenidos en la semana 2 y 3.

Tabla 3. *Comportamiento de los indicadores en los cerdos de la categoría preceba en las semanas de investigación al incluir en las dietas el 25, 50 y 75% de las harinas de marabú y algarroba.*

Semana 1					
Indicadores	**Tto I (Control)**	**Tto II (Marabú)**	**Tto III (Algarrobo)**	**EE**	**P Valor**
Conversión, g	6,00^{a}	3,75^{b}	5,40^{a}	0,33	0,0002
Viabilidad, %	100	100	100		
Semana 2					
Conversión, g	5,65^{a}	3,32^{b}	4,83^{a}	0,33	0,0002
Viabilidad, %	100	100	100		
Semana 3					
Conversión, g	6,81^{a}	3,84^{b}	4,75^{a}	0,34	0,0001
Viabilidad, %	100	100	100		

Lamas, 2010 planteó en investigaciones realizadas en la web que existe muy poca información sobre el uso de harina de marabú en el ganado porcino, y que solo encontró un estudio en pollos de ceba donde se emplearon hasta más del 50% de esta harina con muy buenos resultados y concluyó que la harina de marabú es factible como suplemento en las mezclas para ceba.

Valoración económica

Es limitada la importación de materias primas para elaborar piensos comerciales dirigidos a la alimentación animal, por lo que se nos hace necesario valorar económicamente el beneficio que pudiéramos obtener con las harinas de algarrobo y marabú. Para el análisis económico se identificaron y tomaron en cuenta todos los costos variables inmersos en la producción de la harina de algarrobo y marabú utilizado en cada uno de los tratamientos y el precio del cereal mezclado.

Tabla 4. *Valoración económica (MN) de la harina de marabú y harina de algarrobo con respecto al cereal mezclado.*

Tratamientos	Cantidad en kg.	Precio del Kg.	Importe	Importe total	Diferencia
Semana 1					
100 % Cereal	42.00	72.92	3062.64	3062.64	765.66
75 % Cereal	31.50	72.92	2296.98	2380.35	
25 % Harina Marabú	10.50	7.94	83.37		
25 % Harina Algarrobo	10.50	7.94	83.37		
Semana 2					
100 % Cereal	52.50	72.92	3828.3	3828.30	1914.15
50 % Cereal	26.25	72.92	1914.15	2122.58	
50 % Harina Marabú	26.25	7.94	208.425		
50 % Harina Algarrobo	26.25	7.94	208.425		
Semana 3					
100 % Cereal	70.00	72.92	5104.40	5104.40	3828.30
25 % Cereal	17.50	72.92	1276.10	1692.95	
75 % Harina Marabú	52.50	7.94	416.850		
75 % Harina Algarrobo	52.50	7.94	416.85		

Desde el punto de vista económico, es de gran importancia haber realizado esta investigación, pues por cada tonelada de pienso comercial o cereal mezclado que se sustituya por harina de algarrobo al 20%, se ahorrarían 2518,46 pesos en MN. Siendo la mejor variante los niveles de inclusión de harina de marabú y harina de algarrobo fue el 75% en las condiciones evaluadas, porque al disminuir la cantidad de cereal en la dieta se ahorran 3828,30 MN.

CONCLUSIONES

Los porcientos de inclusión 25, 50 y 75 de la harina de marabú y la harina de algarrobo en la dieta como alimento alternativo en cerdos de la categoría de pre ceba, son adecuados para sustituir al cereal mezclado sin afectaciones en la salud animal, lo que estaría en dependencia de la disponibilidad de estos alimentos.

Los indicadores productivos (GMD) ganancia media diaria, (C) conversión y (V) viabilidad tuvieron un comportamiento favorable con la inclusión de las harinas de marabú y algarrobo en la dieta para cerdos en pre ceba, aunque la GMD fue incrementando según aumentaron los porcientos de inclusión del marabú en la dieta y la C se mantuvo dentro de los parámetros permisibles para la categoría.

La mejor variante económica de los niveles de inclusión de harina de marabú y harina de algarrobo en la dieta alimenticia del cerdo criollo de la categoría preceba fue el 75% en las condiciones evaluadas, porque al disminuir la cantidad de cereal en la dieta se ahorran 3828,30 MN.



BIBLIOGRAFÍA

Cubadebate. 2022. Crisis alimentaria. Disponible en https://www.cubadebate.cu

Clavijo, A y Balbis, Y. 2002. Estudios preliminares de la calidad química de algunas plantas empleadas en la alimentación cunícula. Memorias. Segundo Congreso de Cunicultura de Las Américas. La Habana, Cuba. pp.164

Duncan, D. B. 1995. Multiple ranges and multiple F test. *Biometrics*. 11:1

Ecotrop FAO. 2011. Permitstheidentification and comparisonof more than 2300 plantspeciesonenvironmentalrequirements in all agro-ecologicalsettingsoftheworld. Textual informationalsoincludes a briefdescriptionofthespecies, its use, synonyms, commonnames and notes. http://ecocrop.fao.org/ecocrop/srv/en/home

FAO. 2013. El Estado de la inseguridad alimentaria en el mundo: Las múltiples dimensiones de la seguridad alimentaria. Roma.

Gil, A. 2020. Producir alimentos una prioridad para Cuba. https//wwwrcabaiguan.cu

Lamas, Y, 2010. Uso de la harina de marabú en la alimentación porcina. https://www.engormix.com/Porcicultura

Marius, L.N., Osafo, I.D.T., Mpofu, E., Lutaaya, K.L., Shiningavamwe, E., Missanjo, V., &Attoh-Kotoku, S. 2018. EffectofVachelliaerioloba and *Dichrostachys cinérea* podsupplementationon performance ofdoes and kidsofNamibianCaprivi and Ovamboindigenousgoats. *Afr. j. anim. Sci.*,*48*(5). http://www.scielo.org.za/scielo .

Mora, Y; Rodríguez, Z; Fuentes, I y Mora, A, 2012. Proyecto de gestión sociocultural para incentivar la crianza de cerdosen comunidades rurales. Memorias de la Porcinocultura Tropical.

Universidad de Medio Ambiente. 2016. Disponible en https://umamexico.com

PAS-30. Efecto de inclusión de *Tithonia diversifolia* sobre los parámetros fisicoquímicos de la canal de conejo

Effect of inclusion of *Tithonia diversifolia* on the physicochemical parameters of the rabbit carcass

A.C. Zeron-Zarate[1]; M. Ayala-Martínez[1]; S. Soto-Simental[1]*

[1]Area Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Instituto de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

[*]Correspondencia a: ze401318@uaeh.edu.mx

RESUMEN

En la actualidad hay una demanda considerable en cuanto a los alimentos balanceados para conejos de engorda que resultan costosos, por lo que los alimentos balanceados no convencionales resultan una buena alternativa para reducir costos de producción y mejorar la calidad y los parámetros fisicoquímicos de la canal de conejo; planteando como objetivo el evaluar los parámetros fisicoquímicos de la canal de conejos alimentados con *Tithonia diversifolia* para proponerlo como un ingrediente alternativo, se utilizaron 18 conejos de raza Nueva Zelanda x California, distribuidos en 3 tratamientos (T1-0, T2-15, T3-30 % de T. diversifolia) con 6 ejemplares cada uno, determinando los parámetros físico-químicos de la canal como el color, pH y textura tras el sacrificio. Los resultados mostraron que el pH, la resiliencia, cohesión, elasticidad y pérdidas por cocción no presentaron diferencias significativas. Sin embargo, la inclusión del 15% mejoró la intensidad del color rojo (a*), y el 30% de inclusión de la planta redujo significativamente la dureza y la masticabilidad, lo cual puede mejorar la aceptación del producto y considerar la *T. diversifolia* una alternativa alimenticia viable para mejorar ciertas características de la carne de conejo, sin comprometer su calidad fisicoquímica, contribuyendo así a una cunicultura más sostenible y rentable.

Palabras clave: *Cunicultura, color, pH, textura*

ABSTRACT

Currently, there is considerable demand for commercial feeds used in the fattening of rabbits, which are often costly. As a result, unconventional feed alternatives offer a promising solution to reduce production costs and improve the quality and physicochemical parameters of rabbit carcasses. This study aimed to evaluate the physicochemical characteristics of rabbit carcasses fed with *Tithonia diversifolia*, proposing it as an alternative feed ingredient. A total of 18 New Zealand × California crossbred rabbits were used, distributed into three treatment groups (T1–0%, T2–15%, T3–30% inclusion of *T. diversifolia*), with six animals per group. After slaughter, parameters such as meat color, pH, and texture were assessed. The results showed no significant differences in pH, resilience, cohesiveness, elasticity, or cooking losses. However, a 15% inclusion of *T. diversifolia* improved the red color intensity (a*), while a 30% inclusion significantly reduced meat hardness and chewiness, potentially enhancing consumer acceptance. These findings suggest that *T. diversifolia* may be a viable dietary alternative to improve certain quality attributes of rabbit meat without compromising its physicochemical integrity, thereby contributing to a more sustainable and cost-effective rabbit farming system.

Keywords: *Rabbit farming, color, pH, texture*

INTRODUCCIÓN

La carne de conejo es reconocida por su alto valor nutritivo en comparación con carnes de otras especies, así como la versatilidad de prepararla en diversos platillos. Además de su alto contenido en proteínas y aminoácidos esenciales, también posee altas concentraciones de calcio, fosforo y potasio y bajo contenido en grasas saturadas y sodio (Pérez-Martínez, et. al., 2018). Por lo mencionado anteriormente la carne de conejo resulta una alternativa ideal para su consumo por niños, adultos mayores, personas con problemas cardiovasculares y/o obesidad, utilizándola como una herramienta para la prevención de enfermedades metabólicas y cardiovasculares en la población.

En México, la calidad de la carne de conejo destinada al consumo humano está regulada por la Norma Mexicana NMX-FF-105-SCFI-2005, la cual establece la clasificación de las canales (México 1, México 2 y México Extra) los requisitos mínimos de frescura, higiene, textura, olor y color, así como los parámetros fisicoquímicos aceptables, como el pH, contenido de humedad y grasa. Esta normativa garantiza que el producto que cumple con sus disposiciones sea seguro, higiénico y nutritivo, reforzando su valor como alimento funcional. En este contexto, la evaluación de la canal del conejo es un proceso integral que implica analizar diversos aspectos para determinar su calidad y valor como producto cárnico.

Dentro del segmento de carnes "blancas" o "blanco-rosadas", la carne de conejo comparte espacio con productos como el pollo y el pavo, los cuales dominan el mercado debido a su bajo costo y atractiva presentación. No obstante, su producción intensiva basada en selección genética ha generado problemas de calidad como carne pálida, baja retención de agua y textura deficiente, asociados a un menor bienestar animal (Cantarero-Aparicio et. al., 2021).



A pesar de los beneficios de la carne de conejo, la cunicultura es una actividad marginal que se encuentra principalmente en zonas rurales en México comparada con otras especies como lo son los bovinos, ovinos, caprinos, cerdos y aves debido a los altos costos de alimentación y la falta de difusión de como consumir carne de conejo en la población mexicana (Jaramillo Villanueva, et. al., 2015) con un consumo per cápita estimado entre 30 y 134g.

Por estas razones ha ganado gran popularidad la búsqueda de nuevos ingredientes para establecer estrategias de alimentación alternativa utilizando cultivos no requeridos por el hombre para su consumo, disponibles en el país como recurso para la alimentación animal, adecuados a condiciones locales con el fin de disminuir costos de alimentación, tener una mayor diversidad de opciones alimenticias y así poder mejorar la calidad nutricional de los animales de consumo humano (García, 2012)

El género Tithonia esta distribuida principalmente en México en estados como Campeche, Chiapas, Guerrero, Oaxaca, Quinta Roo, Tabasco, Veracruz Yucatán y en Centro América, es considerada una plata herbácea perteneciente a la familia Compositáceas, con una altura que oscila entre 1.5 a 4.0 m; posee hojas con bordes aserrados pedúnculos que pueden variar de 5 a 20 cm de largo y su inflorescencia se presenta en capítulos y es de color amarillo. La Tithonia diversifolia también conocida como Mirasol, Botón de oro, tanchiche tiene un amplio rango de adaptación ya que tolera condiciones de acidez y baja fertilidad en el suelo y es una especie con buena capacidad de producción de biomasa y rápida recuperación después del corte, dependiendo de la densidad de siembra, suelos y estado vegetativo (Gómez-Gurrola, et. al., 2017).

La composición nutricional de la *Tithonia diversifolia* muestra niveles elevados de proteína y carbohidratos solubles, bajo contenido de FDN, y niveles adecuados de minerales (Londoño, 2019). En un estudio realizado por Gallego-Castro et. al. (2017) analizaron la composición nutricional a los 56 días de corte de la T. diversifolia obteniendo en promedio de materia seca 12,68%, proteína cruda 13,39%, cenizas 15,89%, calcio 2,76%, fósforo 0,26%, fibra detergente neutro 53,81%, 52,27%, fibra detergente ácido 48,50%, carbohidratos totales no estructurales 8,22%, taninos totales 0,33% y fenoles totales 0,24%.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se evaluaron las características fisicoquímicas de la canal de conejo, enfocándose en los parámetros de color, pH y textura, con el objetivo de determinar el efecto sobre la calidad de la carne de conejo en el cual se utilizaron 18 animales de cruza Nueva Zelanda x California, de 65 días de edad al finalizar la engorda con una duración de 28 días, los cuales fueron distribuidos completamente al azar a 3 tratamientos (T1-0, T2-15, T3-30 % de *T. diversifolia*) con 6 repeticiones cada uno. Las mediciones respectivas se realizaron en el taller de cárnicos del Instituto de Ciencia Agropecuarias en Tulancingo, Hidalgo, México, 24 horas después de la matanza de acuerdo con la NOM-033-SAG/ZOO-2014, tras la conservación de las canales a 4°C. El color se midió en el musculo longissimus lumborum utilizando el espacio de color CIEL *a*b con un colorímetro Linshang LS171 (Shen-zhen Lingshang Technology Co., Shenzhen, China), los niveles de pH fueron medidos en el mismo musculo utilizando un pHmetro Hanna HI99163 (Hanna Instruments, Cluj-Napoca, Rumania). Por ultimo la textura se determinó utilizando un texturómetro TA-X-T PLUS (Stable microSystems).

Los datos fueron analizados en el programa Minitab ver 20.3, a través de un análisis de varianza completamente al azar (ANNOVA) y cuando existieron diferencias ($P<0.05$) se realizó prueba de comparación de medias de Fisher.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cuadro 1. *Características de color y pH de la canal de conejos alimentados con T. diversifolia, durante la engorda*

	% *T. diversifolia*			
	0	**15**	**30**	**EEM**
L*	45,24^{b}	48,72^{a}	45,32^{b}	0,61
a*	2,74^{a}	3,15^{a}	2,03^{b}	0,14
b*	0,17^{c}	-0.29^{a}	0.28^{a}	0,16
C	2,92^{a}	3,32a	2,33^{b}	0,15
H	0,045^{c}	-0,04^{b}	0,18^{a}	0,059
pH	5,62^{a}	5,57^{a}	5,61^{a}	9.99

^{abc}Literales minúsculas indican diferencias significativas entre tratamientos, EEM:Error estándar de la media, L*: Luminosidad, C: Croma, H: Hue, a*: coordenadas rojo/verde (+a .indica rojo, -a indica verde), b*: coordenadas amarillo/azul (+b indica amarillo, -b indica azul)

La inclusión de *Tithonia diversifolia* no tuvo efecto en el pH de la carne evaluada, según Ariño (2006) menciona que los valores de pH óptimos oscilan entre 5,50 y 6,10 en la carne de conejo, que son valores similares a los obtenidos en este trabajo. En comparación con García et.at. (2012) sus valores de pH van desde 5,66 a 5,77 en conejos alimentados con follaje de Gliricidia sepium y fibra de Elaeis guineensis en proporciones de 30 y 10% y 10 y 30% y Herrera-Stanziola et. al., (2023) que obtuvo un pH de 6,5 en conejos de 60-80 días de edad, mientras que los resultados reportados por Cantarero-Aparicio et. al. (2021) nos muestran valores de pH de 5,65 en carne de conejos machos Nueva Zelanda.

La intensidad de rojo (a*) fue mayor en el tratamiento adicionado con el 15% de *Tithonia diversifolia* respecto al tratamiento con 0% y 30% de inclusión de la planta, comparado con Hernández Bautista J.et.al. (2015) que hizo un estudio de las medidas de color de la carne de conejos California y Nueva Zelanda los valores de este estudio fueron mayores, la intensidad de amarillo (b*) de este estudio fue menor a la reportada por este mismo autor al igual que la luminosidad. Lo datos por Herrera-Stanziola et. al., (2023) al hacer una evaluación fisicoquímica de la carne adicionada con un marinado de $CaCl_2$ indican que los valores de C fueron mayores a los obtenidos en este estudio.

Cuadro 2. *Características fisicoquímicas de la canal de conejos alimentados con T. diversifolia, durante la engorda*

	% *T. diversifolia*			
	0	**15**	**30**	**EEM**
Perdidas por cocción %	26,48[a]	24,50[a]	26,64[a]	18,4
Dureza	26,65[a]	21,82[b]	16,11[c]	1,00
Resiliencia	0,19[a]	0,19[a]	0,19[a]	0,004
Cohesión	0,58[a]	0,55[a]	0,55[a]	0,014
Elasticidad	0,60[a]	0,63[a]	0,54[a]	0,03
Masticabilidad	10,08[a]	8,60[a]	4,77[b]	0,991

[abc]*Literales minúsculas indican diferencias significativas entre tratamientos, EEM: Error estándar de la media*

En los resultados que se muestran en el Cuadro 2, las perdidas por cocción no tuvieron diferencias significativas entre tratamientos, comparado con Cornejo-Espinoza et. al., (2016) tuvieron menores perdidas por cocción que los datos obtenidos en esta investigación mientras que Cantarero-Aparicio et. al. (2021) reporta perdidas por cocción de 26,55% en carne de conejo de machos Nueva Zelanda.

Los valores de la resiliencia, cohesión y elasticidad tampoco tuvieron diferencias significativas entre tratamientos, en cuanto a la masticabilidad los valores fueron menores en el tratamiento adicionado con el 30% de inclusión de Tithonia diversifolia comparado con Herrera-Stanziola et. al., (2023) sus valores de dureza en el marinado $CaCl_2$ de fueron menores al de este estudio al igual que la masticabilidad, también se puede visualizar que la dureza tiene una disminución de los valores al incrementar la inclusión de T. diversifolia en la dieta siendo el tratamiento con el 30% de inclusión de la planta el que menos dureza tiene.

CONCLUSIONES

La inclusión de *Tithonia diversifolia* en la dieta de conejos durante la etapa de engorda no tuvo un efecto significativo en el pH de la carne ni en parámetros como pérdidas por cocción, resiliencia, cohesión y elasticidad, manteniéndose dentro de los rangos óptimos reportados en la literatura. Sin embargo, se observaron diferencias significativas en las características de color y textura: la inclusión del 15% mejoró la intensidad de color rojo (a*), mientras que el 30% redujo significativamente la dureza y la masticabilidad de la carne. Estos resultados sugieren que el uso de *T. diversifolia* en proporciones adecuadas podría mejorar ciertos atributos de calidad de la carne de conejo sin comprometer su estabilidad fisicoquímica, representando una opción para utilizarlo como ingrediente alternativo para la alimentación de esta especie.

BIBLIOGRAFÍA

Ariño, B. 2006. Variabilidad genética de la calidad de la carne de conejo. Tesis Doctoral, Departamento de Ciencia Animal, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España. (Consultado: 11/02/12). Disponible en: http://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/5642/tesisUPV2479.pdf?sequence=1



Arlene García; Luis Eduardo Córdova Rodríguez; Luis Alexander Urpin; Jesús Rafael Méndez Natera & Auristela Del Carmen Malavé Acuña. (2012) Propiedades fisicoquímicas de la carne de conejos suplementados con follaje de Gliricidia sepium y fibra de Elaeis guineensis. Revista Científica UDO Agrícola 12 (4): 939-946. 2012

Cantarero-Aparicio M, Angón E, Peña F, Perea JM. (2021) Una aproximación a las características de la canal y de la carne de conejos de raza Nueva Zelanda CIENCIA VETERINARIA, Vol. 24, Nº 1

Cornejo-Espinoza, J.G., Rodríguez-Ortega, Pro-Martínez, A.; González-Cerón, F. Conde-Martínez, V, Ramírez-Guzmán, M.E, López-Pérez, E & Hernández-Cázares, A.S. (2016). Efecto del ayuno ante mortem en el rendimiento de la canal y calidad de la carne de conejo. Arch. Zootec. 65 (250): 171-175. 2016

Gallego-Castro, Mahecha-Ledesma, Joaquín Angulo-Arizala. (2017). Calidad nutricional de Tithonia diversifolia Hemsl. A Gray bajo tres sistemas de siembra en el trópico alto1 Agronomía Mesoamericana, vol. 28, núm. 1, pp. 213-222, 2017

Gómez-Gurrola, Agapito, Sol-García, Gerardo Del, Sanginés-García, Leonor, Loya-Olguín, Lenin, Benítez-Meza, Alfredo, & Hernández-Ballesteros, Antonio. (2017). Rendimiento en canal de corderos de pelo, alimentados con diferentes proporciones de Tithonia diversifolia y Pennisetum spp.. Abanico veterinario, 7(2), 34-42. https://doi.org/10.21929/abavet2017.72.3

Jaramillo Villanueva, J. L., Vargas López, S., & Guerrero Rodríguez, J. D. (2015). Preferencias de consumidores y disponibilidad a pagar por atributos de calidad en carne de conejo orgánico. Revista mexicana de ciencias pecuarias, 6(2), 221-232.

Javier Herrera-Stanziola, Alejandro Chacón-Villalobos, María Lourdes Pineda-Castro (2023) Caracterización fisicoquímica y microbiológica de carne de conejo "Nueva Zelanda" y efecto del marinado con CaCl21. Agronomía Mesoamericana, vol. 34, núm. 3, 51204, 2023

Jorge Hernández Bautista, Jesica Leticia Aquino López*, Amós Palacios Ortiz. (2015). Rendimiento de la canal, color de la carne y evolución del pH muscular de conejos. NACAMEH Vol. 9, No. 2, pp. 66- 76, 2015

Londoño C, Juan, Mahecha L, Liliana, & Angulo A, Joaquín. (2019). Desempeño agronómico y valor nutritivo deTithonia diversifolia (Hemsl.) A Gray para la alimentación de bovinos. Revista colombiana de ciencia animal recia, 11(1), 28-41. https://doi.org/10.24188/recia.v11.n1.2019.693

Pérez-Martínez, K., García-Valencia, S., Soto-Simental, S., Zepeda-Bastida, A., & Ayala-Martínez, M. (2018). Parámetros productivos de conejos alimentados con diferentes partes de la planta Tithonia tubaeformis. Abanico veterinario, 8(2), 108-114.

Secretaría de Economía. (2005). *NMX-FF-105-SCFI-2005: Productos alimenticios no industrializados para uso humano – Carne de conejo – Especificaciones y métodos de prueba*. Dirección General de Normas.

PAS-31. Harina de frutipán (*Artocarpus altilis*), sobre los índices productivos y morfometría de órganos linfoides en pollos de engorde cobb 500

Luis Xavier Ramírez Gómez[1*], *Jhon Vicente Izquierdo Morán*[1], *Carlos Julio Cevallos Ortega*[1], *Edison Patricio Villacrés Cevallos*[2]

[1]Universidad Técnica de Babahoyo, Los Ríos, Ecuador.

[2]Universidad Nacional de Chimborazo, Chimborazo, Ecuador.

[*]Correspondencia a: lramirezg@utb.edu.ec

RESUMEN

El presente trabajo experimental se llevó a cabo con el objetivo de evaluar el comportamiento productivo, el rendimiento a la canal y la morfología de órganos linfoides en pollos de engorde, con el uso de la harina de frutipán (*Artocarpus altilis*) al 0%, 10 %, 20 %, 30 % como parte de la dieta alimenticia. Fueron utilizados 96 pollos sin sexar de la estirpe Cobb 500, de 1 a 42 días de edad, distribuidos de forma aleatoria en un diseño completamente al azar, en cuatro tratamientos y tres repeticiones con 8 pollos cada una. los cuáles se distribuirán en 12 unidades experimentales, 8 pollos por cada unidad. Los tratamientos serán T0 con 0% de h. de frutipán, T1 con 10% de la h. de frutipán, T2 con 20% de la h. de frutipán, T3 con 30%. Desarrollada esta investigación se obtuvo rendimiento a la canal al 0% de 76,80 %, al 10% se obtuvo un rendimiento a la canal de 76,26 %, al 20% se obtuvo un rendimiento a la canal de 77,34 %, al 30% se obtuvo un rendimiento a la canal de 75,01 %. El análisis morfométrico se llevó a cabo en la etapa de ceba (26- 42 días), tomando el registro de los datos de 4 pollos por tratamiento en la etapa de ceba, obteniéndose pesos en bazo, bursa, y timo. Se concluyó que hubo el 0 % de diferencias significativas en la morfometría de los órganos linfoides con los tratamientos al 0 %, 10 %, 20 %, 30 % en la etapa de ceba en cuanto a los resultados de los tratamientos al día 42 sobre los índices productivos, el más viable fue el tratamiento T3 al 30 % con el 0 % de diferencias significativas, al presentar un excelente rendimiento productivo y una relación costo/beneficio de $ 1,58 centavos.

Palabras clave: *Pollos de engorde, harina de frutipán, tratamientos, morfometría, resultados.*

ABSTRACT

The present experimental work was carried out with the objective of evaluating the productive behavior, carcass yield and morphology of lymphoid organs in broiler chickens, with the use of fruit flour (Artocarpus altilis) at 0%, 10%, 20%, 30 % as part of the diet. 96 unsexed chickens of the Cobb 500 strain, from 1 to 42 days of age, were used, randomly distributed in a completely randomized design (DCA), in four treatments and three repetitions with 8 chickens each. which will be distributed in 12 experimental units, 8 chickens for each unit. The treatments will be T0 with 0% h. of frutipán, T1 with 10% of the h. of frutipán, T2 with 20% of the h. of frutipán, T3 with 30%. Once this research was developed, a carcass yield of 76.80% at 0% was obtained, a carcass yield of 76.26% at 10% was obtained, and a carcass yield of 77.34% was obtained at 20%. At 30%, a carcass yield of 75.01% was obtained. The morphometric analysis was carried out in the fattening stage (26-42 days), recording data from 8 chickens per treatment in the fattening stage, obtaining weights in spleen, pouch and thymus. It was concluded that there were 0% significant differences in the morphometry of the lymphoid organs with the 0%, 10%, 20%, 30% treatments in the fattening stage in terms of the results of the treatments at day 42 on the productive indices, the most viable was the 30% T3 treatment with 0% significant differences, presenting excellent productive performance and a cost/benefit ratio of $ 1.58 cents.

Keywords: *Broiler chickens, fruit meal, treatments, morphometry, results*.

INTRODUCCIÓN

(CONAVE, 2021) indico que, "A nivel nacional en Ecuador actualmente la industria avícola representa el 3 % del PIB nacional, debido a que anualmente produce 3.500 millones de dólares y genera más de 300.000 empleos en toda la cadena productiva", lo que quiere decir que más de 300 mil familias de 18 624,562 habitantes en la actualidad dependen de esta industria, la misma que a pesar de haberse presentado la pandemia del covid-19 se mantuvo constante en su labor brindando alimento nutritivo, inocuo y de calidad en la mesa de los ecuatorianos.

Razón por la cual se denomina a Ecuador como un país autosustentable en cuanto al consumo interno de productos avícolas, por lo cual el país no se ha visto en la necesidad de exportar productos avícolas a países vecinos. De acuerdo con datos de la OCDE y la FAO, "Actualmente, el consumo per cápita mundial de carne de pollo se estima en 14.2 kg por persona por año y se estima que podría incrementarse 5.5 por ciento en la próxima década" (FIRA, 2019).

(CONAVE, 2022) informó que a nivel nacional en Ecuador: El consumo per cápita de pollo al año en el 2022 fue de 27,31 Kg por persona al año mientras que en el año 2023 este valor fue creciendo hasta llegar a los 30.14 kg por persona al año, por lo cual el sector avícola ecuatoriano se ha propuesto metas más grandes como brindar una alimentación con proteína de calidad no solo al Ecuador si no al mundo entero.



(El sitio Avícola, 2023) indico, "Que esta meta cada vez es más alcanzable y medible, debido a que por primera vez la industria avícola San Isidro (Avisid S. A), exporto 28 toneladas de carne de pollo desde Ecuador con destino a las Bahamas, la cual estaba correctamente evaluada por el MAG, y AGROCALIDAD, garantizando así su inocuidad y calidad, por lo cual este es solo el comienzo para que la carne de pollo sea otro rubro que se posiciones en las perchas internacionales y alcancen resultados favorables para el Ecuador, lo cual significaría el aumento de empleos en esta industria para los ecuatorianos/ as".

(Intriago Z, 2023) afirmo que, " Por ello las industrias dedicadas a la elaboración de alimentos balanceados tienen libertad absoluta para usar ingredientes y adictivos que cubran el requerimiento de las aves en su crecimiento hasta su venta siempre y cuando estos no causen problemas de salud pública en la población y satisfagan las demandas de los productores avícolas y consumidores como son la generación de productos que contengan mínimos residuos químicos que en un futuro sean causantes de enfermedades".

Razón por la cual el presente proyecto experimental se llevará a cabo para evaluar el efecto de la utilización de la harina de frutipán en la alimentación de pollos de engorde sobre sus índices productivos externos e internos, lo cual se determinara al llevar a cabo una revisión de las características morfométricas de los órganos linfoides de los mismos, debido a que uno de nuestros compromisos como médicos veterinarios es la seguridad alimentaria en la producción de alimentos que sean nutritivos e inocuos para los consumidores.

MATERIALES Y MÉTODOS

Tipo y diseño de Investigación

El siguiente trabajo experimental se llevará a cabo en el Rct. Estero de Damas, perteneciente al cantón Quinsaloma provincia de los ríos, Ecuador.

Dominio: recurso agropecuario, ambiente biodiversidad y tecnología.

Línea: Desarrollo agropecuario, Agroindustrial sostenible y sustentable.

Sub- Línea: Producción y Reproducción animal.

En el trabajo experimental se utilizará una investigación cuantitativa a través de un diseño completamente al azar "DCA" con 4 tratamientos y 3 repeticiones. Para las comparaciones se utilizará Harina de frutipán en tres porcentajes diferentes.

Tabla 1. *Condiciones Meteorológicas.*

Parámetros	Valor
Temperatura, ºC	26
Altitud, msnm	128 m
Latitud	-12.062
Humedad relativa %	68
Nubosidad %	73

Fuente: (City.com, 2024)

Población y muestra de investigación

Población

La investigación estará dirigida en la utilización de la harina de frutipán, para la alimentación de pollos de engorde.

Muestra

96 pollos de engorde de la linea cobb 500.

Técnicas e instrumentos de medición

Técnicas

Utilización de tres niveles de harina de frutipán en la alimentación de pollos de engorde cobb 500.

Instrumentos

Balanza, Mandil, Galpón, Termómetro, Molino, Cal viva, Amonio cuaternario, Cinta métrica, Jeringas.

Materiales

Concentrado para pollos de engorde más Harina de frutipán.

Materiales de campo

96 pollos de la línea cobb 500, Comederos, Bebederos, Focos, Tamo, Cortinas, Pala, Dietas experimentales (T0, T1, T2, T3).

Materiales biológicos (vacunas)

- Newcastle (Tipo la Sota).
- Bronquitis (Massachusetts).

Factores de estudio

T0: 0 % Harina de frutipán (*Artocarpus altilis*).

T1: 10 % Harina de frutipán (*Artocarpus altilis*).

T2: 20 % Harina de frutipán (*Artocarpus altilis*).

T3**:** 30 % Harina de frutipán (*Artocarpus altilis*).

En dietas alimenticias de pollos de engorde Cobb 500.

Procesamiento de datos

Manejo de las Aves

Se criaron 96 pollos de engorde sin sexar de la línea cobb 500, divididos en 12 grupos con 8 unidades de pollos cada grupo, a los cuales se les aplico un alimento formulado con el 0%, 10%, 20%, 30% de la H. de frutipán, en la etapa de ceba (26 – 42 dias). Las aves fueron vacunadas contra la enfermedad de Newcastle y Broquitis aviar.

Índices productivos

Peso inicial, gr

Se tomó un registro del pesó de las aves al inicio del experimento con la ayuda de una balanza digital en (gramos).

Peso final

Se registraron también los pesos a los 7, 14, 21, 28, 35, 42 días, hasta finalizar el ciclo productivo.

Ganancia de peso, gr

Se realizó mediante el registro de los pesos de las aves al inicio y al finalizar el experimento, mediante la siguiente formula (Tenías *et al*, 2021).

GP: (Peso final – Peso inicial).

Consumo de alimento, gr

Se pesó la cantidad de alimento que fue consumido día a día, por las aves y se registró el alimento sobrante, para determinar el consumo diario se trabajó con la siguiente formula:

Consumo total de alimento = Alimento ofrecido (gr) – Alimento Desperdiciado (gr).

Consumo de alimento (gr) = $Consumo\ total\ alimento N^{o}\ de\ aves$

Se obtiene mediante la suma del alimento consumido por lote y dividido para el número de aves por tratamiento (Intriago, 2023).

Conversión Alimenticia Acumulada (C.A.Ac)

C.A.Ac = Consumo Acumulado de Alimento (kg)Peso Final (kg)x Nº de Aves Vivas

Conversión alimenticia = Consumo total de alimento ganancia de peso

Mortalidad, %

Su registro se llevó a cabo desde el día 1 hasta el día 42 de edad de las aves, y calculo mediante la fórmula obtenida de (Diaz, 2016).

$$\% \text{ M. acumulada} = \frac{Número\ de\ aves\ muertas}{Número\ de\ aves\ iniciales}\ x\ 100$$

IEE (Índice de Eficiencia Europeo)

Esta variable se evaluó a los 42 días de edad y se obtuvo con la fórmula de a continuación (Espinoza C, y otros, 2029).

IEE: Supervivencia % x peso promedio al sacrificio (KG)Edad en dias x Conversión alimenticia Acumulada X 100

$$\% \text{ Supervivencia} = \frac{Nº\ de\ aves\ final}{Nº\ de\ aves\ inicial}x\ 100$$

Índice de Eficiencia Americano (I.E.A)

Esta variable se evaluó a los 42 días de edad, utilizando para este cálculo la siguiente formula, obtenida de (Caicedo *et al*. 2008).

I.E.A = Peso Promedio (Kg)Conversión alimenticia X 100

Rendimiento a la canal %

Para la determinación de este índice se consideró la diferencia entre el peso del pollo en pie y faenado libre de cabeza, cuello, plumas, patas y Vísceras, obtenido de (Montesdeoca, 2023).

Rendimiento a la canal % = Peso a la canal Peso Final x 100

Relación beneficio / costo (B / C), $

Beneficio / Costo = Ingresos Totales Egresos Totales

Evaluación Macroscópica

Se registró los pesos corporales un día a la semana en específico de 4 aves por cada 8 de los 12 grupos de aves al azar, hasta completar las etapas de desarrollo de las aves, por lo que para la realización del análisis morfométrico también se registró al día 41 y 42 los pesos individuales de la Bolsa de Fabricio, el Bazo y el timo, de cada 4 aves por tratamiento o grupo., Para así calcular la relación entre los órganos linfoides y el peso corporal (índices morfométricos) y la relación entre la bursa y el bazo, utilizando las fórmulas propuestas por (Grieve, 1991) donde:

Índice morfométrico = [Peso timo (gr)] / [peso corporal (gr)] x 1000.

Timo = [Peso timo (gr)] / [peso corporal (gr)] x 1000.

Bursa = [Peso bursa (gr)] / [peso corporal (gr)] x 1000.

Bazo = [Peso bazo (gr)] / [peso corporal (gr)] x 1000.

Relación bursa / bazo = Peso bursa (gr) / Peso bazo (gr).

El grado de atrofia en la bursa se midió con la escala de (Giambrone *et al*., 1982), donde 1.5 a 3.0 equivale a una bursa normal, 0.5 a 1.5 a una atrofia bursa, y un valor menor o igual a 0.5 equivale a una severa atrofia bursal (Silva, 2024).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla 2. *Índices productivos de pollos de engorde Cobb 500 de 1 a 42 días de edad, con la utilización de la h. de frutipán en su dieta alimenticia.*

Tratamientos	T0	T1	T2	T3	E.E	P	Significancia
Variables	0%	10%	20%	30%			
Peso Inicial/UA (g)	42,23 a	42,32 a	42,25 a	42,19 a			NS
Peso 42 días (lbs)	176	172	180	192			
Consumo de alimento, (kg)	120	120	120	120			
Ganancia de peso semana 1 (g)	1075,47 b	1077,47 ab	1088,69 ab	1105,17 a	6,42	0,0395	NS
Ganancia de peso semana 2 (g)	4499,47 b	5706,80 ab	6918,03 ab	6313,17 ab	523,69	0,0553	NS

Ganancia de peso semana 3 (g)	8854,13 ab	8733,47 b	8974,03 ab	11275,84 ab	551,82	0,033	NS
Ganancia de peso semana 4 (g)	12968,80 b	10549,47 C	14779,36 ab	15385,17 a	523,57	0,0008	NS
Ganancia de peso semana 5 (g)	17200,80 a	14778,80 b	17806,03 a	17806,51 a	427,87	0,003	NS
Ganancia de peso semana 6 (g)	26272,80 b	25666,80 b	26878,03 ab	28694,51 a	428,08	0,0054	NS
Conversión alimenticia (Kg)	1,47	1,43	1,5	1,6			
Rendimiento a la canal/ UA, %	76,80 a	76,26 ab	77,34 a	75,01 b	0,38	0,0135	NS
IEE	12930,4	12989,99	12959,78	12959,78			
IEA	5430,77	5455,79	5443,11	5443,11			
Mortalidad %	0	0	0	0			NS
B/C	1,45	1,42	1,48	1,58			

Nota. a, b, c: Medidas con letras diferentes en las filas que difieren significativamente (P < 0,05). P: significancia. T0; testigo, T1; 10 % de h. de frutipán, T2; 20 % de h. de frutipán, T3; 30 % de h. de frutipán. Fuente: García, E, 2024.

Peso Final (g)

En la variable peso a los 42 días (g), se observaron diferencias numéricas, donde el T3 reportó un valor de 87168 g y los tratamientos T0, T1, T2 mostraron valores de 79904 g, 78088 g y 81720 g respectivamente, siendo el tratamiento T3 el que mejor ganancia de peso tuvo por 24 UA, a los 42 días de edad en gramos.

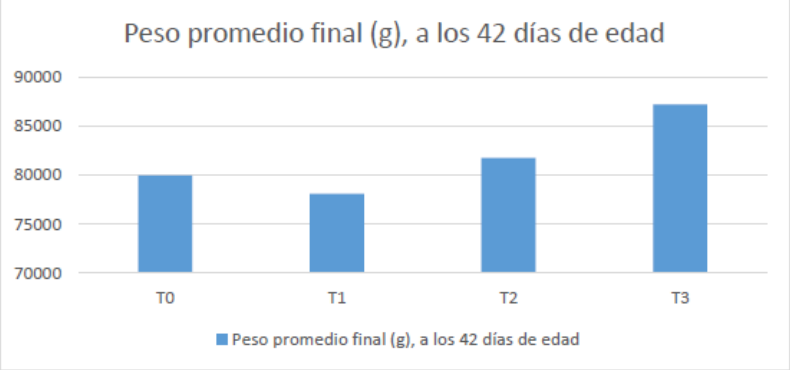


Gráfico 1. *Peso final en (gr), a los 42 días de edad. Fuente: García, E, 2024.*

Ganancia de peso, (g)

En el cuadro (cuadro 7), se observa que en la ganancia de peso (g) no se presentaron diferencias estadísticas significativas (p <0,05) entre los tratamientos; sin embargo, se puede destacar que T3 supera numéricamente a los demás tratamientos, mostrando un valor de 28718,51 g, a diferencia de los tratamientos T0, T1, T2 con los siguientes valores respectivos a cada tratamiento 26296,80 g, 25690,80 g y 26902,03 g.

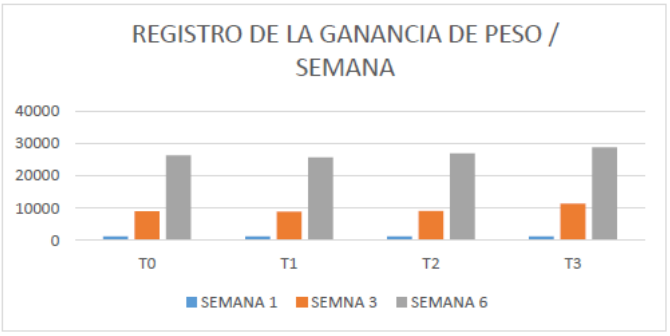


Gráfico 2. *Registro de la ganancia de peso de los pollos a los 42 días. Fuente: García, E, 2024.*

Rendimiento a la canal %

Con respecto al rendimiento a la canal no se observaron diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$), pero si diferencias numéricas entre los tratamientos en donde el mejor resultado lo obtuvo el T2 con un valor del 77,34 % por UA, al usar H. de frutipán al 20 %, a diferencia de los demás tratamientos.

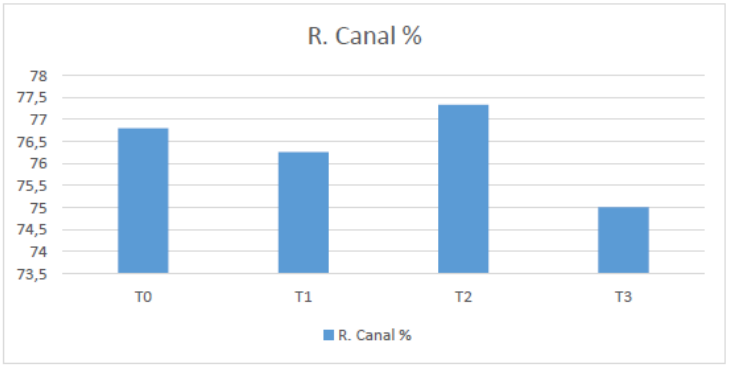


Gráfico 3. *Rendimiento a la canal. Fuente: García, E, 2024.*

Relación beneficio / costo (B / C), $

Al analizar la variable Relación beneficio / costo por tratamiento se reportó que el T3 presenta ganancia de $ 1.58 centavos por cada dólar invertido, debido a que se obtuvieron mayores ingresos mientras que los demás tratamientos tuvieron ingresos de T0 $1,45 centavos, T1$ 1,42 centavos, T2 $ 1,48 centavos respectivamente.

Evaluación Macroscópica

Tabla 3. *Comportamiento de órganos linfoides al suplementar harina de Frutipán, en la etapa de engorde de los pollos Cobb 500.*

Órganos linfoides	**Niveles de harina de frutipán**						
Variables	T0	T1	T2	T3	CV	P	Significancia
Peso vivo, gr	3284,10 b	3208,35 b	3359,75 ab	3586,81 a		0,0054	NS
Bazo, gr	0,89 a	0,30 b	0, 29 b	1,10 a	33,17	0,0001	NS
Bolsa de Fabricio, gr	0,40 bc	0,52 b	0,29 c	1,65 a	16,56	0,0001	NS
Timo, gr	2,26 ab	1,31 bc	3,23 a	0,55 c	55,03	0,0001	NS

Fuente: García, E, 2024.

El análisis estadístico con respeto a la variable evaluación macroscópica, de los órganos linfoide de las aves de engorde sometidas al tratamiento experimental determinó que, no se presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) en cuánto al peso de los órganos linfoides de las aves a los 42 días de edad, sin embargo, si se mostraron diferencias numéricas en cuanto al peso de los órganos en los diferentes tratamientos.

Ahora bien, Wehner (1999) en su investigación menciona que el peso mínimo de la bolsa fue 0,13 gr en la 1º semana, en tanto que en la 7º semana llegó a 2,36 gr, por otra parte, en la 1º semana de edad, el timo peso 0,16 gr, mientras que en la 7º semana registro 4,50 g. Con respecto del bazo, este pesó 0,06 gr durante la primera semana de edad llegando a 2,63 gramos en la 7º semana.

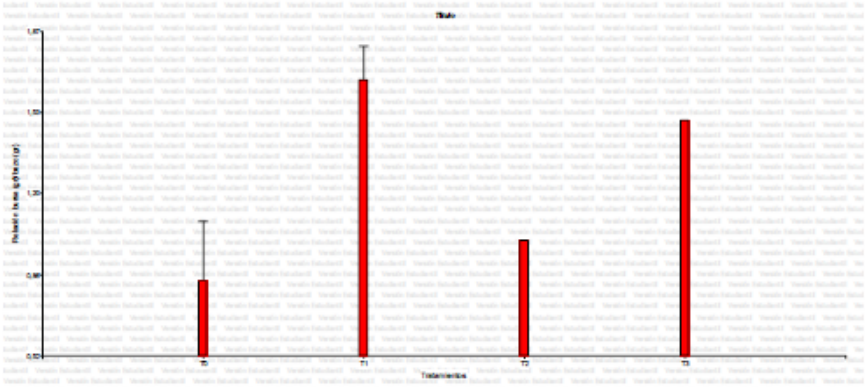


Gráfico 4. *Relación bursa/ bazo (gr). Fuente: García, E, 2024.*

En cuanto a la relación bursa/ bazo (Gráfico 4), no se obtuvo diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0,05$), pero si se mostraron diferencias numéricas en relación a los tratamientos en donde según el grado de atrofia de la bursa se determinó que el T1, T2, T3 presentaron el peso de una bursa normal con valores de 1,67 gr, 1 gr, 1,50 gr respectivamente, a diferencia del T0 que presento 0,83 gr de peso que equivalen atrofia bursal.

Brea *et al.*,(2015) demostraron que con el empleo de un 25 % de inclusión de harinas de frutos del árbol del pan (FES) fermentación en estado sólido, en la formulación de piensos para cerdos de la categoría precedente, se logró una Ganancia Media Diaria, (GMD) de 410 g/ día, valor que coincide con el recomendado por GRUPOR en sistemas de crianza intensiva en unidades especializadas, con alimentos convencionales, demostrando así que se puede sustituir hasta el 25 % del concentrado en la alimentación de los cerdos al emplear harinas de frutos del árbol del pan FES.

Mientras que el uso del T3 con el 30 % de harina de frutos del árbol del pan sin fermentar en estado sólido, en la formulación de la dieta alimenticia para la fase de ceba en pollos de engorde (26 – 42 días de edad), de la línea cobb 500, se logró una ganancia de peso de 3629,00 gr por cada unidad animal el T3R3., llegando estadísticamente cerca, según Maldonado, (2021) "al peso de 4, 759 gr que tendrían un animal al día 63 de edad, con balanceado comercial". Con un rendimiento a la canal del 75, 01 %, una conversión alimenticia de 1,32 gr para general un gramo de carne, un beneficio costo de 1,58 centavos y un parámetro de IEE de 5241,34.

CONCLUSIONES

Que en la evaluación de las dietas alimenticias con diferentes porcentajes de H. de frutipán, utilizadas en la etapa de ceba de los pollos de engorde Cobb 500, el registro que se obtuvo de las variables ganancia de peso diario, consumo alimenticio, rendimiento a la canal, conversión alimenticia, mortalidad, IEE, IEA y la morfométrio de los órganos linfoides no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos.

Que el tratamiento que obtuvo una mejor ganancia de peso (gr) al día 42 de edad de los pollos usados en la investigación fue el T3 con el 30 % de h, de frutipán con un valor de 870,897 kg, a diferencia de los demás tratamientos sobresaliendo estadísticamente a las diferentes dietas.

Se observó también que el T2 con el 20 % de la h, de frutipán fue el que

obtuvo el mayor rendimiento a la canal con un 77, 34 % a diferencia del T3 al 30 % el cual obtuvo el menor rendimiento a la canal con un 75, 01 % al día 42 de edad de los pollos, la mayor conversión alimenticia la obtuvo el tratamiento T1 con un valor de 1, 48 con el empleo de Balanceado formulado + 10 % de harina de frutipán, mientras que la menor conversión alimenticia correspondió al T3 con un valor de 1, 32 al usar Balanceado formulado + 30 % de harina de frutipán, el mayor beneficio neto lo obtuvo el tratamiento que se utilizó Balanceado Formulado + 30 % de harina de harina de frutipán, con $ 1, 54 centavos por cada dólar invertido.

En cuanto al análisis de los órganos linfoides no se obtuvo diferencias estadísticas significativamente diferentes al ($p < 0,05$), en el test de Tukey.

BIBLIOGRAFÍA

Brea Maure, O., Ortiz, A., Elías, A., Herrera, F., & Motta , W. (08 de Mayo de 2015). *Engormix*. Obtenido de Empleo de la harina de frutos del árbol del pan (Artocarpus altilis) fermentada en estado sólido en dietas para cerdos en preceba: https://www.engormix.com/porcicultura/alimentacion-cerdos/empleo-harina-frutos-arbol_a31952/

CAICEDO ALBUJA, D. E., & WILLIAN ARMANDO, Q. N. (29 de julio de 2008). *UTN*. Obtenido de Incidencia de dos tipos de luz y su intensidad luminosa sobre el desempeño productivo del pollo de engorde lines Ross, Tumbabiro - Urcuqui: https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/166/1/03%20AGP%2062%20ARTICULO%20CIENTIFICO.pdf

CONAVE. (29 de Julio de 2021). Importancia del sector avícola al país. Obtenido de https://conave.org/importancia-del-sector-avicola-al-pais/

CONAVE. (Diciembre de 2022). Estadísticas del Sector Avícola . Obtenido de Corporación Nacional de Avicultores del Ecuador: https://conave.org/informacion-sector-avicola-publico/

FIRA. (Agosto de 2019). FIDEICOMISOS INSTITUIDOS EN RELACIÓN CON LA AGRICULTURA. Obtenido de https://s3.amazonaws.com/inforural.com.mx/wp-content/uploads/2019/09/29173801/Panorama-Agroalimentario-Carne-de-pollo-2019.pdf

El sitio Avicola. (14 de Diciembre de 2023). Obtenido de https://www.elsitioavicola.com/poultrynews/34533/exportacian-de-carne-de-pollo-desde-ecuador-llega-a-las-15-millones-de-libras-en-2023/#:~:text=La%20primera%20exportaci%C3%B3n%20fue%20en,Fito%20y%20Zoosanitario%20(Agrocalidad).

Giambrone, J., Yu, M., & Eckman, K. (1982). Field trials with oil emulsion infectious bursal disease vaccine in broiler breeder pullets. *Poultry Sci 61*, (págs. 1823-1827).

Grieve, D. (1991). Inmunología aviar y aplicaciones prácticas. *XII Congreso Latinoamericano de Avicultura.* Quito, Ecuador. Obtenido de XII Congreso Latinoamericano de Avicultura.

Intriago zambrano, m. e. (Julio 2023). parámetros productivos de pollos parrilleros en pastoreo utilizando balanceado comercial. Obtenido de https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/2170/1/TIC_MV32D.pdf

City.com. (09 de agosto de 2024). Obtenido de Demografía de Quinsaloma: https://es.db-city.com/Ecuador--Los-R%C3%ADos--Quinsaloma

Diaz Tejada, J. (21 de Julio de 2016). *PLANTILLA POLLO ENGORDE PRONAVICOLA*. Obtenido de Pronavícola: https://www.pronavicola.com/contenido/webinar/PlantillaPollo201607.pdf

Espinoza C, S., Icochea D, E., Reyna S, P., San Martín, V., Cribillero B, N. G., & Molina M, D. (marzo de 2019). *Rendimiento productivo de pollos de engorde suplementados con tilosina fosfato o enramicina como promotores de crecimiento*. Obtenido de Scielo: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1609-91172019000100048&script=sci_arttext&tlng=pt

Intriago Ruiz, L. I. (2023). *Evaluación de la inclusión de dos fuentes de fosfato dicálcico en dietas de pollos de engorde en la Ciudad de Santo Domingo, Ecuador*. Obtenido de UTB: http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/13953/TE-UTB-FACIAG-MVZ-000040.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Maldonado Pinto, O. D. (Junio de 2024). *Zamorano*. Obtenido de Estimación de función de producción para pollo de engorde cobb 500: https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/dc5627c3-9957-4b5e-a330-65e7ecad3374/content#:~:text=La%20l%C3%ADnea%20Cobb%20500%20es,de%2016%20a%2035%20d%C3%ADas

Montesdeoca Buestán, M. S. (2023 de mayo de 2023). *ESPC*. Obtenido de Evaluación del comportamiento productivo de pollos broiler utilizando un promotor de crecimiento promyze new, en dietas 0, 2 y 4 % menos de la relación energía/ proteína, en el cantó Morona: http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/19587/1/17T01888.pdf

Tenías Campos, J., Alfaro Escalona, M., Rivas Nichorzon, M., Cárdenas Ramírez, L., & SilvaAcuña, R. (11 de febrero de 2021). *Caracteristicas productivas en pollos de engorde utilizando harina de orégano como promotor del crecimiento*. Obtenido de Espamciencia para el agro: file:///C:/Users/user/Downloads/283-Texto%20del%20art%C3%ADculo-981-1-10-20220103.pdf

Wehner Venegas, R. O. (17 de agosto de 1999). *Caracterización del desarrollo de la bolsa de Fabricio, Timo y Bazo en pollos broiler comerciales*. Obtenido de UAC: http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/1999/fvw413c/doc/fvw413c.pdf

PAS-32. Estrategia de manejo para la optimización productiva en ovinos Pelibuey blanco en un ecosistema costero del sureste de Cuba

Management strategy for productive optimization in white Pelibuey sheep in a coastal ecosystem in southeastern Cuba

J. V. Wright Ramírez[1*]; *Lourdes K. Salazar Cañamero*[2]; *Osmel León Peña*[1]; *Norge Fonseca Fuentes*[2]; *Eliecer Pérez Pineda*[2]

[1]Instituto de Investigaciones Agropecuarias "Jorge Dimitrov". Carretera vía Manzanillo km 16½, Peralejo, Bayamo, Granma, Cuba.

[2]Universidad de Granma. Carretera vía Manzanillo km 17, Peralejo, Bayamo, Granma, Cuba.

[*]Correspondencia a: jvwright@dimitrov.cu

RESUMEN

Durante 2023-2024 se evaluó el comportamiento productivo de ovinos Pelibuey cubano, del tipo blanco, mantenidos en las condiciones de un ecosistema costero del sur oriental de Cuba. La unidad contaba con 80 reproductoras, en la que se practicó como estrategia un sistema basado en pastoreo rotacional alterno, que dio prioridad a reproductoras próximas al parto y paridas hasta 30 días, las que rotaron sin crías en el Potrero de Maternidad, diseñado con baja carga, la inclusión de gramíneas mejoradas, leguminosas rastreras y arbustivas, sombra natural y agua permanente; estabulación de crías hasta 60 días de edad; pastoreo juntas reproductoras y crías desde 60-120 días (destete); complementación con forraje de plantas proteicas y *Cenchrus purpureus*, presecados y molidos mezclados en una proporción 20:80. Se determinaron indicadores reproductivos: natalidad, prolificidad, peso al nacer (PN); de salud: mortalidad de crías; y de crecimiento: peso al destete (PD), pesos a 10 meses de machos (PV-10m), a 12 meses de hembras (PV-12h) y de reproductoras (PV-R). Se controlaron los factores tipo de parto y sexo. Se encontró superioridad ($p<0,05$) de los partos simples en PN. Se alcanzaron promedios generales de 78% natalidad; 1,2 crías/parto; 2,6 kg PN; 13,7 kg PD; 32,2 kg PV-10m; 27 kg PV-12h; 30 kg PV-R primer parto y 34,6 kg de otros partos; 1,2% mortalidad de crías. Se concluye que, con la estrategia de manejo empleada bajo condiciones edafoclimáticas de ecosistema costero, se logra optimizar la crianza ovina con indicadores reproductivos, de salud y crecimiento cercanos a los valores referenciales para el ovino Pelibuey en Cuba.

Palabras clave: *prolificidad, peso vivo, crecimiento, mortalidad.*

ABSTRACT

During 2023-2024, the performance of white Cuban Pelibuey sheep was evaluated, maintained in the conditions of a coastal ecosystem in southeastern Cuba. The unit had 80 breeding sows and practiced a system based on alternate rotational grazing, which gave priority to sows close to parturition and those that had given birth up to 30 days old. These sows rotated without offspring in the Maternity Paddock, designed with a low stocking rate, the inclusion of improved grasses, creeping and shrubby legumes, natural shade, and permanent water; housing offspring until 60 days of age; grazing of breeders and offspring together from 60-120 days (weaning); and supplementation with protein plant forage and pre-dried and mixture ground with *Cenchrus purpureus*. Reproductive indicators were determined: natality, prolificacy, birth weight (BW); health indicator: offspring mortality; and growth indicators: weaning weight (WW), 10-month weights for males (LW-10m), 12-month weights for females (LW-12f) and for sheeps (LW-Sh). The factors of birth type and sex were controlled. A superiority ($p<0.05$) was found for singleton births in PN. The overall averages were 78% birth rate; 1.2 offspring/birth; 2.6 kg BW; 13.7 kg WW; 32.2 kg LW-10m; 27 kg LW-12f; 30 kg LW-Sh first birth and 34.6 kg other births; and 1.2% offspring mortality. It is concluded that, with the management strategy employed under the soil and climate conditions of a coastal ecosystem, sheep breeding is optimized with reproductive, health, and growth indicators close to the reference values for Pelibuey sheep in Cuba.

Keywords: *prolificacy, live weight, growth, mortality.*

INTRODUCCIÓN

Los ovinos Pelibuey representan una de las principales razas de pelo adaptadas a los climas tropicales y subtropicales de América Latina, destacándose por su rusticidad, prolificidad y capacidad de adaptación a ambientes cálidos y húmedos. En los últimos años, su presencia en ecosistemas costeros ha cobrado relevancia, dado que estos sistemas ofrecen condiciones particulares de vegetación, humedad y salinidad, que pueden influir significativamente en el comportamiento y productividad de los animales (Gobierno del Estado de Tamaulipas, 2019).

En investigaciones recientes se ha demostrado que, aunque los forrajes disponibles en los ecosistemas costeros suelen tener buena calidad, la oferta de energía metabolizable y proteína puede ser insuficiente en ciertas épocas del año, lo que obliga a los animales a modificar su comportamiento de pastoreo y ramoneo para compensar estas limitaciones (López-Ortiz et al., 2021).



La comprensión de cómo los ovinos Pelibuey, en especial los del tipo blanco, interactúan con estos ambientes, es fundamental para optimizar su manejo y maximizar la sostenibilidad de los sistemas de producción ovina en zonas costeras. De hecho, existe una brecha de conocimiento respecto al desempeño productivo del biotipo blanco de Pelibuey bajo sistemas de manejo que combinen el pastoreo rotacional alterno con la suplementación estratégica, utilizando recursos forrajeros locales disponibles en estas zonas costeras. Estudios previos se han centrado en parámetros productivos generales; en cambio, pocos han analizado de forma integrada los indicadores reproductivos, de salud y de crecimiento bajo un sistema estructurado como el descrito.

El objetivo del estudio fue determinar el comportamiento de indicadores reproductivos, de crecimiento y salud de ovinos Pelibuey blanco bajo un sistema de manejo con pastoreo rotacional alterno y suplementación estratégica en un ecosistema costero del sur oriental de Cuba.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló durante el período 2023-2024 en un rebaño de ovinos Pelibuey cubano, del tipo blanco, mantenidos en un Centro Multiplicador Integral ubicado en la costa sur del municipio Pilón, provincia de Granma, Cuba. El rebaño contaba con 80 reproductoras y 9 sementales, los que mantenían una relación de 12 reproductoras/semental, con rotación mensual de los machos que permanecían en reposo, separados del rebaño en reproducción.

Los animales de diferentes categorías (reproductoras con crías, desarrollo hembra, desarrollo-ceba macho) se mantuvieron separados en los corrales de sombra y pernocta y en el pastoreo, el cual se condujo de forma rotacional alterna, al contar entre 2 a 4 potreros por categoría, con una carga de 0,7 UGM.ha^{-1}, con predominio de pastos naturalizados, arborizados con *Gliricidia sepium* y *Pithecellobium dulce* con baja densidad.

Se practicó un sistema que dio prioridad a reproductoras próximas al parto y paridas hasta 30 días, las que pastaron sin crías en el Potrero de Maternidad, diseñado con baja carga, la inclusión de las gramíneas mejoradas *Megathyrsus maximus* y *Cenchrus ciliaris*, leguminosas rastreras (*Macropthilium atropurpureum*, *Terannus labialis*, *Neonotonia witti*, *Centrosema pubescen*) y arbustivas (*Gliricidia sepium* y *Pithecellobium dulce*), sombra natural y agua permanente; estabulación de crías hasta 60 días de edad, con la presencia de la gatera de suplementación con acceso exclusivo de las crías; pastoreo juntas reproductoras y crías desde 60 a 120 días, momento en que se produjo el destete; complementación al pasto y a la leche de las crías con forraje de plantas proteicas (*Moringa oleifera*, *Morus alba*) y *Cenchrus purpureus*, ambos presecados y molidos mezclados en una proporción 20:80.

Se determinaron los indicadores reproductivos: natalidad, prolificidad y peso al nacer (PN); de salud: mortalidad de crías; y de crecimiento: peso al destete (PD), peso a los 10 meses de machos (PV-10m), peso a los 12 meses de las hembras (PV-12h) y peso de las reproductoras (PV-R). Se controlaron los factores sexo de la cría, tipo de parto y número de parto. Se utilizaron como parámetros de referencia de cada uno de estos indicadores, los señalados por Fonseca (2003) y Fonseca et al. (2008).

Se les realizó análisis de varianza simple a las variables PN y PD, en los que se controló los efectos aislados sexo y tipo de parto; a las variables PV-10m y PV-12h con el tipo de parto como factor; y PV-R según número de parto, usando el paquete estadístico IBM SPSS Statistics ver. 25.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El comportamiento de los indicadores reproductivos y de salud (Tabla 1) de ovinos Pelibuey tipo blanco en un ecosistema costero de Cuba reportó una natalidad del 78%, ligeramente inferior al parámetro de referencia del 85% propuesto por Fonseca (2003) y Fonseca et al. (2008). Esta ligera diferencia puede atribuirse a factores ambientales específicos del ecosistema costero, aunque la tasa sigue siendo adecuada para sistemas de producción tropical (Souza et al., 2010). Similar efecto mostró el indicador prolificidad, con un valor de 1,2 crías por parto, en comparación con estándar de 1,3 señalado por los mismos autores anteriores.

Tabla 1. *Indicadores reproductivos y de salud de ovinos Pelibuey blanco en un ecosistema costero.*

Indicador	Factor	Media ±EE	Parámetro de Referencia (según Fonseca, 2003; Fonseca et al., 2008)
Natalidad, %	Rebaño	78,0 ±1,5	85,0
Crías por parto	Rebaño	1,2 ±0,2	1,3
Peso al Nacer, kg	Hembras	2,5 ±0,3	2,8
	Machos	3,0 ±0,1	3,2
Peso al Nacer*, kg	Parto simple	3,0^{a} ±0,1	3,0
	Parto múltiple[1]	2,2^{b} ±0,2	2,5
Mortalidad de crías, %	Rebaño	1,2 ±0,5	10,0

** p<0,05 ^{ab} Medias con letras distintas difieren significativamente para p<0,05. [1]Más de 94% son partos dobles*

El peso al nacer presentó diferencias significativas ($p<0.05$) entre partos simples y múltiples, siendo mayor en partos simples (3,0 kg) que en dobles (2,2 kg). Este comportamiento concuerda con otros estudios en ovinos tropicales donde el peso de los neonatos disminuye en partos múltiples debido a la competencia intrauterina por nutrientes (Ferguson et al., 2017). En cambio, el peso al nacer en machos (3,0 kg) y hembras (2,5 kg), un efecto típico similar al reportado en los parámetros de referencia.

La mortalidad de crías fue excepcionalmente baja (1,2%), muy por debajo del 10% habitualmente reportado en sistemas extensivos tropicales. Este hallazgo indica la efectividad del sistema de manejo aplicado, que incluye estabulación de crías hasta los 60 días y complementación proteica con *Moringa oleifera* y *Morus alba*, favoreciendo la supervivencia temprana y la salud del grupo (Serrano et al., 2024).

Al analizar los indicadores de crecimiento (Tabla 2), en el peso al destete, los valores promedios fueron de 12,9 kg en hembras y 14,0 kg en machos, inferiores a los parámetros de referencia (14 y 16 kg, respectivamente), probablemente por limitaciones de la disponibilidad del pasto naturalizado predominante, como alimento básico, propias de ambientes costeros salinos, a pesar de la inclusión de gramíneas mejoradas.

Tabla 2. *Indicadores del crecimiento de ovinos Pelibuey blanco en un ecosistema costero.*

Indicador	Factor	Media ±EE	Parámetro de Referencia (según Fonseca, 2003; Fonseca et al., 2008)
Peso al Destete, kg	Hembras	12,9 ±0,6	14,0
	Machos	14,0 ±1,2	16,0
Peso al Destete, kg	Parto simple	13,6 ±0,2	16,0
	Parto múltiple[1]	13,0 ±0,5	15,0
Peso de Machos a 10 meses, kg	Parto simple	32,6 ±1,3	34,0
	Parto múltiple[1]	31,9 ±1,5	34,0
Peso de Hembras a 12 meses, kg	Parto simple	27,4 ±1,8	30,0
	Parto múltiple[1]	26,5 ±1,5	30,0
Peso de Reproductoras*, kg	Primer parto	29,9[b] ±2,0	32,0
	Otros partos	34,6[a] ±3,8	38,0

** p<0,05 [ab] Medias con letras distintas difieren significativamente para p<0,05. [1]Más de 94% son partos dobles.*

En el crecimiento posdestete, los pesos a los 10 meses para machos y a los 12 meses para hembras presentaron valores cercanos a las referencias, con ligeras diferencias, al parecer no significativas. Esto sugiere que los programas de alimentación suplementaria y manejo rotacional de pasturas permiten compensar las limitaciones iniciales de peso, apoyando la eficiencia productiva del sistema (Serrano et al., 2021).

Las reproductoras primerizas mostraron un peso significativamente menor (29,9 kg) que las de partos posteriores (34,6 kg), indicando el impacto de la madurez fisiológica y el efecto acumulativo de las temporadas reproductivas en la condición corporal, un dato que es relevante para el manejo nutricional durante el ciclo reproductivo.

El sistema de manejo con enfoque en reproductoras próximas al parto y el uso del Potrero de Maternidad con baja carga y gramíneas mejoradas, demuestra ser una estrategia efectiva para mejorar la condición reproductiva y aumentar la sobrevivencia y crecimiento de las crías (Herrera, 2021). La inclusión de plantas proteicas presecadas como Moringa y Morus, resalta la importancia de los suplementos en sistemas pastoriles tropicales para optimizar la producción ovina.

Finalmente, los resultados sugieren que la mejora genética y el ajuste en la suplementación nutricional, junto con un manejo reproductivo puntual, podrían optimizar aún más los indicadores productivos del rebaño, contribuyendo a una producción sostenible y rentable de ovinos Pelibuey en ambientes costeros de zonas tropicales con limitaciones ambientales y disponibles de recursos naturales como el estudiado.

CONCLUSIONES

Se concluye que, con la estrategia de manejo basada en el pastoreo rotacional alterno y suplementación estratégica bajo condiciones edafoclimáticas de ecosistema costero, se logra optimizar la crianza ovina con indicadores reproductivos, de salud y crecimiento cercanos a los valores referenciales para el ovino Pelibuey en Cuba.



BIBLIOGRAFÍA

Ferguson, D. M., Fisher, A., Colditz, I. G., & Lee, C. 2017. Future challenges and opportunities. Sheep welfare. Advances in Sheep Welfare. (pp.285-293). Woodhead Publishing.

Fonseca. N. 2003. Contribución al estudio de la alimentación del ovino cubano. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Medicina Veterinaria. Instituto de Ciencia Animal. La Habana Cuba.

Fonseca Fuentes, N.; Costa Gómez, P.J.; La O Arias, M.; Ponce Palma, Isela; Vázquez Aldana, J.; Miranda Miranda, O. 2008. Resultados del metabolismo energético del ovino Pelibuey bajo las condiciones de Cuba. Revista de Producción Animal, 20 (1): 3-7. ISSN 0258-6010. Gobierno del Estado de Tamaulipas (2019). Pelibuey. https://www.tamaulipas.gob.mx/campo/wpcontent/uploads/sites/40/2019/10/pelibuey.pdf

Herrera J, Carmenate, O. 2021. Procedimiento de pesquisa-extensión tecnológica para la alimentación sostenible dos ovinos, resultados preliminares. Cooperativismo y desarrollo. versión On-line ISSN 2310-340X Coodes vol.9 no.1 Pinar del Río ene.-abr. 2021. Epub 30-Abr-2021.

López-Ortiz, S., Valenzuela-Gonzalez, V., Pérez-Ramírez, E., Vargas-Mendoza, M. de la C., Jarillo-Rodríguez, J., Salazar-Ortiz, J., & Díaz-Rivera, P. (2021). Comportamiento de forrajeo y consumo de materia seca por ovinos en un sistema silvopastoril: Foraging and Intake in silvopastoral systems. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios, 8(II). https://doi.org/10.19136/era.a8nII.2913

Serrano J.O, Martínez-Melo J, Sieiro M. Grethel, Fonseca. F.N, Dong M.M.F. 2021. Physiological and environmental indicators as predictors of heat stress in sheep of the Pelibuey breed. Volumen 8 | Número 3 Agroecosistemas| Revista para la transformación agraria sostenible ISSN: 2415-2862.2021.

Serrano J.O, Martínez-Melo J, Sieiro M. Grethel, Fonseca. F.N, Rodríguez M. Aliana, Matos P. M.2024. Escenarios bioclimáticos para los sistemas de producción de ovinos en Ciego de Ávila, Cuba. Animal Science S.I, López Cuban Journal of Agricultural Science. Journal site: https://cjascience.com Cu-ID: https://cu-id.com/1996/v58e14. Volume 58, January-December 2024, ISSN: 2079-3480

Souza, B. B., Oliveira, I. J., Mellace, E. M., Siqueira, R. F., Zotti, C. A., & Garcia, P. R. 2010. Avaliação do ambiente físico promovido pelo sombreamento sobre o proceso termorregulatório em novilhas leiteiras. Agrop Cientif No Semi-Árido, 6(2), 59-65.

PAS-33. Influencia del consumo voluntario de la ración totalmente mezclada con la inclusión del forraje de *Tithonia diversifolia* (Helms) A. Gray en el perfil lipídico del queso caprino

Influence of voluntary consumption of the fully mixed ration with the inclusion of Tithonia diversifolia (Helms) A. Gray forage on the lipid profile of goat cheese

Yandre Soto Rodríguez[1], Delfín Gutiérrez González[2], Marlon Fernández Maragoto[1], Yarisleiby Cruz Cruz[1]*

[1]Universidad Agraria de la Habana, Mayabeque, Cuba.

[2]Instituto de Ciencias Animal, Mayabeque, Cuba.

[*]Correspondencia a: ysotorodriguez@gmail.com

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar la influencia del consumo de la ración totalmente mezclada con la inclusión del forraje arbóreo de *Tithonia diversifolia* vc IcaCuba Oc-10 en las variaciones del perfil lipídico del queso caprino. Organizados de forma aleatoria en dos grupos (n=20) se utilizaron 40 cabras de la raza Anglo Nuvia, peso vivo promedio 29.33±3.08 kg, 3.0 ±1.3 años y 149 ±71.0 días de lactación. Durante 23 semanas las cabras fueron manejados de forma restringida (6h diurna) en un sistema extensivo de pastoreo compuesto por diversidad de géneros y especies de gramíneas, leguminosas y arbóreas y suplementadas al encierro en la nave (06:30pm) con la ración totalmente mezclada fresca (70%: *Tithonia diversifolia* + gramíneas: 10%: *Cenchrus purpureus híbrido* Cuba OM-22 + 20% caña de azúcar) a libre voluntad. Los tratamientos consistieron en T_0: pastoreo y T_1: pastoreo + suplementación c/ración totalmente mezclada. Se determinó el consumo voluntario de materia seca y la caracterización del perfil lipídico del queso caprino. Los resultados del grupo experimental logran incrementar el consumo de materia seca (1.17kg d^{-1}, 3.3 % PV, 81,89 g kg PV^{075}, p<0,0001). Además de que en el propio tratamiento el 28.82 % del total de lípidos fueron insaturados (MUFA+PUFA) con alta concentración de C18:2 (linoleico: 1.67 %) y C18:3 (α-linolénico: 0.78 %). Se concluye que la ración totalmente mezclada mejoró el consumo voluntario de materia seca a la vez que incremento la concentración de los ácidos grasos insaturados (MUFA, PUFA) y la proporción de ácidos grasos linoléico y α-linolénico en el queso caprino.

Palabras clave: *consumo, perfil lipídico, queso caprino, ración*

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the influence of the consumption of a fully mixed ration with the inclusion of tree forage *Tithonia diversifolia* cv. IcaCuba Oc-10 on the variations in the lipid profile of goat cheese. Forty Anglo Nuvia goats were randomly organized into two groups (n=20). Average live weight was 29.33±3.08 kg, 3.0±1.3 years of age, and 149±71.0 days of lactation. For 23 weeks the goats were managed in a restricted manner (6 hours a day) in an extensive grazing system composed of a diversity of genera and species of grasses, legumes and trees and supplemented to the confinement in the shed (06:30 pm) with the fresh fully mixed ration (70%: *Tithonia diversifolia* + grasses: 10%: *Cenchrus purpureus* hybrid Cuba OM-22 + 20% sugarcane) at will. The treatments consisted of T0: grazing and T1: grazing + supplementation with a fully mixed ration. Voluntary dry matter intake and lipid profile of goat cheese were determined. The results of the experimental group achieved an increase in dry matter intake (1.17 kg d-1, 3.3 % LW, 81.89 g kg LW 075, p < 0.0001). In addition, in the treatment itself, 28.82 % of the total lipids were unsaturated (MUFA + PUFA) with a high concentration of C18:2 (linoleic: 1.67 %) and C18:3 (α-linolenic: 0.78%). It is concluded that the fully mixed ration improved voluntary dry matter intake while increasing the concentration of unsaturated fatty acids (MUFA, PUFA) and the proportion of saturated fatty acids. linoleic and α-linolenic fatty acids in goat cheese.

Keywords: *consumption, lipid profile, goat cheese, portion*

INTRODUCCIÓN

Dentro de las estrategias que pueden incrementar la disponibilidad y calidad de la dieta para rumiantes está el uso de los árboles y arbustos forrajeros, material celuloso capaz de incrementar el aporte de nutrientes, principalmente de proteína, así como mejorar la digestibilidad de la dieta y aumentar el consumo voluntario por animal (Franzel et al. 2014).

De manera que desarrollar alternativas tecnológicas que permitan utilizar el material arbóreo como recurso alimentario disponible a nivel local para rumiantes, permitiría cubrir la demanda de nutrientes y mitigar las penurias estacionales de biomasa (Guevara et al. 2012).

En este sentido utilizar como estrategia de alimentación la ración totalmente mezclada (RTM) tendría la oportunidad de ofertar un aporte balanceado de nutrientes, maximizar el consumo de materia seca, optimizar la digestión ruminal y reducir la selección del alimento por el animal, seguido del incremento de la ingesta (Elizondo-Salazar, 2006).



Al respecto pidiéramos referir que en el contexto actual de la ganadería nacional se extiende en la práctica alimentaria el empleo de la mezcla de árboles y arbustos forrajeros, en particular con *Tithonia diversifolia*, más *Cenchrus purpureus* y caña de azúcar, como parte básica de la ración totalmente (RTM) o parcialmente mezclada (RPM) como suplemento cuando se incluye el pastoreo en las diferentes especies de rumiantes menores y mayores (Gutiérrez y Ramírez, 2023).

Por otra parte, los resultados de investigación evidencian que los cambios que ocurren en el perfil de ácidos grasos de la leche y el queso tiene su origen en la síntesis de *novo* en la glándula mamaria y en la sangre, que surgen a partir de la dieta y los procesos de biohidrogenación que ocurren en el rumen, así como, a la movilización del tejido adiposo (Cartay et al. 2024). O sea, según el propio autor el perfil lipídico pude ser afectado por factores intrínsecos y externos. Dentro de la primeros la raza, genotipo, paridad, etapa de lactancia, producción de leche y en el segundo la composición de la dieta, manejo del rodeo, frecuencia de ordeñe y la estación del año, entre otros

A partir de lo anterior el presente estudio tuvo como objetivo determinar el efecto del consumo de la ración totalmente mezclada (RTM) con la inclusión del forraje arbóreos de *Tithonia diversifolia* vc IcaCuba Oc-10*, Cenchrus purpureus* híbrido Cuba OM-22, y caña de azúcar en el perfil lipídico del queso caprino.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización: unidad caprina 026 ubicada en la granja docente, científica y productiva "El Guayabal", entidad perteneciente a la Universidad Agraria de la Habana (UNAH) "Fructuoso Rodríguez Pérez", a una altura de 327 m.s.n.m., 402 mm de precipitaciones en 173 días promedio, 29°C de temperatura media y 77 % humedad relativa promedio anual.

Animales y diseño: Durante 23 semanas se estudiaron 40 cabras adultas de la raza Anglo Nuvia, procedentes de un rebaño comercial, con peso vivo promedio de 29.33±3.08 kg PV, 3.0 ±1.3 años de edad, 2.56 ±0.50 puntos de condición corporal, 149 ±71.0 días en fase de lactación instantánea y con un solo ordeño (07:00am) de forma manual, reproductoras que fueron organizadas mediante un diseño completamente aleatorizado (DCA) en dos grupos (n=20) para poder aplicar los diferentes tratamientos experimentales en estudio.

Tratamientos

To $_{(control)}$: pastoreo

T1$_{(tratamiento)}$: pastoreo + suplementación c/ración totalmente mezclada (RTM)

La totalidad de los animales fueron manejados en un sistema extensivo de pastoreo mixto (matorral) compuesto por diversidad de géneros (gramíneas, leguminosas, arbóreas) y especies de plantas, con composición química variada (MS:89.42±1,87%, PB:21.61±6.10%, EM:1.96±0.37Mcal/kg, MS,FDN:56.84±9.84%, FAD: 44.31±13.15%, C:8.52±1.01%, DMS:54.8±10.24%, DMO: 56.10±10.75%, MODMS:50.76±9.73 aminoácidos: Glicina:1.15%, Treonina: 1.02, Alanina:1.24, Tirosina:2.15%, Prolina1.15%, Metionina:0.40%, Valina:1.05%, Leucina:1.23%, Lisina:0.74%, Cistina:0.12%).

El acceso de los animales al pastoreo fue de forma restringida (6h: 08:30 am-06:00pm) en la sesión diurna, con encierro intermedio en la nave de sombra durante las horas medias del día (12:30am-2.00pm) con accesos al agua y sales minerales a libre voluntad para posteriormente devolverse al pastoreo, hasta el retorno a la nave al cierre de la sesión diurna , momento en que se ofertó una ración totalmente mezclada (RTM) fresca a libre voluntad compuesta por forraje arbóreo de 70%: *Tithonia diversifolia* y gramíneas: 10%: *Cenchrus purpureus híbrido* Cuba OM-22 y 20% caña de azúcar, con 50, 60 y 294 días entre cortes sucesivos, respectivamente y de alto valor nutritivo (MS :23.10%, PB:13.73%, EM:2.75Mcal/kg MS, FAD: 21.01%, DMS:72.53%, DMO: 75.16% y MODMS: 67.96%, y Ácido grasos saturados (SFA:41.84%), monosaturados (MUFA:20.66%) y polinsaturado (PUFA:37.50%). Para el consumo de la RTM los animales tuvieron un periodo de adaptación de tres semanas (20 días).

El acceso de los animales al pastoreo fue de forma restringida (6h: 08:30 am-06:00pm) en la sesión diurna, con encierro intermedio en la nave de sombra durante las horas medias del día (12:30am-2.00pm) con accesos al agua y sales minerales a libre voluntad para posteriormente devolverse al pastoreo, hasta el retorno a la nave al cierre de la sesión diurna , momento en que se ofertó una ración totalmente mezclada (RTM) fresca a libre voluntad compuesta por forraje arbóreo de 70%: *Tithonia diversifolia* y gramíneas: 10%: *Cenchrus purpureus híbrido* Cuba OM-22 y 20% caña de azúcar, con 50, 60 y 294 días entre cortes sucesivos, respectivamente y de alto valor nutritivo (MS :23.10%, PB:13.73%, EM:2.75Mcal/kg MS, FAD: 21.01%, DMS:72.53%, DMO: 75.16% y MODMS: 67.96%. Para el consumo de la RTM los animales tuvieron un periodo de adaptación de tres semanas (20dias).

Durante cuatro días consecutivo por semana mediante las variaciones del peso vivo individual y por corral lugar donde estuvieron alojados los animales del grupo experimental, más las diferencias entre el pesaje del alimento ofrecido y rechazado de la RTM durante 24 h se registró el consumo voluntario individual ajustando al peso vivo. Este procedimiento se realizó en cinco ocasiones durante todo el periodo experimental,

momento que se tomaron muestras del alimento ofrecido y rechazado para su análisis en el laboratorio. Mientras que para determinar el consumo de las cabras en pastoreo se consideró el % FDN de la ración (120/%FDN).

Elaboración del queso

Se elaboraron seis quesos (n=3 repeticiones / tratamiento) según la dieta asignada a las cabras. Los quesos fueron elaborados a partir de leche cruda fresca la que se calentó hasta los 79 ºC, para luego deja reposar hasta conseguir unos 32 ºC (temperatura óptima para lograr la acción de las enzimas coagulantes) y seguidamente adicionar el cuajo a razón de 0.25 ml/l de leche cruda, hasta lograr la coagulación en un tiempo medio de 60 minutos. Luego de la coagulación se procedió a la ruptura manual de la cuajada hasta obtener una granulometría pequeña (2-4mm), seguido de agitación y precipitación de la masa cuajada. A continuación se tomó la cuajada y se procedió al moldeado y prensado de la misma en moldes de PVC con diámetro de 75 cm y 20 cm de altura y luego el volteado de la masa cada cuatro horas, por un periodo 24 h

Una vez elaborado el queso se extrajo de los moldes e introdujo en una solución de salmuera (16% concentración de NaCl, pH=5.20 ClNa del 16 % y un pH de 5,20 y 5,15), por 48 h. Finalmente el queso se extrajo y almacenó en cámara de congelación (12 ºC, 80%HR) durante 24-48 h hasta el traslado para los análisis pertinentes en el laboratorio de inspección de alimentos de la Universidad de Messina, Italia.

Procesamiento del queso

Reactivos y soluciones estándar: Cloroformo, metanol, cloruro de sodio, sulfato de sodio anhidro, n -heptano, hidróxidos de potasio y sodio en forma de tabletas, las dos mezclas de referencia para el análisis de ácidos grasos (Supelco 37-component FAME mix y aceite Supelco Mehaden), el ácido sulfúrico al 98%, el catalizador Kjeldahl, el ácido bórico y el ácido clorhídrico al 37% se adquirieron de Merck Life Science Srl (Milán, Italia). Nitrógeno, helio, aire e hidrógeno, todos con una pureza del 99,999%, fueron suministrados por Nippon Gases Italia SRL (Messina, Italia).

Determinación de la humedad: La determinación de la humedad se realizó con la balanza termogravimétrica MB-45 Ohaus. Europe GmbH (Nänikon, Suiza). En particular, se colocó aproximadamente 1 g de cada muestra de queso finamente picado en la "placa" de aluminio y se secó durante 60 minutos a 100 °C hasta alcanzar un peso constante.

Extracción de la fracción lipídica: La extracción de lípidos se realizó siguiendo el método analítico de Folch et al. (1957), realizando algunas modificaciones. Porciones de cada queso fueron picadas finamente utilizando una batidora de inmersión. Se pesaron alícuotas de aproximadamente 4 g de cada muestra así preparada en un matraz Falcon de 50 mL, se homogeneizaron con 40 mL de una mezcla compuesta de cloroformo y metanol (2:1 v/v) y se extrajeron en un baño ultrasónico LBS1 (Falc Instruments, Bérgamo, Italia) durante 30 minutos. Se añadieron 5 mL de una solución acuosa de cloruro de sodio al 0,73%: las muestras se agitaron primero durante 1-2 minutos y luego se colocaron en una centrífuga MF 20-R Awel International (Blain, Francia) a 7000 rpm

Análisis cromatográfico de gases de ésteres metílicos de ácidos grasos: Se utilizó un sistema cromatográfico de gases Master GC-DANI (DANI Instruments SpA, Milán, Italia), equipado con un inyector split/ splitless, una columna capilar (Phenomenex ZB- WAX, 30 mx 0,25 mm, espesor de película 0,25 µm) y un detector de ionización de llama (FID).

Análisis estadístico

Para la determinación de los parámetros de consumo voluntario de materia seca se realizó análisis de varianza (ANOVA) y se aplicó la prueba de Tukey con un nivel de significancia del 5% para comparar las medias. De la misma forma, se realizaron correlaciones de Pearson y regresiones lineales entre las variables en estudio y se plantearon los parámetros y criterios de ajuste estadístico para la ecuación y el modelo. Los datos se analizaron a través del programa estadístico InfoStat (Di Rienzo et al. 2016).

Mientras que para los parámetros de composición de los ácidos grasos del queso fueron analizados mediante un análisis ANOVA, usando el Modelo Lineal General (GLM) del paquete estadístico IBM SPSS para Windows (versión 24.0; IBM Corp., Armonk, Nueva York, USA), incluyendo como variables o factores fijos los dos tipos de dietas y los 2 tipos de cuajo empleados en la fabricación del queso. En caso de encontrar diferencias significativas entre medias en los factores con más de dos niveles, éstos fueron sometidos a la comparación múltiple de promedios mediante las pruebas HSD-Tukey, se realizó comparación de proporciones múltiples mediante el Wald Test del programa Compa Pro Win 2.0.1.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Consumo voluntario

En la tabla 1 se presentan los resultados del consumo voluntario de materia seca y la relación entre los diferentes nutrientes y donde la totalidad de los parámetros muestran variación estadística significativas que favoreció al grupo experimental. Referido a la ingestión relativa de materia seca el valor alcanzado por el grupo experimental fue semejante (3% PV) al enunciado de forma general por Haenlein (1996) para cabras en lactación con bajo rendimiento individual de leche (< 1litro) pero inferior al valor (4% PV) referido por Sauvant et al. (1991) para las cabras en el propio estado fisiológico y lo reportado (5.2 %PV) por Gutiérrez (2012) en cabras alimentadas con una dieta básicamente fibrosa (85% FDN), el consumo de un mínimo (6g kg PV^{-1}) de suplemento energético-proteico, más un activador de la fermentación ruminal (6ml kg PV^{-1}).



Tabla 1. *Valores medios del consumo absoluto y relativo de materia seca*

Indicador	Control	Testigo	±EE	*p*
CMS, kg d^{-1}	0,75	1,17	0,04	0,0001
CMS, % PV	2,11	3,39	0,01	0,0001
CMS, g kg PV^{075}	51,07	81,89	0,70	0,0001
CEM, Mcal d^{-1}	1,43	2,53	0,08	0,0001
CEM, Kcal/kg PV^{075}	99,97	176,83	1,49	0,0001
CEM, %PV	4,14	7,32	0,01	0,0001
Con, Energía, Mcal CMS^{-1}	1,96	2,16	0,01	0,0001
CPB, g d^{-1}	157,54	252,45	9,37	0,0001
Con, PB , g PB kg CMS^{-1}	214,42	216,10	0,02	0,0001
CFDN, g	0,410	0,600	0,02	0,0001
CFDN, % PV	1,20	1,74	0,01	0,0001

CMS: consumo materia seca, CEM: consumo de energía metabolizable, PV^{075}: peso metabólico CPB: consumo de proteína bruta, CFDN: consumo de fibra detergente neutro,

Por consiguiente acerca del consumo según peso metabólico (g kg PV ^{075}), el valor encontrado por el propio grupo experimental está dentro del rango optimo (47- 180 g MS PV^{075}) planteado por (Jimeno et al. 2003), aunque inferior al rango (10l-109 g MS PV ^{075}) para el consumo de forraje Morera (102-107 g MS PV ^{075}) y de Amapola, respectivamente, pero superior (60 g MS PV ^{075}) al consumo de *Leucaena leucocephala* según Benavides (1994). Del mismo modo se aprecia que el consumo aparente de FDN supero el limite físico del rango (1.06-1.94 % PV $^{-1}$) propuesto por Carvalho (2002) para la especie caprina.

En la tabla 2 se observa el porcentaje medio relativo del perfil de ácidos grasos saturados (SFA), monoinsaturados (MUFA) y polinsaturados (PUFA) analizados en los quesos caprinos estudiados y donde de forma general cumplen con las características comunes en cuanto a valores de perfil lipídico: los SFA representan entre 65-78% (Toro-Funes et al., 2021, Park, 2022), los MUFA están entre 20-30% (Silva, 2023) y los PUFA se encuentran entre 2,5-10% en concordancia con Gómez-Cortés et al. (2018) y Pajor et al. (2019).

El incremento SFA sobre los MUFA y PUFA, pudo estar determinado por la alta actividad de biohidrogenación ruminal, donde las bacterias convierten tanto los ácidos grasos PUFA (como linoleico y linolénico) en SFA (Palmquist y Jenkins, 2017). Al igual a la baja actividad de la enzima Δ9-desaturasa en cabras, lo cual reduce la conversión de SFA (como esteárico, C18:0) a MUFA (oleico, C18:1) (Chilliard et al., 2018). Otra particularidad que debió influir en los resultados alcanzados fue la alta digestibilidad que posee la especie caprina de los lípidos, efecto que favorece la absorción de ácidos grasos de cadena media (C8-C14) predominantemente SFA saturados (Haenlein, 2021).

Por otra parte Yurchenko et al. (2018) refiere que la alta concentración de los SFA en el queso caprino ejerce gran influencia en la síntesis de ácidos grasos en la glándula mamaria, por ello habría que deducir que las cabras producen gran cantidad de ácidos grasos de cadena corta y media (C6-C14) debido a la actividad de la síntesis "*de novo*" en dicha glándula, además que la expresión génica de enzimas lipogénicas son más activa en cabras que en otros rumiantes, fenómeno que favorece la producción de SFA (Bernard et al. 2008).

De igual manera seria necesario referir que quizás otro de los elementos que pudo influir en las proporciones SFA-MUFA-PUFA, fue el proceso de elaboración del queso, donde la lipólisis bacteriana libera ácidos grasos libres y la mayor proporción inicial de SFA en la leche se mantiene sumado a la oxidación de PUFA durante el almacenamiento, situación que puede reducir más la proporción relativa delo PUFA frente a los SFA. (López-Mendoza et al. (2022)

Asimismo, se observa en la fig. 1 que en ambos tratamientos los SFA ofrecen un comportamiento variable (fig.1) y donde se destaca la concentración del ácido palmítico con respecto al resto, valor que pude estar determinado por la concentración en la dieta (Chilliard et al. 2014). Al respecto Gunstone (2021) plantea dentro de los SFA en el reino vegetal, el ácido palmítico (C16:0) es el que presenta mayor concentración.

Tabla 2. *Composición del perfil de ácidos grasos del queso caprino*

Ácido graso	Nombre	Control	Tratamiento
C4:0	Butírico	0,45	0,24
C6:0	Caproico	1,44	1,15
C8:0	Caprílico	3,81	3,10
C10:0	Cáprico	14,98	12,61
C11:0	Undecanóico	0,12	0,10
C12:0	Làurico	6,19	4,51
C13:0	Tridecíclico	0,11	0,08
C14:0	Miristico	12,05	9,09
C15:0	Pentadecanóico	0,13	0,13
C16:0	Palmítico	26,80	25,73
C17:0	Margárico	0,77	0,94
C18:0	Esteárico	8,81	11,71
C21:0	Heneicosílico	0,06	0,10
C20:0	Araquídico	0,22	0,41
C22:0	Behénico	0,05	0,13
C23:0	Tricosanóico	0,05	0,02
C24:0	Lignocérico	0,05	0,09
TOTAL SFA		**76,09**	**70,14**
DEM		**7,42**	**6.99**
C14:1	Miristoléico	0,13	0,13
C15:1		0,01	0,00
C16:1 n-9	Palmitoléico	0,33	0,37
C16:1 n-7		0,8	0,85
C17:1	Ginkgólico	0,27	0,31
C18:1 n-9	Oleico	16,52	21,40
C18:1 n-7	Cis-vaccénico	1,97	2,82
C20:1 n-9	Gondoico	0,07	0,03
C22:1 n-9	Erúcico	0,17	0,01
C24:1 n-9	Nervónico	0,01	0,01
TOTAL MUFA		**20,28**	**25,93**
DEM		**5,13**	**6,66**
C18:2 n-6	**Linoleico**	**1,35**	**1,67**
C18:3 n-6	γ-linolénico	0,22	0,13
C18:3 n-3	**α-linolénico**	**0,55**	**0,78**
C20:2 n-6	Eicosadienoico	0,08	0,03
C20:3 n-6		0,09	0,02
C20:3 n-3	Eicosatrienoico	0,02	0,01
C20:4 n-6	Araquidónico	0,05	0,11
C20:5 n-3	Eicosapentaenoico	0,04	0,1
C22:2		0,02	0,00
C22:5 n-6	Docosapentaenoico	0,01	0,01
C22:5 n-3		0,04	0,02
C22:6 n-3	Docosahexaenoico	0,06	0,01
TOTAL PUFA		**2,53**	**2,89**
DEM		**0,39**	**0,50**
REALCIÓN SFA/UFA		**3,34**	**2,43**

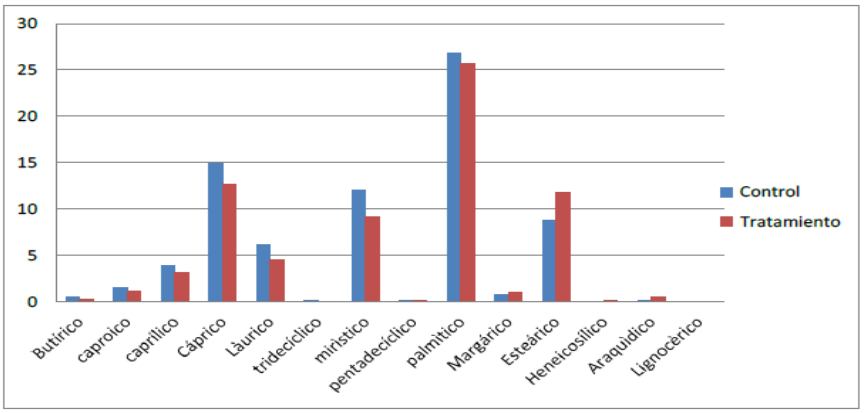


Figura 1. *Concentraciones de ácidos grasos saturados (SFA) de ambos tratamientos*

Respecto a los enunciado anteriormente, tendríamos que plantear que el análisis de la composición química del grupo de animales que consumió la RTM, con la inclusión básica de la *Tithonia diversifolia* el 28.82 *vs* 22.81 % del total de lípidos fue la sumatoria MUFA+PUFA con alta concentración de C18:2 (Linoleico: 1.67 *vs* 1.35) y C18:3 (,α-linolénico:0.78 *vs* 0.55), respectivamente, elementos que debieron alterar la actividad en la glándula mamaria y producir una grasa láctea con un mayor contenido en C18:1 y menos C18:2 (Sanz Sampelayo et al. 1998).



De manera que a pesar del análisis general realizado a los resultados anteriormente, de igual forma se aprecia que el queso del grupo experimental alcanzó menor concentración de SFA y mayor de los MUFA y PUFA, relación positiva que influye en la salud del organismo humano (prevención de síndrome metabólico, enfermedades cardiovasculares, propiedades antiinflamatorias, reducción del colesterol, etc) (Pérez-Cornago et al.2019, Givens, 2020).

Por último, otros de los factores que favorecen los resultados alcanzados de la presente investigación seria la baja relación encontrada (2.34 *vs* 3.34) entre los SFA: PUFA del grupo experimental con respecto al control así como, según análisis de proporciones las diferencia presentadas en la concentración de ácidos linoléico y α-linolénico del grupo experimental con respecto al control (taba 3), aumento atribuido al mayor consumo de forraje de la dieta ya que estos dos ácidos grasos no pueden ser sintetizados por animal y su presencia depende en le leche y queso está relacionado con el aporte de la dieta además del procesos de biohidrogenación de las bacteria ruminales (Catalaya et al.) tributo que potencia la calidad del queso obtenido y su relación con la dieta consumida.

Tabla 3. *Comparación de proporciones múltiples entre los ácidos grasos linoléico y α-Linolénico del queso caprino*

Ácidos grasos	Control	Tratamiento	Proporción	Error	Varianza	Sign.
Linoléico	1.35	1.67	0.8083	0.34	0.15	a
α-Linolénico	0.55	0.68	0,7051	0.61	0.21	a

CONCLUSIONES

El consumo de la ración totalmente mezclada (RTM) con la inclusión básica de la *Tithonia diversifolia* logro*:* Incrementar el consumo voluntario de materia seca, reducir la concentración de los ácidos grasos saturados (SFA) e incrementar el de los ácidos grasos insaturados (MUFA, PUFA), así como aumentar la proporción de ácidos grasos linoléico y α-Linolénico en el queso caprino.

BIBLIOGRAFÍA

Andrea Cartaya, C., Techeira, N., Karen, K., Mendoza, A., Fariña, S., López-Pedemonte, T. 2024. Sustentabilidad de nuestros sistemas pastoriles: nuevas herramientas + Pasto = leche con + Acidos grasos saludables. Revista INIA - Nº 76 p.42.

Benavides, J. E. 1994. Consumo y digestibilidad de la materia seca y del nitrógeno del follaje de Morera (*Morus Alba*) y Amapola (*Malvahiscus Arboreues*) en cabras lactantes. En: Árboles y Arbustos Forrajeros en América Central. CATIEC. Colombia. p.158

Bernard, L. 2008. Expresion and nutritional regulation of lipogenic genes in the rumiant lactating mammary gland. Advances in Experimental Medicine and Biology, 606, pp. 67-108.

Carvalho, S. 2002. Desempenho e comportamento ingestivo cabras em lactação alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de fibra Tesis presentada en opción al Título de Doctor en Ciencias. UFV. Viçosa. Brasil. p. 118

Chilliard, Y., Toral, P.G., Shingfield, K.J., Rouel, J., Leroux, C., Bernard, L. 2014. 'Effects of diet and physiological factors on milk fat synthesis in dairy goats: a review', *Small Ruminant Research*, 122(1-3), pp. 31–37.

Di Rienzo, J.A., Casanoves, F., Balzarini, M.G., Gonzalez, L., Tablada, M. Robledo, C.W. InfoStat versión 2016. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL

Elizondo - Salazar, J. 2006. El uso de la ración total mezclada para ganado de leche. Un sistema de alimentación prometedor. ECAG-Informa. 37:25-27

Folch, J., Lees, M., Stanley, G.S. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. J Biol Chem, 226, 497-509.

Franzel, S., S. Carsan, B. Lukuyu, J. Sinja. y C. Wambugu. 2014. Fodder trees for improving livestock productivity and smallholder livelihoods in Africa. Current Opinion in Environmental Sustainability, 6: 98-103.

Givens, D. I. 2020. *Milk and dairy foods: Their functionality in human health and disease*. Academic Press.

Gómez-Cortés, P., Bach, A., Luna, P., Juárez, M., de la Fuente, M.A. 2018.'Effects of extruded linseed supplementation on n-3 fatty acids in goat cheese',Journal of Dairy Research*, 85(1), pp. 34-38.

Guevara, G., R. Guevara, L. Curbelo, R. González, R. Pedraza, S. Martínez. y J. Estévez. 2012. Factores fundamentales de sostenibilidad de los sistemas de producción lechera en fincas comerciales con bajos insumos. Informe proyecto CITMA. Universidad de Camagüey. Cuba

Gunstone, F. 2021 *Vegetable Oils in Food Technology: Composition, Properties and Uses*. 2nd ed. Wiley-Blackwell.

Gutiérrez, D. & Ramírez, A. (2023). Consumo voluntario y eficiencia de utilización de la energía metabolizable en corderos alimentados con forrajes arbóreos. Rev. Producción Animal. 35:1 https://revistas.reduc.edu.cu/index.php/rpa/article/view/e4339

Gutiérrez, G. D. 2012.Efecto del aditivo biológico Vitafert en dietas de forrajes de baja calidad para la alimentación de cabras lecheras. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Veterinarias.Instituto de Ciencia Animal. Cuba

Haenlein, G. F.W. 1996. Goat Management. Disponible en: http://ag.udel.edu/extension/information/goatmgt/gm-list.htm. Consultado:(1 marzo 2025)

Haenlein, W., Park, W. 2021. A2 Bovine milk and caprine milk as a means of remedy for milk proteinallergy. Challenge to the Dairy Industry and Human Nutrition. Dairy 2021. 2(2).

López-Mendoza, J., Adriano-Anaya, L., Gálvez-López, D., Vázquez-Ovando, A. 2022. Compuestos bioactivos en quesos: biosíntesis, actividad biológica y contribución de las bacterias ácido lácticas. Agronomía Mesoamericana. 34(2)51432. https://doi.org/10.15517/am.v34i2.51432.

Pajor, F., Egerszegi, I., Steiber, O. 2019. *"Goat cheese fatty acid profile: Effects of season and feeding systems"*. **Small Ruminant Research**, 174, pp.

Park, Y.W. 2022. 'Composition and nutritional value of goat cheese: A global perspective', *Journal of Food Composition and Analysis*, 105, p. 104247.

Pérez-Cornago, A., Brennan, L., Ibero-Baraibar, I., Hermsdorff, H. H., O"Gorman, A., & Zulet, M. A. 2019. *Metabolomics identifies changes in fatty acid and amino acid profiles in serum of overweight older adults following a weight loss intervention*. The Journal of Nutrition, 149(5), 805-814

Sanz-Sampelayo, M.R., Pérez, L., Boza, J., Amigo, L. 1998. Forage of different physical forms in the diets of lactating Granadina goats: Nutrient digestibility and milk production and composition. J. Dairy Sci. 81: 92-498.

Sauvant, D.; Morand-Fehr, P., Giger-Reverdin, S. 1991. Dry matter intake of adult goats. En: Goat Nutrition. p. 45

Silva, T.M. 2023. 'Impact of breed and feeding on the fatty acid profile of Portuguese goat cheeses', *Food Chemistry*, 402, p. 134245.

Toro-Funes, N., Bosch-Fusté, J., Veciana-Nogués, M.T. y Vidal-Carou, M.C. 2021 'Changes in the lipid fraction of goat cheese during ripening', *Food Chemistry*, 344, p. 128618

Yurchenko, S., Sats, A., Tatar, V., Kaart, T., Mootse, H., Joudu, I. 2018. Fatty acid profile of milk from Saanen and SwedishLandrace goats. Food Chemistry.





PAS-34. Estudio diagnóstico a la producción y consumo de alimentos sanos en los municipios de Perico y Jovellanos

Diagnostic study on the production and consumption of healthy food in the unicipalities of Perico and Jovellanos

M. A. García Naranjo[1]; I. L. Montejo Sierra[1]; W. Ramírez Suárez[1]; K. Oropesa Casanova[1]; Y. Abreu Lavín[1]. C. Aragonés López[2]*

[1]Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey (EEPFIH), dirección postal: Infiesta # 77, e/ Bernal y Ramón Illa, Perico, Matanzas.

[2]Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric).

[*]Correspondencia a: marcos.garcia@ihatuey.cu

ABSTRACT

Food production in Cuba is an essential priority for driving the country's economic and social development. The implementation of new legal regulations, such as the Food Sovereignty and Food and Nutrition Security Law (Law 148/2022), exemplifies the importance given to this process. Promoting healthy agricultural production and a healthy food environment—particularly food systems that promote a diversified and balanced diet—requires the participation of various sectors and stakeholders, including governments, the public sector, and the private sector. The project "She Produces Too: Towards Food Sovereignty and Female Leadership in Cuba" works to achieve, among its outcomes, "Greater production of healthy food for the most vulnerable communities with broad participation of women-led initiatives." The objective of this presentation is to present the results of the assessment of healthy food production and consumption in the municipalities of Perico and Jovellanos, which will allow for the development of a training system that will disseminate good practices and address any remaining challenges. Two questionnaires were developed: one focused on agricultural activities and tasks in food production, and the other on healthy food consumption, preferences, and the cultures of the residents of the aforementioned municipalities. The use of other mixed research methods favored quantitative analysis through mathematical and statistical resources. In relation to qualitative assessments, group interviews and participant observation were used.

Palabras claves: *agroecología, agricultura sostenible, educación nutricional*.

Keywords: *agroecology, sustainable agriculture, nutritional education*.

INTRODUCCIÓN

La producción de alimentos en Cuba, constituye una prioridad esencial para impulsar el desarrollo económico y social del país. la implementación de nuevas normas legales, como la Ley de Soberanía Alimentaria y Seguridad Alimentaria y Nutricional (Ley 148/2022), son un ejemplo de la importancia concedida a este proceso. al mismo tiempo, es vital que la producción agrícola generada ayude a superar los problemas de enfermedades ocasionadas por excesos y desequilibrios alimentarios. La producción de alimentos sanos, alejados de fertilizaciones químicas y otros derivados, así como el consumo sistemático de verduras, frutas, granos integrales y legumbres, entre otros alimentos que son producidos bajo un manejo agroecológico y uso de bioproductos e insumos biológicos, favorecen los procesos de prevención y garantizan un estado saludable a la población (Porrata Maury, 2009).

La alimentación evoluciona con el tiempo, y en ella influyen muchos factores socioeconómicos que interactúan de manera compleja y determinan modelos dietarios personales. entre esos factores cabe mencionar los ingresos, los precios de los alimentos (que afectarán la disponibilidad y asequibilidad de alimentos saludables), las preferencias y creencias individuales, las tradiciones culturales, y los factores geográficos y ambientales (incluido el cambio climático) (OMS, 2018). Por consiguiente, el fomento de un entorno alimentario saludable y, en particular, de sistemas alimentarios que promuevan una dieta diversificada, equilibrada y sana, requiere la participación de distintos sectores y partes interesadas, incluidos los gobiernos, el sector público y el sector privado.

Los cambios en la producción de alimentos, y en el modo de su consumo, constituyen la solución para prevenir o retrasar la aparición de afecciones que ponen en riesgo hasta la propia vida humana. precisamente, este aspecto constituye un resultado en estudio del proyecto internacional "Ella también produce: hacia la soberanía alimentaria y el liderazgo femenino en Cuba", el cual trabaja en función de alcanzar entre sus resultados, una "*mayor producción de alimentos saludables para las comunidades más vulnerables con amplia participación de iniciativas lideradas por mujeres".*

El objetivo de esta ponencia es exponer los resultados del diagnóstico a la producción y consumo de alimentos sanos en los municipios de Perico y Jovellanos, con lo cual se ha elaborado un sistema de capacitaciones que permite divulgar las buenas prácticas y revertir las dificultades que aún se presenten.

MATERIALES Y MÉTODOS

El diagnóstico se efectuó en los municipios Perico y Jovellanos, de la provincia Matanzas, Cuba. Para ello, se elaboraron dos cuestionarios, uno dirigido a las acciones y labores agrícolas en la producción de alimentos, y otro, al consumo alimentario saludable, las preferencias y las culturas de los pobladores en los municipios referidos.

La utilización de métodos mixtos de la investigación, favorecieron el análisis cuantitativo mediante recursos matemáticos y estadísticos; en relación a las valoraciones cualitativas se hizo uso de entrevistas grupales y observación participante. en su conjunto todos estos métodos permitieron el procesamiento de los datos obtenidos y arribar a conclusiones.

Se realizaron visitas a las fincas donde radican las iniciativas que promueve el proyecto internacional "Ellas También Producen" (20 fincas) y se les aplicaron los cuestionarios y las entrevistas a 20 productores, 8 de Perico y 12 de Jovellanos (tabla 1).

Tabla 1. *Relación de productoras/es que corresponden a la muestra determinada por municipios y formas productivas*

Perico	Cantidad de personas	Jovellanos	Cantidad de personas
CCS Ramón Rodríguez Milian	5	CCS Leonel Fraguela	11
CPA Alberto Delgado	1	CCS Luís Ávila Rosales	1
Comercializadora Cherry	1		-
UBPC San Juan	1		-
Total	**8**		**12**

Este mismo proceder se realizó en las entidades del territorio (9 entidades), y se actuó sobre 39 actores (tabla 2). conjuntamente se observaron los escenarios y actores implicados.

Tabla 2. *Relación de entidades y actores implicados*

Perico	Cantidad de personas	Jovellanos	Cantidad de personas
Asamblea Municipal del Poder Popular (AMPP)	5	Asamblea Municipal del Poder Popular (AMPP)	8
Asociación de Agricultores Pequeños (ANAP)	1	Asociación de Agricultores Pequeños (ANAP)	1
Consejo de Administración Municipal CAM)	2	Consejo de Administración Municipal CAM)	3
Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CKTMA)	1	Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CKTMA)	1
Delegación Municipal de la Agricultura (DMA)	2	Delegación Municipal de la Agricultura (DMA)	2
Federación de Mujeres Cubanas (FMC)	1	Federación de Mujeres Cubanas (FMC)	1
Ministerio de Economía y Planificación (MEP)	1	Ministerio de Economía y Planificación (MEP)	1
Ministerio de Salud Pública (MINSAP)	1	Ministerio de Salud Pública (MINSAP)	2
Ministerio de Educación Superior (MES)	3	Ministerio de Educación Superior (MES)	3
total	**17**		**22**

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La exploración de un conjunto de aspectos relacionados con las acciones y labores agrícolas en la producción de alimentos que desarrollan los productores participantes, estuvo enfocada en aquellos elementos que tributan a los eslabones de las cadenas que trabaja el proyecto "Ellas También Producen" (raíces y tubérculos, hortalizas, frutales), y que más inciden en la producción de alimentos saludables, equitativos y ambientalmente sostenibles.

La muestra en estudio (20 productores) expresaron en su totalidad, que en sus fincas se producen alimentos sanos. Este mismo comportamiento se obtuvo en relación con el uso de insumos para la fertilización de las producciones y otras labores de protección contra plagas y enfermedades, pues refieren hacer un uso variado de productos y centrarse fundamentalmente, en fertilizantes orgánicos, los cuales confeccionan derivados de los propios residuos de cosechas. aunque expresan que, no rechazan del todo el uso de fertilizantes químicos si fuera necesario, lo que en la actualidad por la carencia de los mismos y los altos precios que poseen en el mercado, no son utilizados.

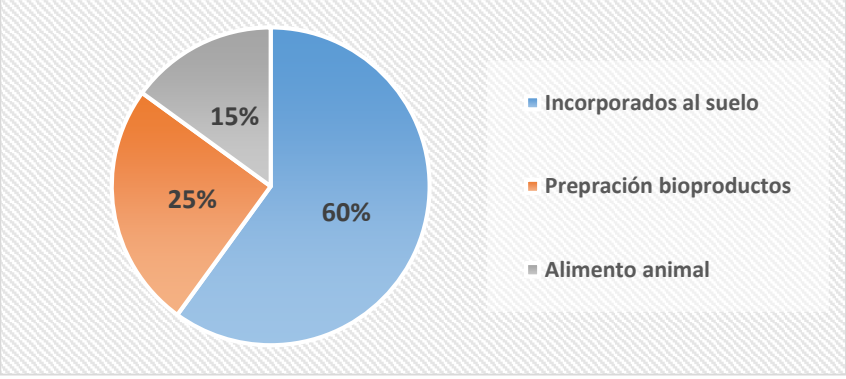
Se aprecia en el uso de los insumos que utilizan, que existe desconocimiento en relación con la gran diversidad vigente, y el uso efectivo para obtener los mejores resultados (tabla 3), por ejemplo: poco uso de *microorganismos eficientes (em)*, no aplican *Fosforina®, Dimargón®, Fitomas-e®, Biobrás-16® y Ecomic®.* ni aplican inductores de floración, ni incluyen las ventajas que ofrecen las *abejas meliponas* en la polinización, entre otras técnicas agroecológicas existentes. tampoco refieren un uso diverso de bio-plaguicidas como: los entomófagos, los entomopatógenos, los parasitoides y los antagonistas. solo refieren el uso de algunas plantas repelentes como el árbol del *Neem* o *Nim* (azadirachta indica).

Tabla 3. *Principales insumos utilizados en las producciones.*

	Asignación Estatal	Um	Otra vía (especificar cuál)	Um
Medios biológicos	100 % EPICA	1 L	-	-
Fertilizantes orgánicos (el abono y el estiércol)	-	-	100 % convenio con productores que crían animales	1 m^3
Biofertilizante IHPLUS-Bf®	25 % EEPFIH	-	-	-

También en su totalidad declaran que durante todo el año realizan rotación de los cultivos, pues ello le garantiza una mejor calidad de los suelos y de las producciones. argumentan que no todos los cultivos requieren de los mismos insumos de fertilización y nutrición de los suelos, algunos aportan nutrientes que son beneficios para otros, por esa razón es muy importante rotar los cultivos.

Todos expresan poseer residuos de cosechas en sus fincas, sin embargo, hacen un uso bajo de los mismos (gráfica 1).



Gráfica 1. *Uso de residuos de cosechas*

El (60 %) los utiliza para incorporarlos al suelo, un (25 %) le dan uso en la preparación de bioproductos y abonos orgánicos para ser aplicados a las propias producciones y un (15 %) lo emplea en la alimentación animal y, en la producción de compost, respectivamente. no hacen uso de la lombricultura y el compost porque no poseen los pies de cría, ni excretas animales, así como las condiciones idóneas creadas para su producción (instalaciones).

En relación con el nivel de conocimientos y capacidades adquiridas, el 95 % refiere tener niveles medios y bajos, solo un productor se valora como alto en todas las temáticas, el cual se puede utilizar para que aporte sus conocimientos y experiencias al resto de los productores y su finca declararla polígono de intercambio de aprendizaje para efectuar ferias y talleres que permitan el entrenamiento y el desarrollo de nuevas capacidades al resto de los productores. en la tabla 4, se relaciona el nivel de conocimientos expresados por cada temática en general por los productores.

Tabla 4. *Nivel de conocimientos y capacidades que poseen los productores*

Temáticas	nivel		
	alto	medio	bajo
alimentos sanos	5%	95%	
producir con equidad	5%	95%	
producir cuidando el medio ambiente	5%	95%	
usos alternativos de los residuos de cosechas	5%	95%	
riesgos climáticos	5%	95%	
uso de variedades resistentes a la sequía	5%	80%	15%
manejo integrado de plagas y enfermedades	5%	80%	15%
uso de sistemas de riegos eficientes	5%	80%	15%
uso de mulch	5%		95%
uso de compostaje	5%	95%	
uso de lombricultura	5%	95%	
uso de abonos verdes (especificar)	5%	95%	
uso de asociación de cultivos	5%	95%	
uso del intercalamiento de cultivos	5%	95%	
control biológico	5%	80%	15%
fertilización orgánica (especificar)	5%	80%	15%
uso de microorganismos eficientes (ihplus)	5%	95%	
uso de humus de lombriz	5%	95%	
uso de efluentes del biodigestor	5%	80%	15%
uso de compost	5%	95%	
manejo de animales	5%	95%	
alternativas para el alimento animal	5%	95%	
manejo de cultivos	5%	95%	





En relación a los hábitos alimentarios, todas las personas entrevistadas (59 personas) refieren que consumen frutas y verduras frescas varias veces a la semana, siempre que estén disponibles y según la época del año. también, que al menos una vez a la semana, consumen alimentos fritos. como tendencia, realizan tres comidas al día. uno de los hábitos de higiene al que hacen mayor referencia es al lavado siempre de las manos, antes de preparar alimentos y consumirlos.

Conocen que existe una relación entre la salud y la nutrición en su totalidad, pero solo el 15% domina la diferencia entre la nutrición y alimentación.

Predominan creencias y prácticas de alimentación asociadas a las tradiciones familiares o de las comunidades donde viven, en la totalidad de los entrevistados, relacionadas con: los beneficios de consumir algún tipo de alimento (Helen Juárez, 2013), por ejemplo: consumo de guanábana para prevenir enfermedades, consumo de verduras y frutas, no usar grasa animal, ni azúcar en exceso durante la preparación de jugos naturales. también refieren consumir como promedio, 2 litros de agua por día.

En la totalidad coinciden que los niños llevan con más frecuencia a la escuela en sus meriendas: refrescos gaseados, galletas, dulces a base de harina, panes y esos mismos alimentos son dados por sus padres al regresar a casa de la escuela. exponen que la razón fundamentalmente, es que son los que más abundan en los mercados o que están en ocasiones al alcance de los padres. reconocen que las frutas y todo tipo de alimento que no posea tanta azúcar, harina de trigo y otros cereales, son los mejores para la salud humana pero no están disponibles o se encuentran a altos precios, imposibles de poder pagar. reconocen que no existen normas para fomentar prácticas alimentarias saludables mediante la disponibilidad asegurada de alimentos saludables, nutritivos, inocuos y asequibles en centros preescolares, escuelas y otras instituciones públicas, así como en el lugar de trabajo;

Aunque no declaran la necesidad de capacitarse en un tema específico, si están dispuesto para aprender y consideran que todas las propuestas realizadas por el proyecto, son necesarias para mejorar las producciones y la calidad de los alimentos sanos, ellos están dispuestos a recibirlos.

a manera de resumen, las personas entrevistadas poseen conocimientos a un nivel medio (71%) y bajo (20%), sobre la producción de alimentos saludables, equitativos y ambientalmente sostenibles. requieren capacitación en temas como:

- aplicación en la práctica del concepto producción de alimentos sanos y alimentación saludable.
- manejo integrado de técnicas con bioproductos que permitan enfrentar las plagas y enfermedades.
- producción de alimentos saludables y buen uso de prácticas nutritivas.

CONCLUSIONES

El diagnóstico ha evidenciado la necesidad de fomentar un plan de capacitación, fundamentalmente, bajo un enfoque de sistemas basado en una variedad de tecnologías, prácticas e innovaciones que engloban el conocimiento local - tradicional y la ciencia moderna (agroecología).

Se requiere un seguimiento con políticas y medidas que promuevan y garanticen un cambio en los patrones alimentarios de las personas, y que permitan un mayor acceso a productos sanos, como derecho fundamental del ser humano.

BIBLIOGRAFÍA

Asamblea Nacional del Poder Popular. Ley 148/2022 "Ley de soberanía alimentaria y seguridad alimentaria y nutricional" (goc-2022-754-o77), consultado 18 junio 2025. url: https://www.parlamentocubano.gob.cu/ley-de-soberania-alimentaria-y-seguridad-alimentaria-y-nutricional

Helen Juárez, N. 2013. Cambios en la producción y consumo de viandas en cuba, revued'ethnoécologie [en línea], 3 | 2013, consultado 18 junio 2025. url: http://ethnoecologie.revues.org/1445; doi : 10.4000/ethnoecologie.1445.

Organización Mundial de la Salud. Alimentación sana [en línea], 31 | 2018, consultado 18 junio 2025. url: https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/healthy-diet

Porrata Maury, C. 2009. Consumo y preferencias alimentarias de la población cubana con 15 y más años de edad. Revista Cubana Alimentación y Nutrición,19(1):87-105.

PAS-35. Disponibilidad de palmiche como alimento alternativo en la provincia de Guantánamo. Resultados de su utilización en convenios porcinos

Availability of palm nut as an alternative feed in Guantánamo province. Results of its use in pig farming

M. Durán Rodríguez[1] *y B de la C. Acuña Serrano*[2*]

[1]Empresa Porcina, Guantánamo, Cuba

[2]Delegacion Provincial Agricultura Guantánamo, Calle Calixto García No. 765 e/ Prado y Jesús del Sol. Guantánamo, Cuba.

[*]Correspondencia a: baby68gtmo@gmail.com

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar la disponibilidad de palmiche en la provincia de Guantánamo. Se aplicó una encuesta a 100 productores. Se declararon la disponibilidad de palmas en sus fincas. Existencia de personal desmochador, época para la realización del corte, así como las principales dificultades de insumos. Estos datos fueron procesados a partir de un análisis de proporciones. Se evaluó el uso de Palmiche en 400 cerdos de la CCSF Lino de las Mercedes, 800 perteneciente a la CCSF Ángel Bouza de 7 kg de peso promedio y 950 cerdos de 25 kg procedente de la CCS Niceto Pérez. Se constataron los indicadores: Peso inicial y final (kg), Ganancia Media Diaria (GMD) y Conversión (Conv). Para el procesamiento de los datos, se realizó análisis descriptivo de los datos a partir del paquete estadístico Statgraphics. Se encontró que el palmiche está disponible durante todo el año. El 90 % lo suministran seco y molido. Existen 7 millones de palmas, las cuales producen entre 40 y 60 Kg de palmiche verde. Se encontró diferencias ($p<0.001$) a favor de la fuente energética con maíz con respecto al palmiche para el PF, GMD y Conv. Se concluye que se puede sustituir el maíz entre un 20 y 55 % con la inclusión de palmiche como fuente energética en dietas para cerdos en la etapa de crecimiento ceba. Se verificó que es un alimento de uso frecuente por los productores con convenios porcinos. El uso del palmiche como fuente energética en la dieta de cerdos puede ser una alternativa para la producción porcina, siendo una fuente de fácil adquisición.

Palabras claves: *conversión, inclusión, disponibilidad*.

ABSTRACT

To assess the availability of palm nut in the province of Guantánamo, a survey was conducted among 100 producers. They reported the availability of palm nuts on their farms, the availability of topping personnel, the season for cutting, and the main input constraints. These data were processed using a proportion analysis. Palm nut use was evaluated in 400 pigs from the Lino de las Mercedes farm, 800 pigs from the Ángel Bouza farm with an average weight of 7 kg, and 950 pigs weighing 25 kg from the Niceto Pérez farm. The following indicators were determined: initial and final weight (kg), average daily gain (ADG), and conversion rate (Cov). For data processing, a descriptive analysis was performed using the Statgraphics statistical package. Palm kernels were found to be available year-round. Ninety percent of the palm kernels are supplied dried and ground. There are 7 million palm kernels, which produce between 40 and 60 kg of green palm kernel. Differences ($p<0.001$) were found in favor of corn as an energy source compared to palm kernels for PF, ADG, and COV. It is concluded that corn can be substituted by 20 to 55% by including palm kernels as an energy source in pig diets during the growth and fattening stages. It was verified that palm kernels are frequently used by producers with swine production agreements Using palm kernels as an energy source in pig diets can be an alternative for pork production, as they are an easily acquired source.

Keywords: *conversion, inclusion, availability*

INTRODUCCIÓN

El cerdo por ser un animal prolifero y adaptable a diferentes condiciones de manejo y alimentación no convencional, puede convertirse en el principal suministrador de proteínas para la alimentación humana y desempeña un papel multipropósito. Las condiciones económicas prevalecientes en nuestro país limitan la producción de carne de cerdo. Sin embargo algunas fuentes de alimentación no convencional como el Palmiche muy abundante en la provincia de Guantánamo pudieran ser una alternativa, sobre todo para la modalidad de convenio, contribuyendo al por ciento de alimento que debe disponer el productor para completar el balance alimentario de los cerdos, permitiendo a los porcicultores contar con un recurso energético para sus animales.

La premisa de "Sí se puede" aplicada a modelos de producción de carne de cerdo con bajos insumos de tipo local y tecnologías fácilmente adaptables a nuestras condiciones como son el uso de molinos, secaderos, fermentación, contribuyen a la reducción de importación de materias primas para la producción de alimentos convencionales como el maíz y la soya. Por tal motivo se pretende como objetivo de este trabajo evaluar la disponibilidad de palmiche en la provincia de Guantánamo, así como los resultados de su utilización en la producción porcina.



MATERIALES Y MÉTODOS

Se aplicó una encuesta a productores con potencial productivo. En el caso del manejo y alimentación fue el establecido a través del asesoramiento técnico de la Empresa Porcina. La información se obtuvo mediante la aplicación de encuestas estructuradas con preguntas cerradas. En las mismas se abordan aspectos de carácter general como: existencia de la Palma Real (*Roystonea regia O. F. Cook*), existencia de personal desmochador entrenado para la recolección del palmiche, época para la realización del corte del palmiche, así como las principales dificultades de insumos entre otros aspectos. Estos datos después de ser digitalizados fueron procesados a partir de un análisis de proporciones según el paquete estadístico COMPROP.

Para la evaluación del uso del palmiche, se partió del conocimiento del contenido de nutrientes de las distintas fracciones del palmiche. Se evaluó la sustitución total del maíz por palmiche (en grano sin moler) en la ceba final de cerdos. Para el procesamiento de estos datos se utilizó un ANOVA simple a partir del paquete estadístico Statgraphics, donde el Maíz o Palmiche se consideró como la única fuente de variación. Como indicadores se consideraron: Peso final, Ganancia de peso vivo y Conversión de la materia seca.

Por otra parte, se evaluó el uso de Palmiche en 400 cerdos de 7 kg de peso promedio procedente de un cruce comercial en la CCSF Lino de las Mercedes Álvarez. Municipio Guantánamo. Este mismo experimento se replicó en dos productores, el primero con 800 cerdos perteneciente a la CCSF Ángel Bouza del municipio Manuel Tames, mientras el segundo con 950 cerdos de la CCS Niceto Pérez, Municipio Yateras. Se constataron los indicadores: Peso Inicial y final (kg), Ganancia Media Diaria en Preceba y ceba (g) y Conversión (t/t). Para el procesamiento de los datos, se realizó análisis descriptivo de los datos a partir del paquete estadístico Statgraphics.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de las encuestas arrojaron la no existencia de una época definida para realizar el corte del palmiche, dado su disponibilidad durante todo el año. El 90 % de los encuestados plantean que suministran el palmiche seco y molido, y que los cerdos lo consumen con gusto. Otros, dentro del 10 % restante, plantean el uso del palmiche después de un proceso de fermentación dado que permite la conservación del mismo por mucho tiempo. Por su parte la principal dificultad en los insumos fue, las sogas y el transporte idóneo para el traslado del palmiche durante la recolección, lo cual coincide con lo descrito por Abeledo et al (2004) en cerdos criollos.

Por otra parte, los resultados de la caracterización de la palma, arrojó que es uno de los cultivos perennes tropicales de mayor producción de energía por hectárea, lo cual coincide con los estudios realizados por Ly *et al.* (2005). Según esta encuesta, en la provincia actualmente existen 7 millones de palmas reales, las cuales producen entre 40 y 60 Kg de palmiche verde, con una producción estimada de 250 millones de toneladas de palmiche por año. Cuando se siembran a una distancia de 10 m permiten ubicar unas 100 plantas por hectáreas por año y obtener una producción de 4.25 t de palmiche por hectárea.

En la tabla 1 se muestra el resultado del comportamiento de los cerdos donde se sustituyó el total del maíz por palmiche en grano sin moler durante la etapa final de la ceba. Tanto el peso final, la ganancia de peso y la conversión mostraron diferencias ($p<0.001$) a favor de la fuente energética con maíz, resultados que están atribuidos al menor nivel de fibra del maíz con respecto al palmiche, resultados que coinciden con lo descrito por Santana (2013) al describir el alto nivel de fibra que posee el palmiche.

Tabla 1. *Evaluación de la sustitución total del maíz por palmiche (en grano sin moler) en las dietas de la etapa final de la ceba. *** (p<0.001)*

Indicadores	Fuente de energía		± EE	Sig.
	Maíz	Palmiche		
Peso Final, Kg.	112.0	106.0	0.39	***
Ganancia de peso vivo (Kg.)	609	459	3.82	***
Conversión de la materia seca	4.90	5.60	0.02	***

Como se puede observar la diferencia de la conversión en materia seca de la fuente de energía entre el maíz y el palmiche es de 0.7, más en esta última (palmiche). Si se compara con el precio de la tonelada del maíz de importación de 200 dólares contra el palmiche que solo depende del costo de la cosecha y el acopio en moneda nacional, es evidente que es significativo el ahorro que obtiene el país con el uso de este alimento local.

Los resultados del análisis descriptivo del comportamiento de los cerdos del cruce (YL x CC21) con la inclusión de palmiche en las dietas en convenios porcinos de la provincia Guantánamo, se muestran en la tabla 2. Resultados que lo ratifican como una fuente energética para ser empleada en la dieta de cerdos según Santana (2001).

Tabla 2. *Resultados obtenidos con el uso de Palmiche. Inclusión de palmiche en la dieta[1], (12 %) e Inclusión de palmiche en la dieta[2] (50 %). [1]Etapa de Preceba I, [2]Etapa final de ceba, *Productor Pedro Monner López, CCSF Lino de las Mercedes Álvarez. Municipio Guantánamo.*

Indicadores	Media (n=400)	DE	± EE
Peso Inicial, Kg	7.0	1.12	0.06
Peso Final, Kg	23.5	3.81	0.19
Ganancia Media Diaria (Etapa de Preceba), g	355	45.37	0.11
Peso Final al sacrificio, Kg	105	7.40	0.37
Ganancia Media Diaria, g	543	50.97	2.55
Conversión Etapa Final, t/t	4.5	0.55	0.02

El comportamiento para los principales indicadores en dos productores que utilizaron el palmiche en la alimentación de cerdos criollos. Valores que evidencian la factibilidad de esta fuente energética en la alimentación porcina resultados que coinciden con los encontrados por Rico et al. (2007) quienes utilizaron esta fuente como energética en la dieta de cerdos. Sobre todo en los cerdos Criollos.

Las ganancias diarias obtenidas en este trabajo son superiores a las reportadas por Santana (2013) en varios estudios donde se reflejan los estándares de esta raza. En este tipo de cerdo el empleo del Palmiche en extensivo mostró ganancias similares al estabulado. Si consideramos que por cada cabeza en convenios la empresa entrega 215 Kilogramos de pienso que incluye en las fórmulas actuales el 72.05 % de inclusión de maíz, si de esta se sustituye el 50 % por palmiche se ahorran por cada tonelada de pienso 361 Kg de maíz de importación contribuyendo a la sustitución de importaciones.

CONCLUSIONES

El palmiche es una excelente fuente nacional de energía que se obtiene con bajos costos que sustituye una parte importante de los cereales importados. Se comprobó que la sustitución del maíz entre un veinte y cincuenta y cinco porciento de inclusión de palmiche en dietas para cerdos en la etapa de crecimiento ceba es muy favorable desde el punto de vista nutricional y económico. Se verificó que es un alimento de uso frecuente por los productores con convenios porcinos. El uso del palmiche en la dieta de cerdos contribuye a respaldar en la modalidad de convenio la utilización de una fuente energética barata de fácil adquisición.

BIBLIOGRAFÍA

Abeledo C. M., Santana I., Pérez I y Brache, F. 2004. Rasgos de comportamiento y canal de cerdos criollos y CC21 alimentados con palmiche como única fuente energética. Revista Computarizada de Producción Porcina. Vol. 11, N^0 2, pág 96-100

García, A., Rosabal, M. y Martínez, R. M. 2001. Comportamiento en la montaña de cerdos criollos x CC21 alimentados con dietas de palmiche y bajas en proteínas. Revista computarizada de producción porcina. Vol. 8 N^0 1. pág. 56-61

Ly, J., Sarmiento, L. y Santos, R. 2005. Las Palmas como Fuente de Alimento para Cerdos en el Trópico. Ediciones de la Universidad Autónoma de Yucatán. Serie Manuales 9. Mérida, pp 188

Rico, C., Santana, I., García, G., Pérez, E., Ly, J. y Diéguez, F.J. 2007. Conservación, Evaluación, Mejora y Uso del Cerdo Criollo Cubano. Premio Anual al Resultado de la Investigación Científica. Academia de Ciencias de Cuba. La Habana, pp 487.

Santana, Isabel. 2013. El cerdo criollo de Cuba. Recuento y actualidad IV Congreso Internacional de Producción Animal Tropical. La Habana, Cuba. Taller, Mejoramiento y conservación de Recursos Zoogenéticos. RG-62. Nov. 21.

PAS-36. Estudio de peligro, vulnerabilidad y riesgos de Epizootias en la especie avícola en Guantánamo

Study of danger, vulnerability and risk of Epizootias in the birds' species in Guantánamo

J. Trotman González[1*]*; A. García González*[2]*; Z. Debrook Chibás*[3]

[1] Dpto. Sanidad Animal Provincial. Delegación MINAG, Guantánamo, Carretera a Santiago de Cuba, Km 1.5, Guantánamo, Cuba.

[2] Subdelegación de Medio Ambiente, CITMA, Guantánamo, Cuba

[3] Dpto. Sanidad Animal provincial. Delegación MINAG, Guantánamo, Cuba. Cuba

[*]Correspondencia a: juliana.trotman63@gmail.com

RESUMEN

Los estudios en la población animal avícola, para prever desastres sanitarios por graves epizootias, aportan información necesaria para la toma de decisiones por parte de los órganos de gobiernos en las diferentes instancias. Se realizó el estudio de peligro, vulnerabilidad y riesgos por graves epizootias en la especie de aves, en Guantánamo. Para la obtención de los datos, procesamiento de la información e interpretación de los resultados, se utilizaron métodos teóricos como análisis y síntesis, histórico-lógico y el método sistémico-estructural-funcional, y empíricos como observación, encuestas y cálculo porcentual. Se aplicó la metodología nacional propuesta por la Agencia de Medio Ambiente para los estudios de peligro, vulnerabilidad y riesgos por enfermedades graves y se consideraron los aportes realizados por el equipo multidisciplinario, multisectorial y los datos estadísticos del Departamento de Sanidad Animal de la provincia y los municipios. Con la identificación de los objetivos con peligro biológico y el cálculo del factor local se pudo evaluar el peligro de introducción y/o diseminación de enfermedades exóticas y presentes en el país en esta especie y así el estudio aporta información indispensable para la reducción del riesgo de desastres en esta población animal durante el proceso de toma de decisiones a nivel local, provincial y nacional.

Palabras claves: *desastres, reducción, enfermedades, graves, exóticas*.

ABSTRACT

The studies in the poultry animal population, to foresee sanitary disasters for serious epizootics, contribute necessary information for the taking of decisions on the part of the organs of governments in the different instances. He/she was carried out the study of danger, vulnerability and risks for serious epizootics in the species of birds, in Guantánamo. For the obtaining of the data, prosecution of the information and interpretation of the results, theoretical methods were used as analysis and synthesis, historical-logical and the systemic-structural-functional, and empiric method as observation, surveys and percentage calculation. The national methodology was applied proposed by the Agency of Environment for the studies of danger, vulnerability and risks for serious illnesses and they were considered the contributions carried out by the multidisciplinary, multisector team and the statistical data of the Department of Animal Sanity of the county and the municipalities. With the identification of the objectives with biological danger and the calculation of the local factor you could evaluate the introduction danger and/or dissemination of exotic and present illnesses in the country in this species and the study contributes this way indispensable information for the reduction of the risk of disasters in this animal population during the process of taking of decisions at local, provincial and national level.

Keywords: *disasters, reduction, illnesses, serious, exotic*.

INTRODUCCIÓN

La historia del hombre ha estado marcada por la aparición de desastres sanitarios; grandes epidemias han afectado a la humanidad desde épocas remotas; un ejemplo típico fue la peste conocida en China desde hace tres mil años y que en el siglo XIV mató a un tercio de la población europea, la Gripe desde el siglo XIV ha originado más de 31 pandemias y en 1918 provocó la muerte de unos 20 millones de personas.(Dirección Nacional de Sanidad Animal, 2017).

Hoy la humanidad se ve amenazada por enfermedades en la que los animales juegan un importante papel como portadores y son transmitidas al hombre, por ejemplo, la exposición a los virus de la gripe animal puede provocar en los seres humanos tanto infecciones como la enfermedad (desde la aparición de síntomas leves parecidos a los de la gripe o inflamación ocular hasta una enfermedad respiratoria aguda grave y/o la muerte). La gravedad de la enfermedad dependerá del virus causante de la infección y de las características de la persona infectada.(OMS, 2023).

La población mundial, especialmente la que depende de la agricultura y los recursos cada vez más expuesta a fenómenos adversos entre ellos los de origen geológico, meteorológico, hidrológico, brotes epidémicos, biológico y antrópico, que pueden llegar a convertirse en verdaderos desastres.(Lifeder, 2020).

Las catástrofes epidémicas son inevitables: en primer lugar, porque no podemos evitar formar parte de cadenas tróficas en las que comemos y somos comidos por los microbios; en segundo lugar, porque las infecciones son mecanismos evolutivos y factores reguladores del equilibrio ecológico, que regulan sobre todo el tamaño de las poblaciones; y, en

tercer lugar, porque las intervenciones técnicas humanas, al modificar los equilibrios previos, crean equilibrios nuevos que son más vulnerables. De este modo las sociedades humanas son más vulnerables cuanto más complejas. Y los éxitos humanos en la modificación de condiciones ambientales conservan, o más bien aumentan, el riesgo de catástrofes epidémicas.(Sánchez-González, 2021).

De lo anterior se deriva la importancia de comprender estos fenómenos para tomar medidas de prevención y mitigación, así como para adaptarnos a los desafíos que presentan. En este sentido Cuba, ha acumulado una amplia experiencia en el enfrentamiento a fenómenos sanitarios que afectan a los animales, entre ellos el New Castle velogénico viscerotrópico (1961-1962 y 1969), así como la reemergencia de la peste porcina clásica, desde 1993; del mismo modo que gestiona de manera permanente, un elevado nivel de preparación para enfrentar las enfermedades exóticas, como la influenza aviar (IA), la peste porcina africana y entre otras. (García González A. et. al (2022).

Asimismo, cuenta con la Directiva No. 1 del Presidente del Consejo de Defensa Nacional (UCMC, 2022), para la preparación, organización y planificación del país para situaciones de desastres. Es así como en el presente trabajo se persigue el objetivo siguiente:

Objetivo: Realizar el estudio de peligro, vulnerabilidad y riesgos en la población animal avícola para la prevención de desastres sanitarios por graves epizootias.

El estudio posibilitará, a posteriori, elaborar un modelo de actuación para la vigilancia, la alerta temprana y el diagnóstico, y actuar con mayor énfasis en la prevención y mitigación de un desastre potencial.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la provincia Guantánamo, utilizando el método analítico y descriptivo, análisis documental, observación no participativa, histórico-lógico y el método sistémico-estructural. Se identificaron las enfermedades exóticas que pudieran afectar al territorio y se caracterizaron las endémicas con frecuencias de afectación y/o aparición en cada consejo popular, en la especie avícola. Se empleó la metodología nacional propuesta por la Agencia de Medio Ambiente del CITMA para los estudios de peligro, vulnerabilidad y riesgos por enfermedades graves de epizootias. (AMA, 2016).

La información para los análisis correspondientes, procedieron de los Boletines Estadísticos y los archivos del Sistema de Información de Vigilancia Epidemiológica del sistema de Sanidad Animal de la provincia y municipios (2015 hasta 2021). (DSA Guantánamo, 2021).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evaluación del Peligro

Para evaluar el peligro de introducción de patógenos exóticos y presentes en el país para la especie avícola se tuvo en cuenta las características de la provincia en cuanto a su posición geográfica y la presencia de corredores aéreos, cabe señalar que la presencia y circulación de aves migratorias constituye un alto peligro y puede ser eventual en determinados momento, debido a las condiciones epizootiológicas a nivel internacional y los períodos migratorios (Norte – Sur: octubre – marzo); (Sur–Norte: abril– junio).

Existen asentamientos de aves migratorias cerca de unidades avícolas, por lo que aumenta el peligro y como tal fue evaluado; la avicultura es uno de los programas de autoabastecimiento de la población y en fase de incremento en la crianza familiar, por ende, crece en todos los sectores de la economía, de ahí que se hace necesario extremar la vigilancia y realizar una evaluación objetiva del peligro, teniendo en cuenta que la mayoría de las unidades especializadas están ubicadas en zonas de riesgos.

Tabla 1. *Resultados de la evaluación del peligro por consejo popular (CP).*

Municipios	Enfermedades Exóticas						Enfermedades Presentes en el País					
	Alta(A): Influenza Aviar			Medio (M): Laringotraqueítis Infecciosa Aviar			Alto (A): Enfermedad de Newcastle, Bronquitis infecciosa aviar, Enfermedad de Gumboro, Leucosis aviar			Medio (M): Cólera aviar, Enfermedad de Marek		
Total 82 Consejos Populares	A	M	B	A	M	B	A	M	B	A	M	B
	33	49		49	33		33	49		28	54	
%	40.2	59.7		59.7	40.2		40.2	59.7		34.1	65.8	



La evaluación del PELIGRO para patógenos exóticos con criterio de Alto, (probable para la introducción de la Influenza Aviar), en la provincia, fue en 33 consejos populares (CP) para un 40.2 %, mientras califican con criterio de Medio 49 CP para un 59.7 % de un total de 82 Consejos populares. En el caso de la Laringotraqueítis Infecciosa Aviar clasifica con criterio de Alto Peligro en 28 CP que representa un 34.1 % y de Medio en 54 CP para un 65.8 % de probabilidad de introducción de esta enfermedad.

Se debe recordar que, en la evaluación del peligro de enfermedades presentes en el país, para la especie aves, en la provincia, en el año 2012, se afectaron los municipios Baracoa y Guantánamo por casos de *Paramixovirosis* en las palomas y Guantánamo también se afectó en el 2019 con dos focos de esta enfermedad. En la evaluación del peligro para patógenos presentes en el país, de probable para la diseminación de la enfermedad de Newcastle, Bronquitis infecciosa aviar; Enfermedad de Gumboro, Leucosis aviar, con Alto Peligro existen 33 CP, para un 40.2 %, mientras que califican con criterio de Medio 49 CP para un 59.7 %, de un total de 82 CP.

En el caso de patógenos presentes en el país con criterio de peligro Medio de diseminación en el territorio, para las enfermedades de Cólera aviar y Marek, clasifican con criterio de peligro Alto 28 CP, que representa un 34.1 % y de Medio 54 CP para un 65.8 % de probabilidad de diseminación de esta enfermedad.

La evaluación del peligro por consejos populares (CP) y por especie animal en las Aves para patógenos exóticos se comportó de la siguiente manera:

- ✓ Enfermedades exóticas con criterio de Peligro Alto de Penetración y/o introducción al país: Influenza Aviar

La evaluación del PELIGRO para patógenos exóticos con criterio de Alto (probable para la introducción de la Influenza Aviar), mostró que en la provincia existen 33 CP (40.2 %), destacándose todos los municipios, en Guantánamo 5 CP; Niceto Pérez un CP, con mayor implicación Baracoa con ocho CP, los municipios Manuel Tames, San Antonio del Sur e Imías cada uno con tres CP; Maisí con 4 CP al igual que Caimanera. Califican con criterio de Medio 49 CP para un 59.7 %, de un total de 82 CP.

- ✓ Enfermedades exóticas con criterio de Peligro Medio de Penetración y/o introducción al país: Laringotraqueítis Infecciosa Aviar

En el caso de la Laringotraqueítis Infecciosa Aviar clasifica con criterio de Alto Peligro en 28 CP, que representa un 34.1 % y, de peligro Medio 54 para un 65.8 % de probabilidad de introducción de esta enfermedad.

La evaluación del peligro por consejo popular (CP) y por especie animal en las Aves para patógenos presentes en el país se comportó de la siguiente manera:

- ✓ Patógenos presentes en el país con criterio de Alto peligro de diseminación en el territorio: Enfermedad de Newcastle, Bronquitis infecciosa aviar, enfermedad de Gumboro, Leucosis aviar.

En la evaluación del PELIGRO para patógenos presentes en el país, con probable diseminación de la enfermedad de Newcastle, Bronquitis infecciosa aviar; Enfermedad de Gumboro, Leucosis aviar. Se evidenció que 33 CP con Alto Peligro para un 40.2 %, destacándose todos los municipios, Guantánamo dos CP, en Niceto Pérez un CP, y con mayor implicación. Baracoa con ocho CP, los municipios Manuel Tames, San Antonio del Sur e Imías cada uno con tres CP y Caimanera y Maisí cada uno con cuatro, mientras que califican con criterio de Medio 49 CP para un 59.7 %, de un total de 82 CP.

- ✓ Patógenos presentes en el país con criterio de Medio peligro de diseminación en el territorio. Cólera aviar, enfermedad de Marek.

En el caso de Cólera aviar y la enfermedad de Marek clasifican con criterio de Alto peligro 28 CP, que representa un 34.1 % y de Medio 54 para un 65.8 % de probabilidad de diseminación de esta enfermedad.

Evaluación de la vulnerabilidad

Tabla 2. *Resultados del cálculo de la vulnerabilidad total (V_T) en Aves de acuerdo al (FP) factor país, (V_{OPB}) objetivos con peligro biológico, (V_{PA}) población animal, (V_{PDS}) premisas de desastres sanitario, (V_F) funcional, (V_{ECO}) ecológica, (V_{ECN}) económica, (V_S) social.*

FP/ Puntos	0.20	0.15	0.10	0.20	0.05	0.10	0.20	1.0	A M B
Municipios	V_{0PB}	V_{PA}	V_{PDS}	V_F	V_{ECO}	V_{ECN}	V_S	V_T	
El Salvador	0.20	0.09	0.09	0.09	0.0125	0.04	0.14	0.6625	Media
Manuel T.	0.20	0.1	0.09	0.15	0.02	0.04	0.14	0.74	Alta
Yateras	0.15	0.08	0.09	0.16	0.32	0.04	0.12	0.96	Alta
Baracoa	0.15	0.09	0.09	0.15	0.04	0.04	0.13	0.69	Alta

Maisí	0.15	0.10	0.09	0.18	0	0.04	0.13	0.69	Alta
Imías	0.15	0.08	0.08	0.14	0.025	0.04	0.13	0.645	Media
San A. Sur	0.15	0.08	0.08	0.14	0.025	0.04	0.13	0.645	Media
Caimanera	0.15	0.09	0.09	0.17	0.0275	0.04	0.12	0.6875	Alta
Guantánamo	0.15	0.09	0.09	0.16	0.0125	0.04	0.12	0.6625	Media
Niceto Pérez	0.20	0.09	0.09	0.15	0.0325	0.04	0.12	0.7225	Alta

En el 60 % de los municipios, con 44 consejos populares (CP) (53.3 %), la vulnerabilidad total se evaluó de Alta y de Media en 38 CP que representa el 46.3 %, en el municipio Imías resultó Media para la totalidad de los CP, resultaron Alta en El Salvador, Manuel Tames, Maisí y Guantánamo con seis CP; en Yateras tres CP; en Baracoa nueve CP; en San Antonio del Sur un CP, en Caimanera tres CP y en Niceto Pérez cinco CP.

Se demuestra el predominio de la tenencia de animales por el sector privado, lo que impone cambios de estrategias para mejor control sanitario de las producciones, de la masa animal y vigilancia epizootiológica.

Se demostró que las estructuras del servicio veterinario a nivel de unidades de base de veterinaria y reproducción no garantizan la cobertura para el servicio asistencial y estatal, debido a las condiciones de trabajo y la poca atención que reciben de acuerdo a lo regulado en los documentos rectores y se evidenció que existe falta de preparación técnico-profesional para atender algunas especies de animales, fundamentalmente en las clínicas y consultorios.

El estudio permitió identificar las brechas de mayor importancia en el territorio, por constituir puertas de entrada de enfermedades, los cuales se identificaron en toda la provincia, destacándose los municipios Baracoa, Maisí, Imías, Caimanera y Guantánamo.

Tabla 3. *Grado de Vulnerabilidad de los Objetivos con Peligro Biológico (OPB) y % por Consejos Populares (CP) y Total de Brechas Sanitarias (BS).*

Mcpios	Cantidad de Consejos Populares(CP)								Total Provincia		
	Muy Alta	%	Alta	%	Media	%	Baja	%	CP	OPB	BS
Total CP Provincia	30	36.5	31	37.8	5	6.09	16	19.5	82	597	1790

La evaluación de la vulnerabilidad de los OPB resultó Muy Alta en cinco municipios y Alta en los restantes cinco, además se corroboraron las principales brechas sanitarias existentes en la provincia, incidiendo fundamentalmente deficiencias en el cumplimiento de las tecnologías de producción (sistemas de bioseguridad deficientes, incumplimiento de las desinfecciones profilácticas por negligencia, falta de productos y medios a nivel de laboratorio por deficiencias constructivas en su estructura y el suministro de medios y reactivos para el cumplimiento de los programas.

La evaluación de la vulnerabilidad funcional, declara todas las debilidades existentes, que impiden una mejor gestión en la salud animal, sus producciones y la prevención de las enfermedades zoonóticas, enfatizando deficiencias que dificultan una mejor vigilancia epizootiológica.

Al evaluar la vulnerabilidad económica, quedó demostrada la necesidad de desmovilizar recursos para el enfrentamiento a desastres sanitarios por graves epizootias, lo que trae consigo daños a la economía y la seguridad alimentaria nacional.

Aunque existen niveles de percepción de riesgo en la población, resulta pertinente implementar programas de capacitación en diferentes modalidades para elevar la cultura en sanidad animal de la población total.

Evaluación del Riesgo

Tabla 4. *Evaluación del riesgo por consejo populares (CP) para patógenos exóticos (alto, medio y bajo). DSA Guantánamo (2021).*

Evaluación del Riesgo (CP) Para Patógenos Exóticos (Alto, Medio y Bajo)					
Aves		Total			
Enfermedades Exóticas		A	M	B	CP
Alta (A)	Influenza Aviar	30	52		82
Media (M)	Laringotraqueítis Infecciosa Aviar	4	31	47	82
Baja (B)					

Enfermedades exóticas de Alto Riesgo para los peligros identificados en Aves

- *Influenza aviar.*

Resultaron 30 CP con Alto Riesgo, lo que representa el 36.5 % del total de los CP, entre ellos destacan en el municipio El Salvador un CP; en Manuel Tames, Yateras e Imías tres CP; en Baracoa ocho CP, en Maisí 4 CP; en San Antonio del Sur y Guantánamo dos CP; en Caimanera los cuatro CP y Niceto Pérez un CP. Con Riesgo Medio califica el resto de los CP (52) que representan el 63.4 % del total en la provincia.

Enfermedades exóticas de Riesgo Medio para los peligros identificados en Aves

- Laringotraqueítis Infecciosa Aviar.

Resultaron con Alto Riesgo cuatro CP que representan el 4.87 %: El Salvador y Yateras cada uno con un CP, así como Guantánamo con. Con Riesgo Medio existen 31 CP que representan el 37.8 % de ellos en Manuel Tames, Imías y San Antonio del Sur existen tres CP, Yateras y Niceto Pérez con uno; en Baracoa con ocho CP; en Maisí con cuatro CP; en Caimanera todos los CP y en Guantánamo cuatro CP y 47 CP resultaron con Riesgo Bajo que representan el 57.3 % del total de los CP.

Tabla 5. Evaluación del riesgo por consejo populares (CP) para patógenos presentes en el país (alto, medio y bajo). DSA Guantánamo (2021)

Aves		Total			
Enfermedades Presentes en el país		A	M	B	CP
Alta (A)	Enfermedad de Newcastle, Bronquitis infecciosa aviar enfermedad de Gumboro, Leucosis aviar	28	51	3	82
Media (M)	Cólera aviar, enfermedad de Marek		31	48	79
Baja (B)					

Enfermedades Presentes en el país de Alto Riesgo para los peligros identificados en Aves por consejos populares (CP)

- Bronquitis Infecciosa, Newcastle, Gumboro, Leucosis.

Resultaron 28 CP con Alto Riesgo, lo que representa el 34.1 % del total de los CP, entre ellos destacan El Salvador y Niceto Pérez con un CP; en Manuel Tames, Yateras e Imías cada uno con tres CP; Baracoa con ocho CP; Maisí con cuatro CP; San Antonio del Sur y Guantánamo con dos CP y en Caimanera los cuatro CP. Con Riesgo Medio califican 51 CP que representan el 62.1 % y con Riesgo Bajo tres CP (Imías, Cajobabo y Los Calderos) que representan el 3.65 % del total en la provincia.

CONCLUSIONES

1. A partir de la identificación de los objetivos con peligro biológico y el cálculo del factor local se pudo evaluar el peligro de introducción y/o diseminación de enfermedades exóticas y presentes en el país para la especie avícola, las que pudieran afectar a la provincia. El estudio se realizó a nivel de consejos populares por municipios. Fueron calculadas las diferentes vulnerabilidades y la vulnerabilidad total, así como se evaluó el riesgo de introducción y/o diseminación de patógenos exóticos y presentes en el país, igualmente para la especie y los consejos populares.

2. El estudio facilita el proceso de toma de decisiones a nivel local, municipal y provincial, como parte del trabajo a implementar por el Estado Mayor Nacional de la Defensa Civil, los Gobiernos locales y los planes de reducción del riesgo de desastres en los diferentes territorios.

BIBLIOGRAFÍA

AMA. (2016). Lineamientos metodológicos para la realización de los estudios de peligro, vulnerabilidad y riesgos de desastres sanitarios en la población animal.

Dirección Nacional de Sanidad Animal. (2017). Seminario Sanidad Animal.

DSA Guantánamo. (2021). Sistema de Información de Vigilancia Epizootiológica, 2015-2021.

García González A., Trotman González J. Sosa Puentes L., Lorenzo Hernández M. (2022). Estudios sanitarios por graves epizootias en Guantánamo, Cuba. IV Convención Internacional de Salud "Cubasalud 2022". Recuperado 15 de noviembre de 2023, de https://convencionsalud.sld.cu/index.php/convencionsalud22/2022/paper/viewFile/1851/1605

Lifeder. (2020, mayo 27). Fenómenos naturales: Tipos, causas y ejemplos.

https://www.lifeder.com/fenomenos-naturales/OMS. (2023). Gripe (aviar y otras gripes de origen zoonótico). https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/influenza-(avian-and-other-zoonotic)

Sánchez-González, M. A. (2021). HISTORIA Y FUTURO DE LAS PANDEMIAS. Revista Médica Clínica Las Condes, 32(1), 7-13. https://doi.org/10.1016/j.rmclc.2020.12.007

UCMC. (2022). Directiva para la gestión de la reducción del riesgo de desastre. https://instituciones.sld.cu/ucmc/2023/05/17/directiva-para-la-gestion-de-la-reduccion-del-riesgo-de-desastre/



PAS-37. Percepción del riesgo de contraer enfermedades transmitidas por garrapatas en humanos

Perception of risk of contract tick borne disease in human

A Rizo Borrego[*]*; G Pérez Hernández; M Soca Pérez; Y Contino Esquijerosa*

Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey/ Universidad de Matanzas. Central España Republicana, Perico. Matanzas. CP: 402080.

[*]Correspondencia a: alberto.rizo@ihatuey.cu

ABSTRACT

Evaluate the prception of risk of the people exposed to the sting of a tick is a difficult work for the ignorance that have the human in general on diseases to the that can be exposed. Ticks can in its sting trnsmit various diseases of origin bacterial, viral, micoticals, parasitics and, even riketsiosis that origin an allergic answer. Evaluate the perception of risk of the people exposed to the sting of ticks constitutes the objetive of this researche. Was development in the Pasture and Forrage Research Center Indio Hatuey of the Matanzas University, in the Policlinic of Perico, the University Filial "Dora Alonso" of the Matanzas University, and the Popular Council España Republicana. The information collecting was lead to end for the WhatsApp tools and of the WhatsApp group created with end of the research. The low perception of risk of the population on the sting of ticks and the deseases that can acquired and the lack of preparation of the health equipe front to a situation as this one is evidence in the results of the research.

Keyword: *Epidemiology, Infectious Agent, Zoonosis*. Palabras clave: *Epidemiología, Agente Infeccioso, Zoonosis*.

INTRODUCCIÓN

Las enfermedades transmitidas por vectores representan una amenaza importante para la salud humana y la sanidad animal, y algunas de ellas han causado gran preocupación en los últimos años (Socha *et al.*,2022). Son motivo de gran inquietud tanto en los países desarrollados como en los países en desarrollo, y el riesgo de que ocurran es particularmente alto en las regiones tropicales (Dantas-Torres *et al.*, 2016), porque las condiciones favorables de temperatura y humedad son óptimas para la presencia de la mayoría de los vectores. Asimismo, la influencia del cambio climático en la epidemiología de estas enfermedades también es particularmente preocupante, puesto que se han observado cambios en la densidad de los vectores, sus períodos de actividad y distribución geográfica (Beugnet et al., 2013). En el caso de la ganadería, las pérdidas económicas considerables causadas por estas enfermedades, incluidas las parasitarias transmitidas por vectores, pone de manifiesto la necesidad de medidas de control eficaces (Nadladkar et al., 2018). Las enfermedades transmitidas por vectores son un excelente indicador del cambio climático, ya que las modificaciones en las condiciones climáticas están alterando la presencia y persistencia de los vectores y, por consiguiente, la probabilidad de su introducción y circulación.

Numerosas enfermedades transmitidas por garrapatas son consideradas emergentes en Europa por el Centro Europeo de Control de Enfermedades (ECDC, 2024). Además, diferentes estudios predicen una expansión y aumento de las disímiles especies de garrapatas como consecuencia del cambio climático. En este sentido, los ecosistemas mediterráneos, incluyendo sus comunidades de especies salvajes y sus parásitos, serán unos de los más alterados por dicho cambio climático. Paralelamente, en las últimas tres décadas, las poblaciones de fauna salvaje europeas (principalmente ungulados) han incrementado sensiblemente su tamaño, así como su interacción con los seres humanos, facilitando la interacción bidireccional de las enfermedades infecciosas. Ante esta realidad, es evidente la necesidad de monitorizar las diferentes especies de garrapatas y los patógenos zoonóticos que son capaces de transmitir. Sin embargo, existe una falta de conocimiento en cuanto a la distribución de garrapatas y sus patógenos asociados (ECDC, 2024).

Las enfermedades zoonóticas, que se transmiten entre animales y personas, denominadas como zoonosis, han sido identificadas y descritas a lo largo de la historia. La Organización Panamericana de Salud (2001) mencionó que en el año 2000 el 49% de las enfermedades de los humanos emergieron de los animales, y en los últimos años se ha enfrentado con la existencia de al menos un 75% de enfermedades con el mismo origen. En México, la incidencia de estas enfermedades es alta en términos de morbilidad y mortalidad, y los diferentes mecanismos de transmisión permiten que estas enfermedades continúen afectando a la población (Díaz *et al.*, 2024).

Las nuevas formas de vida y las modificaciones que se han realizado en la diversidad familiar, han provocado un cambio en la conducta de los animales y en los hábitos de convivencia, haciendo a un lado los factores de riesgo que existen en la vida diaria y que se relacionan con los diferentes tipos de mecanismos de transmisión que utilizan los microorganismos causantes de estas enfermedades (Moctezuma, 2019). Dentro de estos factores se podrían mencionar algunos, como el cambio climático, la alteración de hábitats y el tráfico de especies, que han contribuido a que la morbilidad de las enfermedades aumente, lo cual ha causado la emergencia y reemergencia de enfermedades zoonóticas, afectando los índices de atención en los servicios de salud (Gutiérrez, 2007).

Las garrapatas constituyen ectoparásitos obligados, porque se alimentan exclusivamente de sangre (hematófagos) (Hurtado *et al.,* 2015) y son potenciales transmisores de agentes patógenos de algunas antropozoonosis, amenazando seriamente no solo la producción ganadera, sino también la salud del hombre (García *et al.,* 2016). Según Dantas dos Santos *et al.* (2016) y Pavón (2016) las garrapatas provocan cuantiosas pérdidas económicas por irritación y/o reacciones

alérgicas en la piel, anemia, disminución en la ganancia de peso y la producción de carne y leche, se incrementan los costos de control, los tratamientos de enfermedades y se presentan problemas reproductivos en los animales.

Las garrapatas son los segundos vectores más importantes para los humanos en la transmisión de microorganismos infecciosos (bacterias, virus, parásitos y hongos) (Kim, 2022) y los principales vectores para animales silvestres, de compañía y ganado (Mansfield *et al.*, 2017; Jore *et al.*, 2020). La transmisión se lleva a cabo durante el proceso de alimentación, la cual depende del tipo de garrapata. En garrapatas duras, la hematofagia ocurre una vez en cada estadio, mientras que en garrapatas blandas sucede varias veces en un hospedador, modificando las probabilidades de transmisión (Karim *et al.*, 2021). En algunos casos, las garrapatas pueden estar infectadas con más de un patógeno y causar coinfecciones. A su vez, los animales actúan como amplificadores y reservorios de los microorganismos transmitidos por las garrapatas (Cutler *et al.*, 2021).

Dentro de las bacterias transmitidas por garrapatas se encuentran especies de los géneros *Rickettsia*, *Anaplasma* y *Ehrlichia*. Tienen una distribución global y causan enfermedades zoonóticas caracterizadas de forma general por fiebre, dolor de cabeza, artralgia, escalofríos, mialgia y posteriormente síntomas gastrointestinales como vómitos y dolor abdominal, que pueden llegar a ser severos e incluso mortales (Walker & Ismail, 2008; Portillo *et al.*, 2015; Anaya-Ramírez *et al.*, 2017; Adem, 2019;).La morbimortalidad de las rickettsiosis, como la fiebre manchada de las montañas rocosas (FMMR), es alta en niños, en pacientes con comorbilidades y en adultos de edad avanzada (Abdad *et al.*, 2018; Torres- Castro *et al.*, 2020). La anaplasmosis granulocítica humana (AGH), causada por *Anaplasma phagocytophilum*, y la ehrlichiosis monocítica humana (EMH), ocasionada por *Ehrlichia chaffeensis*, también pueden tener manifestaciones severas (Anaya-Ramírez *et al.*, 2017).

El riesgo asociado a manifestar una patología posterior a la mordedura de garrapata ha sido registrado en Alemania (Schielein *et al.*, 2022), por ejemplo. Sin embargo, la relación existente entre mordeduras y riesgo de manifestación de las infecciones transmitidas por garrapatas es poco conocido debido a que solo una fracción de estas personas desarrollan enfermedad. Aunado a esto, en algunos casos donde se manifiestan signos no se llega a efectuar el diagnóstico apropiado (Jore *et al.*, 2020; Schielein *et al.*, 2022).

En los últimos 10 años, el incremento en la prevalencia de las enfermedades transmitidas por garrapatas (ETG) en distintos países de América, Europa y Asia les ha dado la clasificación de enfermedades reemergentes o emergentes (Ortega-Morales *et al.*, 2019; Pieracci *et al.*, 2019; Madison-Antenucci *et al.*, 2020). Por ello, las estrategias de control de vectores deben incluir el manejo integrado de estos y deben ser adaptadas a las circunstancias locales de cada región (Organización Panamericana de la Salud- Organización mundial de la Salud [OPS-OMS], 2018).

En México, se han identificado 82 especies de garrapatas. Dentro de los géneros que afectan al hombre se encuentran *Rhipicephalus*, *Amblyomma*, *Dermacentor*, *Ornithodoros* y *Otobius* (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales [INIFAP], 2013). *Rhipicephalus sanguineus* (*R. sanguineus*), también conocida como garrapata café del perro, es la garrapata dura con mayor distribución por el territorio nacional (Sosa- Gutierrez *et al.*, 2021). Los animales silvestres y domésticos son hospedadores regulares, mientras que los humanos son hospedadores accidentales (Torres-Castro *et al.*, 2020). Sobreviven en interiores y exteriores. Pueden ser activas todo el año, siendo los meses más cálidos cuando presentan mayor actividad (Little, 2010).

La influencia antropogénica, la variación en la fauna, los cambios en el ambiente debido a actividades recreativas, el cambio climático y la adaptación del vector contribuyen a la modificación en la distribución de las garrapatas y en los patrones de riesgo de mordedura en humanos (Escárcega-Ávila *et al.*, 2018; Cutler *et al.*, 2021). Asimismo, se ha mostrado que zonas afectadas por brotes de ETG presentan condiciones que permiten la interacción cercana entre los humanos, las garrapatas y los animales hospedadores, lo cual produce las mordeduras y la consecuente transmisión de bacterias patógenas (Quintero *et al.*, 2017). Entre las condiciones de riesgo reportadas en diferentes zonas se encuentran la presencia de animales en los domicilios, que generalmente tienen libre acceso al interior y exterior de estos; la presencia de zonas de vegetación en los alrededores; y el tipo de materiales de construcción de las viviendas (tierra, concreto y madera), los cuales permiten el ocultamiento de las garrapatas en las grietas.

Por otro lado, las ocupaciones y actividades recreativas al aire libre o que impliquen un contacto estrecho con animales también representan un riesgo para la adquisición de ETG(Quintero *et al.*, 2017). Existen estudios en diferentes países sobre la frecuencia de mordeduras de garrapatas que brindan un panorama global de los principales factores de riesgos (Vatansever *et al.*, 2008; Fischhoff *et al.*, 2019; Jore *et al.*, 2020; Schielein *et al.*, 2022). Sin embargo, es necesario tener conocimiento de los grupos de riesgo y de las circunstancias sociodemográficas de las zonas específicas junto con la incidencia reportada de las ETG para llevar a cabo lineamientos locales de prevención de mordeduras y transmisión de patógenos (Comstedt *et al.*, 2017; Jore *et al.*, 2020). De lo anterior, surge la importancia de realizar estudios de este tipo en Cuba. Además, dada la falta de vacunas efectivas contra ETG, la planificación de estrategias apropiadas y adaptadas a la región de Cuba para la prevención de mordeduras es fundamental para evitar la emergencia de las enfermedades.

Este trabajo se realizó con los objetivos de evaluar la percepción del riesgo de la población ante las enfermedades transmitidas por garrapatas, evaluar el conocimiento de las especies de garrapatas presentes en Cuba y evaluar la conducta a seguir por la población ante un evento de picadura de garrapatas.



MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se desarrolló en la Facultad Universitaria Municipal "Dora Alonso" del municipio Perico perteneciente a la Universidad de Matanzas, en la Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, en el Policlínico de Perico y en el Consejo Popular España Republicana del municipio Perico, provincia Matanzas.

Participaron en esta investigación estudiantes de las carreras de Veterinaria y Agronomía de la Filial Universitaria Municipal, Investigadores, Profesores, Profesionales de la salud, obreros y población del Consejo Popular España Republicana. Los criterios de exclusión fueron el deseo de no participación en la investigación.

Para la recolección de los datos se elaboró por parte del equipo de investigación una encuesta general que abordó todos los objetivos propuestos en la investigación. Se utilizó para hacer efectiva la encuesta las herramientas de WhatsApp y se creó un grupo de WhatsApp para distribuir la encuesta y cuantificar las respuestas de los participantes.

Con las respuestas se crearon las estadísticas descriptivas que sirvieron de base para el análisis de los resultados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como pudo observarse en la figura 1., en los resultados de esta investigación existe una variedad de criterios relacionados con los animales portadores de garrapatas y la mayoría de las personas (96,87%), opinan que los animales más portadores de garrapatas son los perros, un 81,25% de los encuestados cree que son los equinos, para el 71,87% resultan ser los bovinos, el 65,62% refieren que son los ovinos, el 46,87% se refiere al hombre como la especie animal más portadora, las aves y los gatos con un 31,25% y un 21,87% son para los encuestados animales portadores. Nadie refiere la existencia de otras especies de animales que pudiesen ser portadoras.

Los animales y humanos pueden ser portadores de garrapatas (Figura 1), entre los animales se encuentran tanto los de vida doméstica como los de vida silvestre, como refiere el Ministerio de Sanidad de España, en el Plan Nacional de Prevención, Vigilancia y Control de Enfermedades Transmitidas por Vectores. Parte III. Enfermedades transmitidas por garrapatas, (2024), pueden ser portadores los bovinos, equinos, porcinos, aves, roedores, insectívoros, carnívoros, reptiles, conejos, liebres, ovinos, caprinos y hasta los humanos.

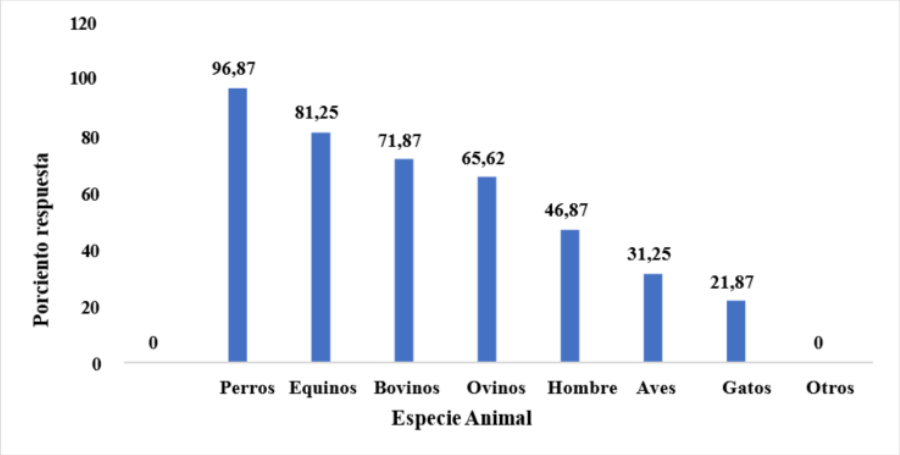


Figura 1. *Especies animales portadoras de garrapatas Fuente: Elaboración propia.*

Aun cuando el 6,25% de la población encuestada (fig.2.), plantea que la infestación por garrapatas no provoca ningún síntoma, el 87,37% de ellos asegura que los síntomas más frecuentes son los alérgicos, esto puede estar dado por las reacciones alérgicas ante la picadura de una garrapata, generalmente nos exponemos a rash cutáneo, enrojecimiento de la zona de la picadura, eritemas y algunas otras manifestaciones alérgicas.

Según el Manual MSD versión para el público en general, en línea, La mayoría de las picaduras de garrapatas no transmiten enfermedades y son indoloras. Sin embargo, a menudo causan un bulto rojo y picazón en el sitio de la picadura, y pueden provocar reacciones cutáneas alérgicas en algunas personas. El 53,12% de los encuestados exponen la fiebre como otro de los síntomas, el 40,62% aseguran que provoca malestar general y el 46,87% esbozan otros síntomas a las manifestaciones después de un evento de picadura por garrapatas.

Según el Centro para el Control y Prevención de Enfermedades (CDC, por sus siglas en Ingles), los síntomas tras la picadura de una garrapata son sarpullido, fiebre, fatiga, dolor de cabeza, dolor muscular e inflamación y dolor en las articulaciones. El tratamiento de las enfermedades transmitidas por las garrapatas se debe basar en los síntomas, los antecedentes de exposición a garrapatas y, en algunos casos, los resultados de un análisis de sangre. La mayoría de estas enfermedades se pueden tratar con una terapia corta con antibióticos.

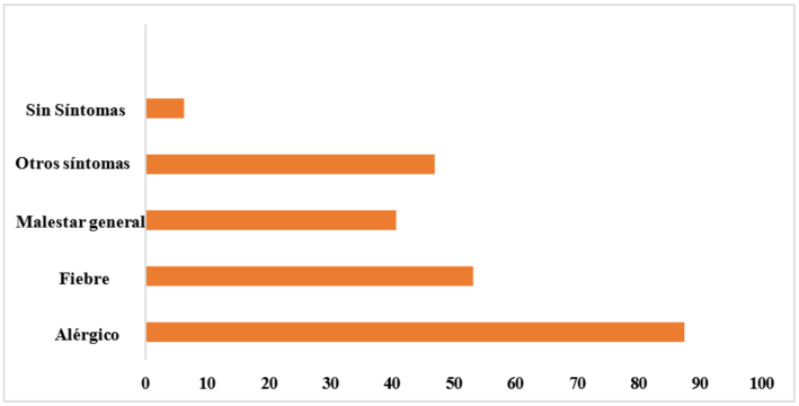


Figura 2. *Sintomatologías expresadas por los encuestados Fuente: Elaboración propia*

La percepción de riesgo de contraer una enfermedad tras la picadura por garrapatas como se evidencia en la figura 3, es baja, solo el 25% de los encuestados acudiría al centro de salud más cercano y el 37,5% espera a ver qué sucede o no acude. En relación a la prevención, continúa siendo prioridad tratar de evitar la picadura, aspecto este algo difícil de lograr por el elevado índice de infestación de los pastizales, el ineficiente uso de garrapaticidas y reportes de resistencia a varios de ellos, así como el deficiente tratamiento a los animales infestados incluyendo las mascotas. Nuestra zona geográfica presenta situación similar a la descrita anteriormente, por lo que la percepción de riesgo, al adentrarse en ellas, deviene herramienta esencial junto con la educación a la población en relación a la epidemiología de esta zoonosis (Rodríguez-González et al., 2017; UNAM-CENDI, 2021).

En el conocimiento de las enfermedades que pueden transmitir las garrapatas en dependencia de su origen en bacterianas, virales, parasitarias o de otra índole; sigue siendo alta la concepción de las molestias locales que podría ser asociado a una condición alérgica, como se evidencia en la figura 3, demostrado por los resultados en un 59,37% de los encuestados.

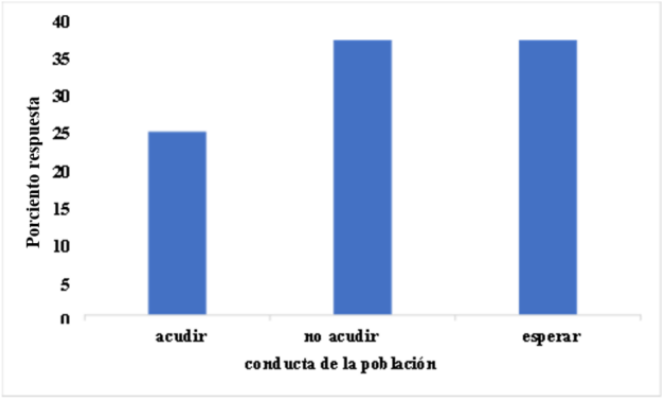


Figura 3. *Conducta de la población ante la picadura de las garrapatas. Fuente: Elaboración propia.*

En lo referente a las enfermedades de origen bacterianas se observó que el 46,87% de los encuestados aseguran su presencia y para el caso de las enfermedades parasitarias y virales, el 37,5% y el 9,37% respectivamente también aseguran que pueden estar presentes. El 15,62% de los encuestados creen que todas las enfermedades de origen bacteriana, parasitaria y viral pueden ser transmitidas por las garrapatas. Las garrapatas son portadoras de microorganismos importantes capaces de transmitir enfermedades en los animales y el hombre como bacterias constituyendo la *Borrelia Bugrdorferi sensu latus* identificada como causa de la enfermedad de Lyme, además se mencionan virus que ocasionan encefalitis y enfermedades hemorrágicas y otras como hongos y nematodos. En nuestro estudio no encontramos enfermedades descritas en otras zoogeografías como Estados Unidos de América, Eurasia y África lo que puede explicarse por la no existencia de las garrapatas que las producen en nuestro medio, pues estas mantienen cierto endemismo, lo que constituye un motivo para la vigilancia epidemiológica, al existir estimaciones predictivas de que pudieran aparecer en nuestra área geográfica (Rodríguez- Arranz et al., 2020).

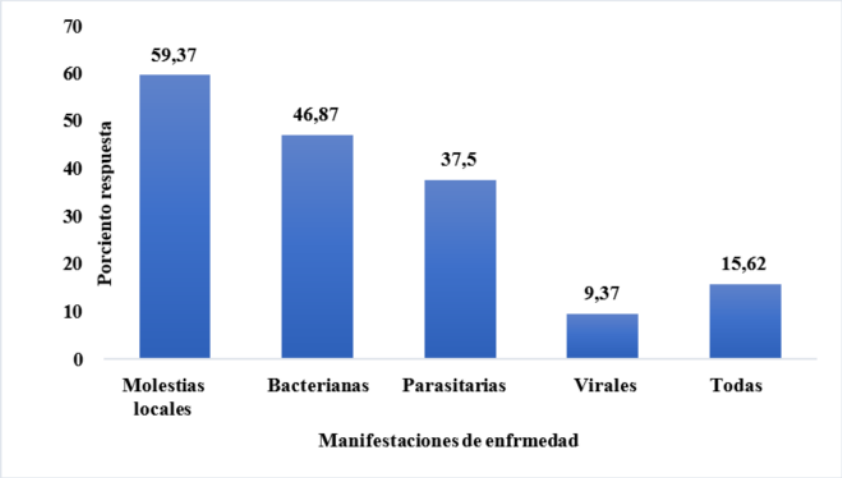


Figura 4. *Manifestación de enfermedades transmitidas por garrapatas. Fuente: Elaboración propia.*

BIBLIOGRAFÍA

Abdad, M. Y., Abdallah, R. A., Fournier, P., Stenos, J., & Vasoo, S. 2018. A concise review of the epidemiology and diagnostics of rickettsioses: Rickettsia and Orientia spp. Journal of Clinical Microbiology. 56(8): e01728-17. Disponible en: https://doi.org/10.1128/JCM.01728-17

Adem, P. V. 2019. Emerging and re-emerging rickettsial infections. *Seminars in Diagnostic Pathology*. 36(3); 146-151. Disponible en: https://doi.org/10.1053/j.semdp.2019.04.005.

Anaya-Ramírez, E., Palacios-Salvatierra, R., Mosquera, P., Álvarez, C., Peralta, C., Gonzales, R., & Sakuray, S. 2017. Prevalence of antibodies to rickettsias and ehrlichias in four border departments of Peru. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica*. 34(2): 268-272. Disponible en: https://doi.org/10.17843/rpmesp.2017.342.1812.

Beugnet F *et al*. 2013. Impact of climate change in the epidemiology of vector-borne diseases in domestic carnivores. *Comparative Immunology, Microbiology and Infectious Diseases*. 36(6): 559-566.

Comstedt, P., Schüler, W., Meinke, A., & Lundberg, U. 2017. The novel Lyme borreliosis vaccine VLA15 shows broad protection against Borrelia species expressing six different OspA serotypes. *PLoS ONE*. 12(9): 1-13. Disponible en: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0184357.

Cutler, S. J., Vayssier-Taussat, M., Estrada-Peña, A., Potkonjak, A., Mihalca, A. D., & Zeller, H. 2021. Tick-borne diseases and co-infection: current considerations. *Ticks and Tick-Borne Diseases*, 12(1): e101607. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2020.101607.

Dantas dos Santos, A. C., de Carvalho A. A., Gomes, M. P. A., Branco, A., Sangioni, L. A., Guedes da Silva A, J. R., 2016. Acaricidal activity of *Amburana cearensis* on the cattle tick *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*. *Ciencia Rural* [en línea]. 46 (3). Disponible en: http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20150334.

Dantas-Torres, F *et al*. 2016. Best practices for preventing vector-borne diseases in dogs and humans. *Trends in parasitology*. 32(1):43-55.

Díaz Jiménez, Nayely; Márquez Molina, Ofelia; Camacho Ruíz, E.J.; Contreras Landgrave, Georgina. 2024. La zoonosis desde una perspectiva psicosocial: Una revisión. *Revista Edúcate con Ciencia*. ISSN: 2007-6347. Tepic. Nayarit. Méjico. Disponible en: https://doi.org/10.58299/educatec.v32i3.787

ECDC. 2024. Centro Europeo de Control de Enfermedades. Disponible en: https://www.ecdc.europa.eu/en

enfermedades transmisibles. J. Chin (Ed). Control de enfermedades transmisibles. Decimoséptima edición. 29. publicación Científica y técnica No. 581. Disponible en: https://www3.paho.org/hq/dmdocuments/2010/9275315817.pdf.

Escárcega-Ávila, A. M., Luna-Flores, B. S., De la Mora-Covarrubias, A., & Jiménez, F. 2018. Análisis exploratorio de enfermedades Rickettsiales transmitidas por garrapatas en perros de Ciudad Juárez, Chihuahua, México. *Acta Universitaria*. 28(3): 72-78. Disponible en: https://doi.org/10.15174/au.2018.1678.

Fischhoff, I. R., Keesing, F., & Ostfeld, R. S. 2019. Risk factors for bites and diseases associated with black-legged ticks: a meta-analysis. *American Journal of Epidemiology*. 188(9): 1742-1750. Disponible en: https://doi.org/10.1093/aje/kwz130.

García, D. J., Rodríguez, R. I., Pulido, M. O., Díaz, A. M. y Andrade, R. J., 2016. Evaluación *in vitro* de *Cordyceps bassiana* (Ascomycota: Sordariomycetes) en el Control Biológico de *Rhipicephalus microplus*. *Rev Inv Vet Perú* [en línea]. 27(1). Disponible en: http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v27i1.11467.

Gutiérrez, G., Granados, D., & Piar, N. 2007. Interacciones humano-animal: características e implicaciones para el bienestar de los humanos. *Revista Colombiana de Psicología* (16). 163-183. Disponible en: https://www.redalyc.org/pdf/804/80401612.pd.

Hurtado, E. A., Bravo Loor, J. D., Arteaga, F. G., Mejía, O. M. V. y García Á. R. L. 2015. Evaluación del extracto acuoso de semilla de neem (*Azadirachta indica*) como garrapaticida en bovino. *ESPAMCIENCIA.* 6 (2):77–80.

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). 2013. Estrategias para el control integrado de garrapata (Boophilus spp.) en la producción de bovinos de carne en pastoreo en Tamaulipas. Disponible en: http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/jspui/bitstream/handle/123456789/3952/CIRNE_010208290000 51407ok.pdf?sequence=1.

Jore, S., Vanwambeke, S. O., Slunge, D., Boman, A., Krogfelt, K. A., Jepsen, M. T., & Vold, L. 2020. Spatial tick bite exposure and associated risk factors in Scandinavia. *Infection Ecology and Epidemiology*. 10(1):1-12. Disponible en: https://doi.org/10.1080/20008686.2020.1764693.

Karim, S., Kumar, D., & Budachetri, K. 2021. Recent advances in understanding tick and rickettsiae interactions.

Parasite Immunology. 43(5): 1-20. Disponible en: https://doi.org/10.1111/pim.12830.

Kim, H. K. 2022. Rickettsia-host-tick interactions: knowledge advances and gaps. *Infection and Immunity.* 90(9): 1-17. Disponible en: https://doi.org/10.1128/iai.00621-21.

Little, S. E. 2010. Ehrlichiosis and anaplasmosis in dogs and cats. Veterinary Clinics of North America: *Small Animal Practice*. 40(6): 1121-1140. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2010.07.004.

Madison-Antenucci, S., Kramer, L. D., Gebhardt, L. L., & Kauffman, E. 2020. Emerging Tick-Borne Diseases. *Clinical Microbiology Reviews*. 33(2): e00083-18. Disponible en: https://doi.org/10.1128/CMR.00083-18.

Mansfield, K. L., Jizhou, L., Phipps, L. P., & Johnson, N. 2017. Emerging tick-borne viruses in the twenty-first century. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*. 11(7): 298. Disponible en: https://doi.org/10.3389/fcimb.2017.00298.

Manual MSD. Versión para el publico en general. Disponible en: https://msdmanuals.com/es/hogar.

Moctezuma, C. (2019). Psicología: los perrhijos. Alethéia, Revista IEU Universidad. Disponible en: https://revista-aletheia.ieu.edu.mx/documentos/A_opinion/2019/3_Marzo/Art_Op_1.pdf.

Narladkar BW et al. 2018. Projected economic losses due to vector and vector-borne parasitic diseases in livestock of India and its significance in implementing the concept of integrated practices for vector management. *Veterinary World.* 11(2):151.

Organización Panamericana de la Salud. 2001. Vigilancia y notificación de las

Organización Panamericana de la Salud-Organización Mundial de la Salud (OPS-OMS). 2018. Plan De Acción Sobre Entomología y Control de Vectores 2018-2023. En 70Sesión del Comité Regional de la OMS para las Américas. Disponible en: https://www.paho.org/es/documentos/cd5611-plan-accion-sobre-entomologia-control-vectores-2018-2023.

Ortega-Morales, A. I., Nava-Reyna, E., Ávila-Rodríguez, V., González-Álvarez, V. H., Castillo-Martínez, A., Siller-Rodríguez, Q. K., Cabezas-Cruz, A., Dantas-Torres, F., & Almazán, C. 2019. Detection of Rickettsia spp. in Rhipicephalus sanguineus (sensu lato) collected from free-roaming dogs in Coahuila state, northern Mexico. *Parasites and Vectors.* 12(130): 1-7. Disponible en: https://doi.org/10.1186/s13071-019-3377-z.

Pavón Leyva, J. 2016. Efectos de acaricidas botánicos en el control de las garrapatas. REDVET. *Revista Electrónica de Veterinaria* [en linea]., 17(5), 1-7. ISSN: 1695-7504. . Disponible en: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63646252004.

Pieracci, E. G., Perez, J. D., Luna, D., Solis, M. E., Contreras, M. V., Drexler, N. A., Nicholson, W. L., Pérez, J. J., Chung, I. H., Kato, C., Barton, C., Gay, M. A., González, J. F., & Villarino, M. E. 2019. Seroprevalence of spotted fever group rickettsiae in canines along the United States-Mexico border. *Zoonoses and Public Health*. 66(8): 918-926. Disponible en: https://doi.org/10.1111/zph.12642.

Portillo, A., Santibáñez, S., García-Álvarez, L., Palomar, A. M., & Oteo, J. A. 2015. Rickettsioses in Europe. *Microbes and Infection*. 17(11-12): 834-838. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.micinf.2015.09.009.

Quintero, J. C., Paternina, L. E., Uribe, A., Muskus, C., Hidalgo, M., Gil, J., Cienfuegos, A. V., Osorio, L., & Rojas,

C. 2017. Eco-epidemiological analysis of rickettsial seropositivity in rural areas of Colombia: a multilevel approach. PLoS *Neglected Tropical Diseases*. 11(9): 1-19. Disponible en: https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0005892.

Rodríguez Arranz, Cristina; Oteo Revuelta, J.A. 2020. Enfermedades transmitidas por garrapatas. Del campo a tu consulta. En: AEPap (ed.). Congreso de Actualización Pediatría 2020. Madrid: Lúa Ediciones 3.0; p. 265-273.

Rodríguez-González I, Noda-Ramos A, Echevarria-Pérez E, Rodríguez-Barrera M, Iglesias-Hernández T, Lienhard R. 2017. Acerca de la enfermedad de Lyme en Cuba y su conocimiento en personal médico. *Revista Cubana de Salud*



Pública [Internet]. 44 (1). Disponible en: http://www.revsaludpublica.sld.cu/index.php/spu/article/view/1028.

Schielein, L., Tizek, L., Biedermann, T., & Zink, A. 2022. Tick bites in different professions and regions: pooled cross-sectional study in the focus area Bavaria, Germany. *BMC Public Health*. 22(1): 1-8. Disponible en: https://doi.org/10.1186/s12889-021-12456-3.

Socha W *et al.* 2022. Vector-borne viral diseases as a current threat for human and animal health—One Health perspective. Journal of Clinical Medicine. 11(11):3026.

Sosa-Gutierrez, C. G., Cervantes-Castillo, M. A., Laguna-Gonzalez, R., Lopez-Echeverria, L. Y., Ojeda-Ramírez, D., & Oyervides, M. 2021. Serological and molecular evidence of patients infected with Anaplasma phagocytophilum in Mexico. *Diseases*. 9(2): 37. Disponible en: https://doi.org/10.3390/diseases9020037.

Torres-Castro, M., Reyes-Novelo, E., Noh-Pech, H., Tello-Martín, R., Lugo-Caballero, C., Dzul-Rosado, K., Puerto-Manzano, F., & Rodríguez-Vivas, R. I. 2020. Personal and household factors involved in recent Rickettsia exposure in a rural population from Yucatán, Mexico. *Zoonoses and Public Health*. 67(5): 506-515. Disponible en: https://doi.org/10.1111/zph.12714.

Universidad Nacional Autónoma de Méjico-Centro de Desarrollo Infantil (UNAM-CENDI). Enfermedad por picadura de garrapata. *On-line.* Disponible en: https://www.personal.unam.mx/Docs/Cendi/picadura-garrapata.pdf.

Vatansever, Z., Gargili, A., Aysul, N. S., Sengoz, G., & Estrada-Peña, A. 2008. Ticks biting humans in the urban area of Istanbul. *Parasitology Research*. 102(3): 551-553. Disponible en: https://doi.org/10.1007/s00436-007-0809-z.

Walker, D. H., & Ismail, N. 2008. Emerging and re-emerging Rickettsioses: Endothelial cell infection and early disease events. *Nature Reviews Microbiology*. 6(5): 375-386. Disponible en: https://doi.org/10.1038/nrmicro1866.

PAS-38. La inclusión de torta de palmiste pretratada con *Pleurotus ostreatus* en dietas de sistemas convencionales y silvopastoriles para rumiantes mejora la degradación de la fibra y reduce la producción de metano *in vitro*

The inclusion of palm kernel cake pretreated with Pleurotus ostreatus in diets for ruminants in conventional and silvopastoral systems improves fiber degradation and reduces in vitro methane production.

A J Ibarra-Rondón[1]; L Rubiano Orozco[1]; P Fragoso Castilla[1]; A C Castro Pacheco[1]; D E Durán Sequeda[2]; R Barahona Rosales[3]; J E Mojica-Rodríguez[4]*

[1]Grupo de Investigación Parasitología Agroecología Milenio, Departamento de Microbiología, Universidad Popular del Cesar, 200004 Valledupar, Colombia.

[2]Grupo de Investigación Biotecnología y Genotoxicidad Ambiental, Departamento de Microbiología, Universidad Popular del Cesar, 200004 Valledupar, Colombia.

[3]Grupo de Investigación Interacciones Nutricionales, Metabólicas y Reproductivas En Bovinos, Departamento de Producción Animal, Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, 050034 Medellín, Colombia.

[4]Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), 202050 Agustín Codazzi, Colombia.

*Correspondencia a: aldoibarra@unicesar.edu.co

ABSTRACT

Agro-industrial lignocellulosic residues offer the potential to be bioconverted into fungal biomass as a high-nutritional-value feed alternative for ruminants, with potential to mitigate ruminal methane (CH_4) emissions under a circular bioeconomy approach. The objective of this study was to evaluate the differences in fermentation parameters and in vitro methane production in tropical forage-based diets from extensive and silvopastoral systems with the inclusion of 20% palm kernel cake fermented with *Pleurotus ostreatus* (F-PKC-Po). The inclusion of F-PKC-Po significantly increased ($p < 0.05$) the degradability of dry matter (DMD), NDFD, ADFD, and CPD by 16.94% to 17.32%, 10.96% to 23.86%, 25.75% to 27.5%, and 11.68% to 30.4%, respectively. Acetate production decreased ($p < 0.05$) and propionate production increased ($p < 0.05$), resulting in a lower acetate-to-propionate ratio in diets containing F-PKC-Po. Net CH_4 synthesis, CH_4/g of incubated DM, and CH_4/g of degraded DM significantly decreased ($p < 0.05$) by 15% to 24.3%, 15.6% to 24.9%, and 27.3% to 35.9%, respectively, in the F-PKC-Po diets. In conclusion, the use of F-PKC-Po as a component in tropical ruminant diets improves ration quality, optimizes ruminal fermentation parameters, and reduces in vitro methane emissions.

Keywords: *Agro-industrial byproducts; ruminant feeding; bioconversion; white-rot fungi; bioeconomy; methane*.

RESUMEN

Los residuos lignocelulósicos agroindustriales ofrecen la posibilidad de ser bioconvertidos a biomasa fúngica como alternativa alimenticia de alto valor nutritivo para rumiantes, con potencial en la mitigación de metano (CH_4) ruminal bajo un enfoque de bioeconomía circular. El objetivo de esta investigación fue evaluar las diferencias en los parámetros de la fermentación y producción de metano *in vitro* en dietas forrajeras tropicales de sistemas extensivos y silvopastoriles con la inclusión de un 20% de torta de palmiste fermentada con *P. ostreatus* (TPF-Po). La inclusión de TPF-Po resultó en incrementos ($p<0.05$) de la degradación de la Materia Seca (DMS), DFDN, DFDA y DPC en el rango de 16.94% a 17.32%, 10.96% a 23.86%, 25.75% a 27.5% y 11.68% a 30.4% en ese orden. La producción de acetato disminuyo ($p< 0.05$) y el propionato aumentó ($p< 0.05$), resultando en una relación A:P baja en las dietas con la inclusión de TPF-Po. La síntesis de CH_4 neto, CH_4/g MSi y mL CH_4/g MSd, disminuyó ($p< 0.05$) entre un 15% a 24.3%, 15.6% a 24.9% y 27.3% a 35.9% respectivamente en las dietas con TPF-Po. En conclusión, el uso de TPF-Po como fracción en dietas tropicales para rumiantes, mejora la calidad de las raciones, optimiza los parámetros de fermentación ruminal y reduce las emisiones de metano *in vitro*.

Palabras clave: *Subproductos agroindustriales; alimentación de rumiantes; bioconversión; hongos de pudrición blanca, bioeconomía; metano.*

INTRODUCCIÓN

La fermentación entérica es una de las fuentes más importante de gases de efecto invernadero (GEI) en el sector Agricultura, Silvicultura y otros usos del suelo (AFOLU), dado que por esta vía se emiten 3.0 gigatoneladas CO_2 -eq por año, representando el 23% de las emisiones del módulo AFOLU y un 7% de las emisiones de netas antropogénicas totales de GEI a nivel mundial (Nabuurs et al., 2022); además de simbolizar un gas de efecto invernadero, con un potencial de calentamiento global ≈ 25 veces el del CO_2 (United Nations Environment Programme, 2023). Las emisiones más significativas de CH_4 entérico se localizan en áreas tropicales en vías de desarrollo, como el sur de Asia, África y América Latina y el Caribe(Nabuurs et al., 2022). La magnitud de estas emisiones en regiones ecuatoriales, se relacionan



con la baja calidad composicional de los forrajes usados en la alimentación animal, particularmente en época seca, caracterizados por baja disponibilidad y altos contenidos de carbohidratos estructurales formando complejos con la lignina, que afectan su digestibilidad, propiciando la ruta de ácidos grasos de cadena corta como el acetato (Astudillo-Neira et al., 2022), lo que resulta en una mayor disponibilidad hidrógeno (H_2) metabólico, un sustrato principal en la formación de CH_4 por las archaeas metanogénicas (Kamke et al., 2016); Sumado a pérdidas en la eficiencia alimenticia ruminal que oscilan entre el 2% y el 12% (Alemu et al., 2011; Johnson & Ward, 1996).

Esta situación plantea la implementación de prácticas alimenticias que mejoren la digestibilidad de los nutrientes a nivel ruminal y disminuyan las emisiones de CH_4 por unidad de producto obtenido (Shah et al., 2022; Gómez Palencia et al., 2021).

En este contexto, las estrategias de mitigación que se centran en optimizar la calidad nutritiva de las dietas basadas en forrajes, ofrecen gran posibilidad de adopción por parte de los productores, entre las que se resaltan la incorporación de leguminosas arbóreas como follajes, ya que contienen altos niveles de proteínas, carbohidratos fermentables y fitoquímicos que, modulan la fermentación ruminal y reducen las emisiones de metano entérico (Ibarra-Rondón et al., 2022; Molina-Botero et al., 2019). Los subproductos agroindustriales han surgido como otra opción prometedora en la alimentación de rumiantes debido a su potencial nutricional cuando se incluyen a la dieta animal. La torta de almendra de palma (*Elaeis guineensis* Jacq.) es una biomasa residual lignocelulosa ampliamente disponible durante la producción de aceite de palma que, ha demostrado ser fuente de proteína y energía para la alimentación de ganado (Candyrine et al., 2018). Sin embargo, su uso eficiente en dietas de rumiantes puede estar limitado por su contenido de lignina (17.3% de MS) y otros compuestos antinutricionales que pueden afectar negativamente la digestibilidad y la fermentación ruminal, con implicaciones en la productividad animal (Castillo Vargas & Mezzomo, 2023; Jamarun et al., 2020).

Bajo un enfoque de biorrefinería y bioeconomía circular, el pretratamiento biológico para eliminar la lignina de los residuos vegetales constituye una estrategia costo-efectiva que, genera valor al material lignocelulolítico para su uso en la alimentación de rumiantes (Fitriyah et al., 2022), a través de procesos verdes y medio ambientalmente sostenibles (Nasir et al., 2023). Los hongos de la podredumbre blanca como *Pleurotus ostreatus*, se han estudiado ampliamente debido a la capacidad de degradar, despolimerizar y modificar componentes estructurales de pared celular en diferentes residuos lignocelulolíticos de la palma de aceite como torta de palmiste (David et al., 2023; Azzahra et al., 2022),con aplicaciones biotecnológica en la bioconversión de estos subproductos a biomasa fúngica, cuya composición rica en proteínas y baja en lignina, constituye una alternativa efectiva para ofrecer alimentos nutricionalmente digeribles para los bovinos con potencial en la reducción de metano entérico (Isaac et al., 2022; Khonkhaeng & Cherdthong, 2019).. Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la inclusión de torta de palmiste pretrada con *P. ostreatus* sobre la dinámica de la fermentación y la producción de metano *in vitro*; partiendo de la hipótesis que, la incorporación de torta de palmiste fermentada en dietas tropicales para rumiantes mejoraría la degradación de componentes fibrosos en la dieta con reducciones en la síntesis de metano.

MATERIALES Y MÉTODOS

Consideraciones éticas

El uso, manejo y tratamiento de los animales en este estudio fueron aprobados por el Comité de Cuidado y Uso de Animales de la Universidad Nacional de Colombia (Protocolo No. CICUA-013).

Diseño experimental y tratamientos

Se consideró un diseño experimental completamente al azar que incluyó siete dietas o tratamientos (ver tabla 1), las cuales fueron formuladas con base en el consumo de materia seca (CMS) de animales en pastoreo bajo un sistema convencional con pasto Guinea (*Megathyrsus maximus*) o sistemas silvopastoriles con Leucaena (*Leucaena leucocephala*) o Guácimo (*Guazuma ulmifolia*), (Estrada López et al., 2018; Mejia Diaz et al., 2017) incorporando torta de palmiste biofermentada con el hongo *P. ostreatus* al 20% de inclusión (Ibarra-Rondón et al., 2025).

Tabla 1. *Nivel de inclusión (%) de los diferentes alimentos en las dietas experimentales.*

Dietas	*Megathyrsus maximus*	*Leucaena leucocephala*	*Guazuma ulmifolia*	TPNF	TPF-Po
MM	100	-	-	-	-
CS-L	70	30	-	-	-
CS-G	70	-	30	-	-
CS-TPNF	80	-	-	20	-
CS-TPF-Po	80	-	-	-	20
CS-L- TPF-Po	70	10	-	-	20
CS-G- TPF-Po	70	-	10	-	20

MM= 100% Megathyrsus maximus; MM-L = 70% MM + 30% L (Leucaena leucocephala); MM-G = 70% MM + 30% G (Guazuma ulmifolia); MM-TPNF = 80% MM + 20% torta de palmiste no fermentada (TPNF); MM-TPF-Po = 80% MM + 20% torta de palmiste fermentada con P. ostreatus (TPF-Po); MM-TPF-Po = 70% MM + 10% L + 20% TPF-Po; MM-TPF-Po = 70% MM + 10% G + 20% TPF-Po.

Todas las muestras forrajeras fueron cosechadas durante la temporada seca en el Centro de Investigación Motilonia de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), Agustín Codazzi, Cesar, Colombia (10°00'07"N, 73°14'51"O; 160 msnm) utilizando el método manual de deshoje. Después del secado, las muestras fueron molidas a una longitud aproximada de 2 mm.

Composición química de las dietas experimentales

La proteína cruda (PC), la fibra en detergente neutro (FDN) y la fibra en detergente ácido (FDA), se determinaron mediante espectroscopía de infrarrojo cercano (NIRS) (Ariza Nieto et al., 2020).

Fermentación ruminal in vitro a corto plazo (48 horas)

Se llevó a cabo un experimento in vitro utilizando la técnica de producción de gas (Theodorou et al., 1994). El contenido ruminal (líquido y sólido) para el inóculo inicial se obtuvo de tres vacas de raza Holstein (700 ± 25 kg de peso vivo) equipadas con una cánula ruminal permanente, alimentadas con una dieta a base de pasto Kikuyo (Cenchrus clandestinus).

Degradabilidad de nutrientes in vitro en el rumen

Después de 24 y 48 horas, el proceso de fermentación se detuvo sumergiendo los frascos en agua fría con hielo. El cálculo de la degradabilidad ruminal (%DR) se realizó mediante el método gravimétrico. La %DR de la materia seca (MS) de la dieta se determinó dividiendo la cantidad de MS degradada (calculada como la diferencia entre la MS incubada y la MS residual) por la cantidad de MS incubada, multiplicado por 100.

En la MS residual, se determinó el porcentaje de FDN y FDA según lo propuesto por (Van Soest et al., 1991), y la %DR de FDN (DFDN) y FDA (DFDA) se calculó como la relación entre la FDN o FDA degradada y la FDN o FDA incubada. La degradabilidad de la proteína cruda (DPC) se determinó tras el desprendimiento de los microorganismos ruminales con una solución de metilcelulosa (Huntington & Givens, 1997; Whitehouse et al., 1994).

Gas and Methane (CH4) Volume Measurement

El volumen de gas se midió a las 3, 6, 9, 12, 24 y 48 horas utilizando un transductor de presión (Lutron Electronic Enterprise Co. Ltd., Taipéi, Taiwán) conectado a un manómetro digital de amplio rango (Sper Scientific, Arizona, EE. UU.) y a una jeringa de 60 mL mediante una válvula de tres vías (Theodorou et al., 1994). El pH se midió utilizando un medidor de pH (Metrohm modelo 704). La cuantificación del metano (CH□) se realizó mediante cromatografía de gases (Shimadzu GC-2014) equipada con un detector de ionización de llama (FID), operado a través de la estación de datos GC-Solution con inyección manual utilizando jeringas VICI® de 25 µL, siguiendo la metodología descrita por Vera et al. (Vera et al., 2018). Se utilizó una columna Stabilwax® - DA de 30 m de longitud, 0,53 mm de diámetro interno y 0,25 µm de espesor de película. El estándar utilizado fue metano gaseoso al 9,99% en nitrógeno grado 5 como gas portador, certificado por Cryogas análisis instrumental. Las condiciones cromatográficas fueron: gas portador: nitrógeno a 42 mL/min, y temperatura del inyector: 250 °C.

Determinación de la concentración de ácidos grasos volátiles

Se colocó un alícuota de 0,8 mL de las muestras en tubos Eppendorf junto con 0,5 mL de una solución desproteinizante y acidificante compuesta por ácido metafosfórico al 10% y ácido crotónico al 0,06% en HCl 0,5 N. Posteriormente, los tubos se sometieron a tres ciclos de centrifugación a 14.000 rpm durante 13 minutos a una temperatura de 4 °C (Mikro 320R, Hettich Zentrifugen®). Luego, se tomó 1 mL del líquido sobrenadante y se transfirió a un vial para su posterior análisis cromatográfico.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Analisis de la composisicíon química de las dietas experimentales

Los valores de Fibra Detergente Neutra (FDN) y Fibra Detergente Ácida (FDA) disminuyeron entre un 6,04% y un 13,4% y entre un 12,0% y un 18,7%, respectivamente, en las dietas MM-L , MM-G, MM-TPNF, MM-TPF-Po, MM-L-TPF-Po, MM-G-TPF-Po, en comparación con la dieta control (CS). Estas reducciones se atribuyen a un efecto de sustitución, en el cual componentes estructurales de las dietas basales fueron reemplazados por aditivos de mayor calidad. Este efecto se debe en parte a la biodelignificación y a la incorporación de proteína proveniente de *Pleurotus ostreatus* en la torta de palmiste, lo cual representa una estrategia prometedora para mejorar el valor nutricional y optimizar la digestibilidad de nutrientes a partir de sustratos fibrosos.

Tabla 2. *Composición química de las dietas experimentales.*

Parámetros, % DM	Dietas						
	MM	MM-L	MM-G	MM-TPNF	MM-TPF-Po	MM-L-TPF-Po	MM-G-TPF-Po
PC	9.36	16.1	14.7	15.25	10.75	14.41	12.81
FDN	66.00	56.0	60.7	59.72	62.01	59.82	57.12
FDA	37.99	30.8	34.9	32.84	33.43	31.85	30.88

Así, la adición tanto de leguminosas como de subproductos agroindustriales fermentados con hongos de pudrición blanca (WRF, por sus siglas en inglés) podría aumentar la productividad ganadera, ya que incrementa el suministro de proteína y azúcares aprovechables en la dieta. En consecuencia, el tratamiento de la torta de palmiste con WRF mejoraría su valor como alimento para el ganado, mediante un efecto combinado de reducción en la lignificación de la fibra, aumento del contenido de proteína y mejora en la degradabilidad de la dieta.

Producción de Gas, Síntesis de Metano y Parámetros de Fermentación Ruminal in vitro

En la Tabla 3, se reportan los resultados observados después de la fermentación ruminal a corto plazo para la producción de metano (CH_4), ácidos grasos volátiles (AGVs) y la degradación ruminal de los componentes en dietas formuladas a partir de *M. maximus* y sus mezclas con TPFP-Po, *G. ulmifolia* y *L. leucocephala*.

Tabla 3. *Parámetros de fermentación ruminal in vitro y degradabilidad de nutrientes de las dietas experimentales después de 48 horas de incubación.*

PARÁMETROS	DIETAS							*p* - Value
	MM	MM-L	MM-G	MM-TPNF	MM-TPF-Po	MM-L-TPF-Po	MM-G-TPF-Po	
% DMS	51.4±0.95b	59.5±0.96a	59.52±1.05a	50.0±1.23b	60.0±3.87a	60.6±1.07a	60.5±2.32a	<0.001
% DFDN	45.6±0.85c	51.1±1.53b	50.2±0.32b	44.9±1.31c	56.5 ±4.21a	55.2 ±1.21a	50.6±1.04b	<0.001
% DFDA	40.0±3.53c	47.2±1.78b	47.7±0.64b	43.7±1.29bc	51.0±4.75a	50.4±1.34a	50.3±0.98a	0.0007
% DPC	50.5±0.81c	66.3±1.58a	57.8±0.84b	53.5±1.05bc	63.0±3.58a	65.9±0.93a	56.4±0.65b	<0.001
pH	6.54±0.08	6.57±0.005	6.62±0.06	6.65±0.03	6.64±0.07	6.6±0.04	6.62±0.05	0.18
Ácido Acetico (mmol/L)	20.4±1.14a	16.1±0.69bc	16.4±0.49bc	16.2±1.2bc	16.8±0.55b	15.2±0.4c	16.4±0.5bc	<0.001
Ácido Propionico (mmol/L)	7.6±2.28d	8.76±0.39c	8.93±0.78c	9.72±0.07ab	10.1±0.23a	9.22±0.31b	8.61±0.25c	<0.001
Ácido Butirico (mmol/L)	3.73±0.40a	2.78±0.05b	2.64±0.26b	2.62±0.20b	2.62±0.2b	2.68±0.15b	2.76±0.2b	<0.001
Acetato/propionato	2.65±0.13a	1.88±0.15b	1.89±0.23b	1.70±0.13c	1.68±0.04c	1.69±0.02c	1.81±0.09b	<0.001
Gas producido (mL)	85.8±2.25b	95.7±0.5a	95.2±1.13a	88.1±2.03b	98±1.61a	96±1.46a	89.8±0.88b	<0.001
CH_4 producido (mL)	14.0±0.07a	11.6±0.53c	11.4±0.49c	12.5±0.62b	11.9±0.22bc	10.8±0.27d	10.6±0.32d	<0.001
mL CH_4/g MS incubada	28.1±0.13a	22.2±0.3b	22.7±0.92b	23.6±0.96c	23.7±0.43c	21.6±0.55d	21.1±0.64d	<0.001
mL CH_4/g MS degradada	54.6±1.26a	36.3±1.5b	37.5±3.4b	38.8±1.6bc	39.7±1.81bc	35.7±1.40cd	35.0±2.01d	<0.001

DMS: degradación de la materia seca; DFDN: degradación de la fibra detergente neutra; DFDA: degradación de la fibra detergente ácida; DPC: degradación de la proteína cruda.

La DMS, DFDN, DFDA y DPC aumentaron ($p<0.05$) entre 16.9-17.3%, 10.9-23.8%, 25.7-27.5% y 11.6-30.4%, respectivamente, en las dietas con inclusión de torta de palmiste fermentada o no fermentada y follaje de leguminosas en comparación con la dieta control. Este comportamiento en la degradabilidad de estas fracciones podría estar asociado con una menor contribución de carbohidratos estructurales y un mayor contenido de proteína cruda (PC), lo cual proporciona nitrógeno adicional para apoyar el crecimiento microbiano, mejorando así la desaparición ruminal de los componentes orgánicos (Pazla et al., 2020).

La síntesis de acetato, butirato y la relación A:P disminuyeron ($p<0.05$), mientras que el propionato aumentó ($p<0.05$) en las dietas con la adición de torta de palmiste fermentada o no fermentada y follaje de leguminosas. La producción de ácidos grasos volátiles (AGV) a partir de la fermentación de carbohidratos representa entre el 70% y el 80% de las reservas energéticas de los rumiantes y es un indicador de la degradabilidad del alimento (Wang et al., 2023).

La producción (mL) de metano neto, CH4/g de materia seca incubada (CH4 g/iMS) y mL de CH4/g de materia seca degradada (CH4 g/dMS) disminuyó ($p< 0.05$) entre un 15 a 24.3%, 15.6 a 24.9% y 27.3 a 35.9%, respectivamente, en las dietas con inclusión de arbustos leguminosos y torta de palmiste fermentada o no fermentada, en comparación con la dieta sin inclusión (MM). La biomasa lignocelulósica fermentada con P. ostreatus en dietas para rumiantes tropicales es una estrategia prometedora para mejorar el valor nutricional y reducir las emisiones de metano entérico.

CONCLUSIONES

La inclusión combinada de palmiste fermentado con *Pleurotus ostreatus* (FPKC) junto con *Leucaena leucocephala* o *Guazuma ulmifolia* en dietas basadas en pastos tropicales puede mejorar la degradación de nutrientes y reducir la producción de metano in vitro. Esta estrategia tiene el potencial de mejorar la eficiencia de la fermentación ruminal, aumentar la sostenibilidad de los sistemas de producción de rumiantes y contribuir a mitigar el impacto ambiental asociado con las emisiones entéricas de metano.

BIBLIOGRAFÍA

Alemu, A. W., Ominski, K. H., & Kebreab, E. (2011). Estimation of enteric methane emissions trends (1990-2008) from Manitoba beef cattle using empirical and mechanistic models. *Canadian Journal of Animal Science*, *91*(2), 305–321. https://doi.org/10.4141/cjas2010-009

Ariza Nieto, C., Mayorga Mogollón, O. L., Parra Forero, D. M., Camargo Hernández, D. B., Buitrago Albarado, C. P., & Moreno Rodríguez, J. M. (2020). *Tecnología NIRS para el análisis rápido y confiable de la composición química de forrajes tropicales*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia). https://doi.org/10.21930/agrosavia.folded105

Astudillo-Neira, R., Muñoz-Nuñez, E., Quiroz-Carreno, S., Avila-Stagno, J., & Alarcon-Enos, J. (2022). Bioconversion in Ryegrass-Fescue Hay by Pleurotus ostreatus to Increase Their Nutritional Value for Ruminant. *Agriculture (Switzerland)*, *12*(4). https://doi.org/10.3390/agriculture12040534

Azzahra, Y. R., Toharmat, T., & Prihantoro, I. (2022). Bio-processing Plantation by-products with White Oyster Mushroom (Pleurotus ostreatus) to Improve Fermentability and Digestibility Based on Substrate Type and Fermentation Time. *Buletin Peternakan*, *46*(4), 228. https://doi.org/10.21059/buletinpeternak.v46i4.74574

Candyrine, S. C. L., Mahadzir, M. F., Garba, S., Jahromi, M. F., Ebrahimi, M., Goh, Y. M., Samsudin, A. A., Sazili, A. Q., Chen, W. L., Ganesh, S., Ronimus, R., Muetzel, S., & Liang, J. B. (2018). Effects of naturally-produced lovastatin on feed digestibility, rumen fermentation, microbiota and methane emissions in goats over a 12-week treatment period. *PLoS ONE*, *13*(7). https://doi.org/10.1371/journal.pone.0199840

Castillo Vargas, J. A., & Mezzomo, R. (2023). Effects of palm kernel cake on nutrient utilization and performance of grazing and confined cattle: a meta-analysis. *Tropical Animal Health and Production*, *55*(2). https://doi.org/10.1007/s11250-023-03530-6

David, A., Mshandete, A. M., & David, A. B. (2023). Valorization of palm oil wastes into oyster mushrooms (Pleurotus HK-37) and biogas production. *Qeios*, 1–22. https://doi.org/10.32388/YS6L57

Estrada López, I., Esparza Jiménez, S., Albarrán Portillo, B., Yong Angel, G., Rayas Amor, A. A., & García Martínez, A. (2018). Evaluación productiva y económica de un sistema silvopastoril intensivo en bovinos doble propósito en Michoacán, México. *CIENCIA Ergo Sum*, *25*(3), 1–13. https://doi.org/10.30878/ces.v25n3a7

Fitriyah, F., Aziz, M. A., Wahyuni, S., Fadila, H., Permana, I. G., Priyono, & Siswanto. (2022). Nutritional improvement of oil palm and sugarcane plantation waste by solid-state fermentation of Marasmiellus palmivorus. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *974*(1). https://doi.org/10.1088/1755-1315/974/1/012121

Gómez Palencia, L., Pulido, A. S., Quitian, H. M., Felipe, C., Triana, T., & Luna, D. M. (2021). *INTENSIDAD DE EMISIONES POR UNIDAD DE PRODUCTO PARA LA GANADERIA BOVINA EN COLOMBIA*. https://biocarbono.org/wp-content/uploads/2021/09/03-intensidad-emisiones-unidad-producto-ganaderia-bovina-colombia.pdf

Huntington, J. A., & Givens, D. I. (1997). Studies on in situ degradation of feeds in the rumen: 1. Effect of species, bag mobility and incubation sequence on dry matter disappearance. In *Animal Feed Science Technology* (Vol. 64).

Ibarra-Rondón, A., Durán-Sequeda, D. E., Castro-Pacheco, A. C., Fragoso-Castilla, P., Barahona-Rosales, R., & Mojica-Rodríguez, J. E. (2025). Optimization of Palm Kernel Cake Bioconversion with P. ostreatus: An Efficient Lignocellulosic Biomass Value-Adding Process for Ruminant Feed. *Fermentation*, *11*(5), 251. https://doi.org/10.3390/fermentation11050251

Ibarra-Rondón, A. J., Fragoso-Castilla, P. J., Giraldo-Valderrama, L. A., & Mojica-Rodríguez, J. E. (2022). Effect of tropical forage species in silvopastoral arrangements on methane production and in vitro fermentation parameters



in a RUSITEC system. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, *35*(4), 217–232. https://doi.org/10.17533/udea.rccp.v35n4a02

Isaac, B. O., Egigba, G. O., Bamikole, M. A., & Ezenwa, I. V. (2022). CHEMICAL COMPOSITION AND IN VITRO FERMENTATION OF RAW AND BIODEGRADED OIL PALM PRESSED FIBRE (PPF) AND PPF-BASED DIETS. *International Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*, *8*(5). www.cirdjournal.com/index.php/irjaset/index:E-mail:journals@cird.onlinepg.1

Jamarun, N., Pazla, R., Zain, M., & Arief, A. (2020). Milk quality of Etawa crossbred dairy goat fed combination of fermented oil palm fronds, Tithonia (Tithonia diversifolia) and Elephant Grass (Pennisetum Purpureum). *Journal of Physics: Conference Series*, *1469*(1). https://doi.org/10.1088/1742-6596/1469/1/012004

Johnson, D. E., & Ward, G. M. (1996). Estimates of animal methane emissions. *Environmental Monitoring and Assessment*, *42*(1–2), 133–141. https://doi.org/10.1007/BF00394046

Kamke, J., Kittelmann, S., Soni, P., Li, Y., Tavendale, M., Ganesh, S., Janssen, P. H., Shi, W., Froula, J., Rubin, E. M., & Attwood, G. T. (2016). Rumen metagenome and metatranscriptome analyses of low methane yield sheep reveals a Sharpea-enriched microbiome characterised by lactic acid formation and utilisation. *Microbiome*, *4*. https://doi.org/10.1186/s40168-016-0201-2

Khonkhaeng, B., & Cherdthong, A. (2019). Pleurotus ostreatus and volvariella volvacea can enhance the quality of purple field corn stover and modulate ruminal fermentation and feed utilization in tropical beef cattle. *Animals*, *9*(12). https://doi.org/10.3390/ani9121084

Mejia Diaz, E., Mahecha Ledesma, L., & Angulo Arizala, J. (2017). Consumo de materia seca en un sistema silvopastoril de Tithonia diversifolia en trópico alto. *Agronomía Mesoamericana*, *28*(2), 389. https://doi.org/10.15517/ma.v28i2.23561

Molina-Botero, I. C., Arroyave-Jaramillo, J., Valencia-Salazar, S., Barahona-Rosales, R., Aguilar-Pérez, C. F., Ayala Burgos, A., Arango, J., & Ku-Vera, J. C. (2019). Effects of tannins and saponins contained in foliage of Gliricidia sepium and pods of Enterolobium cyclocarpum on fermentation, methane emissions and rumen microbial population in crossbred heifers. *Animal Feed Science and Technology*, *251*, 1–11. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2019.01.011

Nabuurs, G.-J., Mrabet, A., Abu Hatab, M., Bustamante, H., Clark, P., Havlík, J., House, C., Mbow, K. N., Ninan, A., Popp, S., Roe, B., Sohngen, S., & Towprayoon. (2022). Agriculture, Forestry and Other Land Uses (AFOLU). In *Climate Change 2022 - Mitigation of Climate Change* (pp. 747–860). Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/9781009157926.009

Nasir, J. A., Chand, N., Naz, S., Alhidary, I. A., Khan, R. U., Batool, S., Zelai, N. T., Pugliese, G., Tufarelli, V., & Losacco, C. (2023). Dietary Oyster Mushroom (Pleurotus ostreatus) Waste Inhibits Experimentally Induced Eimeria tenella Challenge in Japanese Quails Model. *Animals*, *13*(21). https://doi.org/10.3390/ani13213421

Pazla, R., Jamarun, N., Agustin, F., Zain, M., Arief, & Cahyani, N. O. (2020). Effects of supplementation with phosphorus, calcium and manganese during oil palm frond fermentation by phanerochaete chrysosporium on ligninase enzyme activity. *Biodiversitas*, *21*(5), 1833–1838. https://doi.org/10.13057/biodiv/d210509

Shah, A. M., Qazi, I. H., Matra, M., & Wanapat, M. (2022). Role of Chitin and Chitosan in Ruminant Diets and Their Impact on Digestibility, Microbiota and Performance of Ruminants. In *Fermentation* (Vol. 8, Issue 10). MDPI. https://doi.org/10.3390/fermentation8100549

Theodorou *'a, M. K., Williams, B. A., Dhanoa, M. S., Mcallan, A. B., & France, J. (1994). A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology*, *48*, 185–197.

United Nations Environment Programme. (2023). *An eye on methane*. https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/44129

Van Soest, P. J., Robertson, J. B., & Lewis, B. A. (1991). Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition. *Journal of Dairy Science*, *74*(10), 3583–3597. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2

Vera, N., Gutiérrez, C., Allende, R., Williams, P., Fuentealba, C., & Ávila-Stagno, J. (2018). Dose–response effect of a pine bark extract on *in vitro* ruminal ammonia and methane formation kinetics. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A — Animal Science*, *68*(4), 181–189. https://doi.org/10.1080/09064702.2019.1694575

Wang, Y., Gou, C., Chen, L., Liao, Y., Zhang, H., Luo, L., Ji, J., & Qi, Y. (2023). Solid-State Fermentation with White Rot Fungi (Pleurotus Species) Improves the Chemical Composition of Highland Barley Straw as a Ruminant Feed and Enhances In Vitro Rumen Digestibility. *Journal of Fungi*, *9*(12). https://doi.org/10.3390/jof9121156

Whitehouse, N. L., Olson, V. M., Schwab, C. G., Chesbrot, W. R., Cunningham4, K. D., & Lykos5, T. (1994). *Improved Techniques for Dissociating Particle-Associated Mixed Ruminal Microorganisms from Ruminal Digesta Solids1f2*. https://academic.oup.com/jas/article-abstract/72/5/1335/4654476

PAS-39. Influencia del consumo de harina de palmiche, fruto de la Palma Real (*Roystonea regia*) en las características de la canal, calidad de la carne y atributos sensoriales de pollos de ceba

Influence of palm nut meal consumption, fruit of the Royal Palm (*Roystonea regia*), on carcass characteristics, meat quality and sensory attributes of broiler chickens

M Martínez Pérez[1], I Rodríguez-Álvarez[2], B Rodríguez Sánchez[1], L Ayala González[1], Y García Hernández[1] y M Herrera-Villafranca[1]

[1]Instituto de Ciencia Animal (ICA), Km 47 ½ Carretera Central, San José de Las Lajas, Mayabeque, Cuba.

[2]Instituto de Investigaciones de la Industria Alimenticia. La Habana, Cuba.

[*]Correspondencia a: madeleidymartinez@gmail.com

RESUMEN

El objetivo fue evaluar la influencia del consumo de harina de palmiche en las características de la canal, calidad de la carne y atributos sensoriales de pollos de ceba. Se emplearon cuatro tratamientos experimentales: control y la sustitución de 5, 10 y 15% de harina de palmiche. Se estudió el rendimiento de la canal, grasa abdominal y la calidad de la carne (tecnológicos y composición de humedad, cenizas y ácidos grasos). En los tratamientos control y 15%, se realizó análisis de los atributos color, olor, sabor, sequedad, dureza, jugosidad y calidad global. No se encontraron diferencias entre tratamientos para el peso de la canal y pH a los 45 minutos y 24 horas *postmortem*. Hubo reducción de la grasa abdominal con 5 y 15% respecto al control (13.00 y 11.96 vs 17.02 g/kg). No se encontraron diferencias en el color, excepto para la luminosidad en el muslo que fue superior con la inclusión de 10 y 15% (48.62 y 49.22) respecto al 5% (45.32). La composición de ácidos grasos en muslo y pechuga mostró que las aves depositaron los ácidos oleico, linoleico y palmítico en mayor concentración. La humedad aumentó en el 5 y 10% respecto al control y el 15%, que no difirieron entre sí. Se mejoró la intensidad del sabor y la calidad global al incluir la oleaginosa al 15% en ambas porciones. El consumo de 15% de harina de palmiche no modifica el rendimiento de la canal, reduce la grasa abdominal e incide positivamente en los indicadores sensoriales y de calidad de la carne de los pollos de ceba.

Palabras clave: *alimento animal; aves; oleaginosa*

ABSTRACT

The objective was to evaluate the influence of palm nut meal consumption on carcass characteristics, meat quality, and sensory attributes of broiler chickens. Four experimental treatments were used: control and 5%, 10%, and 15% palm nut meal replacement. Carcass yield, abdominal fat, and meat quality (technological and composition of moisture, ash, and fatty acids) were studied. In the control and 15% treatments, analyses were performed on the attributes color, odor, flavor, dryness, firmness, juiciness, and overall quality. No differences were found between treatments for carcass weight and pH at 45 minutes and 24 hours postmortem. Abdominal fat was reduced with 5% and 15% compared to the control (13.00 and 11.96 vs. 17.02 g/kg). No differences were found in color, except for luminosity in the thigh, which was greater with the inclusion of 10% and 15% (48.62 and 49.22) compared to 5% (45.32). The fatty acid composition of the thigh and breast meat showed that the birds deposited oleic, linoleic, and palmitic acids in higher concentrations. Moisture increased in the 5% and 10% compared to the control and 15%, which did not differ. Flavor intensity and overall quality were improved by including 15% of the oilseed in both portions. Consuming 15% palm nut meal does not alter carcass yield, reduces abdominal fat, and positively impacts the sensory and meat quality indicators of broiler chickens.

Keywords: *animal feed; poultry; oilseeds*

INTRODUCCIÓN

La carne de aves se ajusta a la demanda actual de los consumidores por ser baja en grasa, con alto grado de insaturación en sus ácidos grasos (AG) y niveles bajos de sodio y colesterol. También se puede considerar como un "alimento funcional", que proporciona sustancias bioactivas con efectos favorables en la salud humana, como el ácido linoleico conjugado, vitaminas y antioxidantes y una razón equilibrada de n-6 a n-3 (Akbar et al., 2017). Para que se logren estas características, es primordial el uso de fuentes alimenticias con un buen balance de AG.

En las zonas tropicales existe una amplia variedad de recursos disponibles que se pueden utilizar en la alimentación de especies monogástricas. Entre ellos se incluyen las plantas de la familia Arecaceae, con múltiples usos: ornamentales, industriales, medicinales y nutricionales (Broschat, 2017). La palma real, *Roystonea regia* (Kunth) O.F. Cook, es la más abundante de esta familia en Cuba y provee distintos productos con trascendencia económica, como su fruto, el palmiche (Ly y Grageola, 2016). Este, está disponible durante la mayor parte del año y es una fuente de grasa, localmente disponible para emplearse en la alimentación animal.

El palmiche se utiliza tradicionalmente en la cría de ganado porcino desde hace más de quinientos años (Oliva et al, 2018). Sin embargo, la mayoría de los conocimientos acumulados son empíricos, puntuales y en ocasiones contradictorios. En el caso de las aves, en la literatura científica disponible, no se han encontrado resultados y tampoco en el efecto de su empleo en la calidad de la canal y la carne y sus atributos sensoriales.

De ahí que exista la necesidad de trabajar con vistas al mejor aprovechamiento de este recurso autóctono, que contribuya a una ganadería sostenible y económica. Es por ello, que el objetivo de este trabajo fue evaluar la influencia del consumo de harina de palmiche, fruto de la Palma Real (*Roystonea regia*) en las características de la canal, calidad de la carne y atributos sensoriales de pollos de ceba.

MATERIALES Y MÉTODOS

Elaboración de la harina de palmiche

El palmiche, *in natura*, se obtuvo de la provincia Mayabeque. El proceso de secado consistió en desprender las semillas de forma manual y se expuso al sol, durante cinco días consecutivos. Varias veces en el día se voltearon para garantizar la homogeneidad en el proceso.

El material seco se almacenó en sacos, bajo techo, en naves con adecuada ventilación y bajo nivel de humedad. Se molió, con el resto de los componentes de la dieta, en la proporción correspondiente para evitar la disminución de su calidad biológica y palatabilidad por parte de los animales. Se utilizó para ello un molino de martillo (JF 2D, Brasil).

Animales

Se utilizaron 40 pollos de ceba machos (reproductor pesado HE_{21}) desde 8 hasta 42 días de edad, con un peso vivo inicial promedio de 141±5 g. Se alojaron de manera individual, en jaulas metabólicas de alambre galvanizado de 40 x 40 x 80 cm. Cada una contó con un comedero y dos bebederos de nipple. El consumo de agua fue *ad libitum*.

Tratamientos experimentales

Las dietas experimentales para ambos experimentos, se formularon según los requerimientos establecidos para esta categoría (NRC, 1994). El control consistió en una dieta convencional soya (*Glycine max*)-maíz (*Zea mays*) y en los otros tres tratamientos se incluyó el 5, 10 y 15 % de harina de palmiche de manera que se mantuvieron isoproteicas e isoenergéticas para los períodos de inicio, crecimiento y acabado.

Indicadores de calidad de la canal: Se pesaron las canales y la grasa abdominal en balanza técnica (SARTORIUS, Alemania). Para el análisis estadístico, se expresaron como relativos al PV (g kg^{-1} PV).

Indicadores de calidad de la carne: Se determinaron en las principales porciones comestibles: muslo, pierna y pechuga.

Tecnológicos. Se midió pH y temperatura con pH metro digital (HANNA, Rumanía) a los 45 minutos *postmortem*. Seguidamente, se guardaron en refrigeración a 4 ºC como mantenimiento hasta las 24 horas, donde se midieron ambos indicadores nuevamente. Posteriormente, se deshuesaron las porciones para determinar los parámetros de apariencia y composición de AG.

Apariencia. Se determinó el color a partir de las variables cualitativas L* (luminosidad), a* (pigmentos rojos) y b* (pigmentos amarillos). Los análisis se realizaron por triplicado en cada una de las porciones, con colorímetro (Cromamater®, USA) y escala CIELAB**.**

Composición de ácidos grasos. Se realizaron mezclas de las diferentes porciones y la grasa abdominal de tres animales para conformar tres muestras por tratamiento. Los AG se determinaron como ésteres metílicos por cromatografía de gases (Rodríguez et al., 2011). El análisis cuantitativo de los ácidos grasos se realizó por el método del patrón interno.

Análisis químicos. En las porciones comestibles muslo y pechuga se determinaron humedad (NC 275, 2003) y cenizas (NC ISO 2171, 2002).

Atributos sensoriales. Se estudiaron sólo en los animales de los tratamientos control y 15 % de inclusión de harina de palmiche en la ración. Las muestras se trasladaron al laboratorio de análisis químico del Instituto de Investigaciones para la industria alimenticia. Se realizó análisis cualitativo de los atributos color, olor, sabor, sequedad, dureza y jugosidad. Se evaluó cuantitativamente la calidad global. En ambos casos, se empleó una escala continua de 10 cm, que indica intensidad creciente de izquierda a derecha (NC ISO 4121, 2006). Participaron en el análisis nueve catadores, expertos en análisis sensorial. Tomando en consideración el tamaño de las muestras, se agruparon de forma aleatoria en tres grupos de tres animales cada uno para cada tratamiento. Los jueces evaluaron de manera independiente tanto el muslo como la pechuga de cada uno de los grupos para un total de seis muestras por tratamiento.

Análisis estadístico

Se utilizó diseño completamente aleatorizado con cuatro tratamientos que consistieron en las dietas experimentales y diez repeticiones de un animal. Para el análisis de los indicadores rendimiento de la canal, grasa abdominal y los de calidad de la carne (tecnológicos y composición de ácidos grasos) los valores medios se compararon mediante la dócima

de Duncan (1955) para p<0.05, en los casos necesarios. Para los parámetros de apariencia se realizó análisis de varianza no paramétrico de clasificación simple y se aplicó dócima de Conover (1999) para p<0.05, cuando fue preciso. Se empleó el programa estadístico computarizado INFOSTAT (Di Rienzo et al., 2012).

Para el análisis de los atributos sensoriales a cada una de las variables se le comprobó el cumplimiento de los supuestos teóricos del análisis de varianza, normalidad de los errores por la dócima de Kolmogorov-Smirnov (Lilliefors, 1967) y homogeneidad de varianza por la dócima de Levene (1960), mediante la opción SAS/INSIGHT del paquete estadístico SAS (SAS Institute Inc., Cary, NC, EE.UU., 2016) versión 9.3. Ante el no cumplimiento de dichos supuestos, se determinó la distribución más apropiada a utilizar para cada variable a través del procedimiento SEVERITY,

Se aplicó un modelo lineal generalizado mixto con ayuda del PROC GLIMMIX. Para los rasgos de humedad y cenizas, el modelo consideró como fuentes de variación el efecto fijo del tratamiento con cuatro niveles (control y la inclusión de 5, 10 y 15 % de harina de palmiche) y como efecto aleatorio el animal (40 pollos).

Para la comparación de medias, se utilizó la dócima de rango fijo Tuckey-Kramer (Kramer, 1956) para p < 0.05. Además, se determinó la correlación de Pearson con ayuda del procedimiento CORR entre la humedad y los atributos sensoriales para conocer el grado de asociación entre estos indicadores en muslo y pechuga. Se tuvo en cuenta aquellos valores de correlación superiores a 0.45 y para p < 0.05.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Constituyen los primeros resultados de indicadores de calidad de la canal y la carne para pollos de ceba con la inclusión de harina de palmiche. El PV final y el rendimiento de la canal no difirieron al incluir 15 % de harina de palmiche en la ración con respecto al control. El peso de la grasa abdominal se redujo en los tratamientos 5 y 15 % con respecto al control, en tanto que el 10 % de palmiche no difirió del resto (Tabla 1).

Los indicadores tecnológicos y los de apariencia de la carne, no mostraron variaciones al emplear la harina de palmiche en la ración. Sólo la luminosidad en el muslo fue superior con la inclusión de 10 y 15% de harina de palmiche en la ración (48.62 y 49.22) con respecto al 5% (45.32) y el control no difirió entre tratamientos (47.53). Se observó pH alto que puede influir en la absorción selectiva de luz verde por la presencia de mioglobina, lo que da como resultado una carne más roja y menos amarilla además de las características genéticas del híbrido que se empleó. Las aves depositaron los ácidos oleico, linoleico y palmítico en mayor proporción en las diferentes porciones comestibles y la grasa abdominal. El ácido oleico se asocia con la disminución del riesgo de enfermedades cardiovasculares al reducir los niveles séricos de colesterol por el descenso en LDL colesterol (Khalifa et al., 2016). El ácido linoleico, además, se asocia en humanos con acción anticarcinogénica, mejora de la función inmune y reducción de la grasa corporal, así como previene la ateroesclerosis (Ajantha et al., 2017).

Tabla 1. *Pesos vivo final y relativo de la canal y la grasa abdominal de pollos de ceba que consumen harina de palmiche.*

Indicador	Tratamientos				EE±	p-valor
	Control	Palmiche 5%	Palmiche 10%	Palmiche 15%		
Peso vivo final (kg)	2.24	2.36	2.34	2.15	0.15	0.7506
Peso canal (g/kg)	532.78	568.99	547.76	579.44	0.09	0.9646
Grasa abdominal (g/kg)	17.02b	13.00a	15.10ab	11.96a	1.08	0.0106

[a,b:] Letras distintas indican diferencias significativas para p<0.05 (Duncan, 1955)

Tanto en el muslo como en la pechuga fue mayor la humedad en los tratamientos que incluyeron 5 y 10% con respecto al control y el 15%, sin diferencias entre estos. Las cenizas en tanto, no mostraron diferencias entre tratamientos.

En la tabla 2 aparecen los resultados de los atributos sensoriales en el muslo y la pechuga, respectivamente de pollos de ceba que se alimentan con 15% de harina de palmiche respecto al control. Es positivo que el color y el olor sean similares en ambos tratamientos. En ambos casos mejora la intensidad del sabor y la calidad global de la carne al incluir el recurso. En la literatura científica consultada, se resalta que cuando los atributos sensoriales de los productos cárnicos varían significativamente de lo que conocen los consumidores, tienden a ser rechazados (Teye et al., 2015; Suliman et al., 2021). Dado que los pollos que se alimentan con palmiche presentan características sensoriales similares a las de la dieta control se pudiera afirmar que el ingrediente en la ración, no posee efecto adverso en las características de la carne.

Tabla 2. *Atributos sensoriales en el muslo y la pechuga de pollos de ceba que se alimentan con harina de palmiche.*

Variables	Muslo			Pechuga		
	Control	Palmiche 15%	P-valor	Control	Palmiche 15%	P-valor
Intensidad del color	0.85 (2.33) EEM=0.07	0.89 (2.44) EEM=0.07	0.6250	0.85 (2.33) EEM=0.07	0.89 (2.44) EEM=0.07	0.6250
Intensidad del olor	2.12 (8.33) EEM=0.03	2.11 (8.22) EEM=0.03	0.7240	2.11 (8.22) EEM=0.03	2.11 (8.22) EEM=0.03	1.0000
Intensidad del sabor	2.07 (7.89) EEM=0.03	2.20 (9.00) EEM=0.03	0.0095	2.05 (7.78) EEM=0.03	2.22 (9.22) EEM=0.03	0.0007
Sequedad	-1.50 (0.22) EEM=0.33	-2.20 (0.11) EEM=0.33	0.1608	1.36 (3.89) EEM=0.03	1.36 (3.89) EEM=0.03	1.0000
Dureza	1.39 (4.00) EEM=0.03	1.36 (3.89) EEM=0.03	0.5758	1.59 (4.89) EEM=0.03	1.54 (4.67) EEM=0.03	0.2773
Jugosidad	1.71 (5.56) EEM=0.04	1.75 (5.78) EEM=0.04	0.5393	1.30 (3.67) EEM=0.05	1.39 (4.00) EEM=0.05	0.2425
Calidad global	1.77 (5.89) EEM=0.05	1.96 (7.11) EEM=0.05	0.0122	1.73 (5.67) EEM=0.05	1.98 (7.22) EEM=0.05	0.0050

Valores entre filas difieren significativamente (Kramer, 1956), () medias generales, EEM: Error estándar de la media.

CONCLUSIONES

Los resultados permiten concluir que el consumo de 15% de harina de palmiche no modifica el rendimiento de la canal, reduce la grasa abdominal e incide positivamente en los indicadores sensoriales y de calidad de la carne de los pollos de ceba.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a técnicos y especialistas del Instituto de Ciencia Animal que estuvieron relacionados con la ejecución de los experimentos con animales y los análisis de laboratorio, al Centro de Productos Naturales (CENIC), a la firma Xovel S.A. y a la Universidad del sur del Manabí (Ecuador).

BIBLIOGRAFÍA

Ajantha, A., Senthilkumar, S., Sakthivael, P.C., Purushothaman, M.R. 2017. Nutritional influence on quality of egg and meat in poultry. A Review. International Journal of Science, Environment and Technology. 6(6): 3338 – 3345. http://ijset.net/journal/1968.pdf

Akbar Mir, N., Rafiq, A., Kumar, F., Singh, V., Shukla, V. 2017. Determinants of broiler chicken meat quality and factors affecting them: a review. J Food Sci Technol. 54(10):2997–3009. https://doi.org/10.1007/s13197-017-2789-z

Broschat, T.K. 2017. *Roystonea regia*: Royal Palm. U.S. Department of Agriculture, UF/IFAS Extension Service, University of Florida, IFAS, Florida A & M University Cooperative Extension Program, and Boards of County Commissioners Cooperating. Nick T. Place, dean for UF/IFAS Extension. p. 1-4.

Conover, W.J. 1999. Some tests based on the binomial distribution. Practical nonparametric statistics, 3rd ed. John Wiley and Sons, Inc., New York, NY. p. 123-178.

Di Rienzo, J.A., Casanoves, F., Balzarini, M.G., Gonzalez, L., Tablada, M., Robledo, C.W. 2012. InfoStat. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL http://www.infostat.com.ar

Duncan, D. B. 1955. Multiple Range and Multiple F Tests. Biometrics. 11(1): 1–42. ISSN: 0006-341X. https://doi.org/10.2307/3001478.

Khalifa, A. H., Omar, M. B., Hussein, S. M., Abdel-Mbdy, H. E. 2016. Nutritional Value of Farmed and Wild Quail Meats. Assiut J. Agric. Sci. 47 (6-1): 58-71. http://www.aun.edu.eg/faculty_agriculture

Kramer, C.Y. 1956. Extension of multiple range tests to group means with unequal numbers of replications. Biometrics. 12: 307 - 310. https://doi.org/10.2307/3001469

Levene, H. 1960. Robust tests for the equality of variance. Contributions to Probability and Statistics. Ed. I. Olkin. Palo Alto, CA: Stanford University Press. p. 278-292.

Lilliefors, H. 1967. On the Kolmogorov-Smirnov Test for Normality with Mean and Variance Unknown, J Am Stat Assoc. 62(318): 399-402. https://doi.org/10.1080/01621459.1967.10482916

Ly, J. y Grageola, F. 2016. Botany and propagation of Cuban royal palms. Cuban Journal of Agricultural Science. 50(4): 525-542. ISSN: 2079-3480. http://www.cjascience.com/index.php/CJAS/article/view/656.

NC 275. 2003. Carne y productos cárnicos. Determinación del contenido de humedad: método rápido. Oficina Nacional de Normalización. La Habana, Cuba.

NC ISO 2171. 2002. Cereales y productos de cereales molidos. Determinación de cenizas totales. Oficina Nacional de Normalización. La Habana, Cuba.

NC ISO 4121. 2006. Análisis sensorial. Directrices para la utilización de escalas de respuestas cuantitativas. Oficina Nacional de Normalización. La Habana, Cuba.

NRC (National Research Council). 1994. Nutrient Requirements of Poultry. Ninth revised edition. Washington D.C.: Editorial National Academic Press. p. 38. ISBN: 978-0-309-04892-7.

Oliva, D., Martínez, M., Jiménez, L., Ly, J. 2018. Performance traits of growing pigs fed on diets of royal palm nut meal. Cuban Journal of Agricultural Science. 52(2): 1-8. ISSN: 2079-3480. http://www.cjascience.com/index.php/CJAS/article/view/793

Rodríguez, E., Vicent, R., González, V., Adames, Y., Tirado, S., Lightbourne, E. 2011. Obtención de aceite del fruto completo de *Roystonea regia* con diferentes disolventes. Revista Cubana de Química. 23(3):34-38. https://www.redalyc.org/pdf/4435/443543724004.pdf

SAS. 2016. Sistema de análisis estadístico. Universidad de Nebraska. Versión 9.3.

Suliman, G. M., Alowaimer, A. N., Al-Mufarrej, S. I., Hussein, E. O. S., Fazea, E. H., Naiel, M. A. E., Alhotan, R. A., Swelum, A. A. 2021. The effects of clove seed (*Syzygium aromaticum*) dietary administration on carcass characteristics, meat quality, and sensory attributes of broiler chickens. Poultry Science. 100: 100904. https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.12.009

Teye, M., Apori, S. O., Ayeida, A. A. 2015. Carcass Parameters and Sensory Characteristics of Broiler Chicken Fed Diets Containing Palm (*Elaeis guineensis*) Kernel Oil Residue. Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci. 4 (6): 1030-1038. ISSN: 2319-7706. https://www.ijcmas.com/vol-4-6/M.%20Teye,%20et%20al.pdf





PAS-40. Efecto de la inclusión de harina de *Tithonia diversifolia* en la producción y calidad de la leche de vacas en ordeño

Effect of *Tithonia diversifolia* flour on concentrate formulation on milk production and quality indicators

D. Rodríguez Acosta[1]; J.L. Galindo Blanco[2]; N. González Ibarra[3]; Y. Marrero Rodriguez[3]; L. Sarduy[2]

[1]Centro de Investigación de Plantas Proteicas y Productos Bionaturales.

[2]Instituto de Ciencia Animal

[3]Centro Nacional para la Producción de Animales de Laboratorios.

ABSTRACT

Twenty milking cows of 450 kg average live weight were selected distributed in two treatments, homogenized by milk production and lactation days, the control group where the supplement was offered with traditional raw materials and the experimental group where the *Tithonia diversifolia* meal included in the concentrate was used at 25%. Differences were found between treatments for milk production indicators ($p<0.05$) in favor of the control treatment and milk protein ($p<0.01$), when Tithonia diversifolia flour was included in the concentrate. It is concluded that tithonia diversifolia flour can be included in the formulation of concentrates as long as the same energy level of the diets used is maintained.

Keywords: *milk production, tithonia diversifolia,nutrition, supplementation.*

RESUMEN

Se seleccionaron 20 vacas en ordeño de 450 Kg de peso vivo promedio distribuidas en dos tratamientos por tratamiento, homogenizados por producción de leche y días de lactancia, el grupo control donde se oferto el suplemento con las materias primas tradicionales y el grupo experimental donde se utilizó la harina de tithonia diversifolia incluida en el concentrado a un 25 %. Se encontró diferencias entre tratamientos para los indicadores de producción de leche ($p<0,05$); a favor del tratamiento control y proteína de la leche ($p<0.01$), cuando se incluyó la harina de tithonia diversifolia en el concentrado. Se concluye que, la harina de tithonia diversifolia puede ser incluida en la formulación de los concentrados siempre que, se mantenga el mismo nivel energético de las dietas utilizada.

Palabras claves: *producción de leche, tithonia diversifolia, nutrición, suplementación.*

INTRODUCCIÓN

La alimentación del ganado vacuno en las áreas tropicales se basa fundamentalmente en el uso de pastos y forrajes, debido a que puede ser el alimento más barato que dispone el productor, sin embargo, en las gramíneas durante la época seca se produce un proceso de rápida maduración que disminuye los niveles de nutrientes, fundamentalmente de proteína, que aporta al animal. De ahí que es necesario el uso de suplementos proteicos que sean capaces de aportar a los microorganismos que habitan el rumen amoniaco, para mantener una adecuada degradabilidad de los nutrientes en este órgano. Las áreas del trópico muestran una gran variedad de plantas proteínicas que son capaces de satisfacer un alto nivel de nutrientes que requieren los animales para su mantenimiento, así como para producir carne y leche *(*Rivera *et al.* 2021*),* además proveen a los microorganismos del rumen de una fuente de nitrógeno barata que estimula la producción de organismos celulíticos del rumen *(*Galindo *et al.* 2022*).* Dentro de estas plantas se encuentra la *Tithonia diversifolia,* la cual mostró que, independientemente del ecotipo utilizado, presentan un adecuado valor nutritivo para la alimentación de animales rumiantes (Rodríguez *et al.* 2019). Aunque su uso en la alimentación animal está comenzando a tener sus primeros resultados en estos momentos (Amechazurra 2019; Sepulveda, 2019); han obtenido resultados que indican que su uso en la alimentación de rumiantes reporta beneficios en la producción animal. De ahí que nos hemos trazado como objetivo evaluar la inclusión de harina de *Tithonia diversifolia,* en el concentrado, sobre la producción y calidad de la leche.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se desarrolló en la vaquería B del Instituto de Ciencia Animal. Para la realización de este trabajo se utilizaron 20 vacas en ordeño, mestizas de Holstein, las que se encontraban entre la tercera y cuarta lactancia y 450 Kg de peso vivo promedio. Las mismas fueron separadas en dos grupos de 10 animales cada uno; homogenizados por producción de leche y días de lactancia, el grupo control donde se oferto el suplemento con las materias primas tradicionales y el grupo experimental donde se utilizó la harina de *tithonia diversifolia,* incluida en el concentrado a un 25 % (tabla 1). La *tithonia diversifolia* procedía de una plantación del área experimental Miguel Sistachs Naya, ubicada en la finca Zaldívar del Instituto de Ciencia Animal. El corte se efectuó a una edad de 90 días de rebrote. Las plantas cortadas se trasladaron a la unidad de producción de alimentos donde se molieron en una máquina forrajera, con molino de cuchillas.

Tabla 1. *Composición de los concentrado y valor nutritivo.*

Materia prima	Porcentaje de inclusión en base fresca	
	Concentrado 0 % *Tithonia diversifolia*	Concentrado 25 % *Tithonia diversifolia*
Harina de Maíz	77	56
Harina de Soya	19	15
Harina de tithonia	0	25
Sal común	2	2
Minerales	2	2
Materia Seca g/kg	885	877
Proteína Bruta g/kg	157	157
EM Mjul/kgMS	12.67	11.46
Relación PB/Energia-g/Mjul	12.4	13.7

Una vez molida, se extendió sobre un plato de asfalto para su secado al sol. El proceso de secado tuvo una duración de 5 días, para lo cual fue necesario efectuar volteos del material vegetal, con el auxilio de rastrillos en intervalos de 2 horas. En las noches, el material se tapaba con lona para evitar la rehumectación del mismo. El material vegetal debidamente seco se trasladó a la fábrica de piensos del Instituto de Ciencia Animal para su inclusión en el suplemento, para lo cual se pasó por un molino de martillo y lograr disminuir el tamaño de partícula (2 mm), favoreciendo así una mayor homogenización durante su mezclado con el resto de las materias primas del suplemento. El suplemento se ofertó durante el horario de ordeño para favorecer el apoyo del animal en la producción de leche y se suministró en cantidades de 400g. L^{-1} de leche producido, a partir del segundo L^{-1}, durante el de la mañana y la tarde. El experimento tuvo una duración de 42 días y se utilizó un diseño de cambio con 14 días de adaptación a la dieta y 7 días de colección de datos. En el análisis estadístico se realizó análisis de varianza con modelo multiplicativo (Menchaca 1978), el cual considera el efecto de los días de lactancia como variable concomitante y tratamientos. Se realizó análisis de varianza con modelo multiplicativo, el cual considera el efecto de los días de lactancia como variable concomitante y tratamientos. Los datos fueron transformados según ln.

Los datos fueron transformados según ln.

$$Y_{ij} = An^{b} \exp cn + T_i + e_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = producción de leche

An^{b} = efecto de la curva de lactancia

T_i = efecto de i-ésimo tratamiento

e_{ij} = error aleatorio normal distribuido con media 0 y varianza σ^2.

Durante los períodos de colección de datos se midieron diariamente la producción de leche de manera individual a todas las vacas que se encontraban en el experimento y cada tercer día se tomaron alícuotas de leche para determinar su composición química. Los animales pastoreaban juntos en el grupo de alta producción de la unidad en horario vespertino-nocturno y durante las horas del mediodía (10:30am-2:30 pm), permanecían en la nave de sombra con libre acceso al agua de beber.



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos que se muestran en la tabla 2, indica que la disponibilidad de pasto en las áreas de pastoreo abastecía los requerimientos de materia seca de los animales, por lo que no hubo limitantes para que los animales pudieran expresar su potencial de producción de leche.

Tabla 2. *Disponibilidad de pasto en los cuartones.*

	Disponibilidad pasto inicio pastoreo Toneladas MS/ha	Disponibilidad de pasto final pastoreo Toneladas MS/ha
Cuartón 1	1.69	0.650
Cuartón 2	1.58	0.786
Cuartón 3	1.66	0.788
Cuartón 4	1.60	0.775
Cuartón 5	1.57	0.781
Cuartón 6	1.26	0.706
Cuartón 7	1.67	0.636
Cuartón 8	1.31	0.735
Cuartón 9	1.7	0.794
Cuartón 10	2.06	0.623

En cuanto a la composición botánica (tabla 3), de dichas áreas, el 80 % de los cuartones presentó una población de pastos cultivados fundamentalmente *Panicum Maximun* (Guinea) y *Cynodon nenfluencis* (pasto estrella), superior al 60 %, lo que permitió el consumo de un alimento base de calidad aceptable.

Tabla 3. *Composición botánica cuartones pastoreo (%)*

	Tipo de pasto			
	Guinea	Pasto estrella	Otros pastos	Área despoblada
Cuartón 1	63.6	12.0	10.4	14.0
Cuartón 2	26.0	40.6	25.0	8.4
Cuartón 3	55.0	17.8	0.4	26.8
Cuartón 4	54.2	10.2	20.0	15.0
Cuartón 5	50.0	14.2	25.0	10.0
Cuartón 6	36.7	20.2	41.1	1.8
Cuartón 7	49.9	28.1	17.0	5.0
Cuartón 8	25.0	30.0	33.0	11.9
Cuartón 9	58.0	20.0	21.5	0.3
Cuartón 10	40.2	50.3	3.8	6.3

En cuanto al consumo del suplemento ofertado, se aprecia que, el grupo al que se le oferto el concentrado con la inclusión de *Tithonia diversifolia,* no consumió todo el alimento (tabla 4). Gallego *et al.* (2016), cuanto utilizó harina de *Tithonia diversifolia* en la formulación del concentrado, cuando sustituyó el 15 y 25 % del maíz extruido y norgold que se utilizó, no alcanzó diferencias entre los diferentes niveles de sustitución, solo entre la fase pre experimental y la experimental.

Tabla 4. *Consumo de suplemento*

Indicadores	Grupo suplemento con materias primas tradicionales	Grupo suplemento con *Tithonia diversifolia*
Oferta de concentrado Kg MF/día	2.0	2.0
Consumo de concentrado Kg MF/día	2.0	1.77
Consumo de concentrado Kg MS/día	1.76	1.55

Al respecto, se conoce que el follaje de *Tithonia diversifolia* presenta en su composición factores anti nutricionales (Scull *et al.* 2022), como los terpenos , los que pertenecen a una numerosa familia de compuestos que en ocasiones pueden ser deletéreos y provocar bajo consumo voluntario en los rumiantes, fundamentalmente por el sabor amargo (lactonas sesquiterpénicas o terpenos con elevado peso molecular), además del olor penetrante (isoprenoides volátiles), por lo que deben tenerse en cuenta en las pruebas de aceptabilidad de estos materiales (García *et al.* 2008).

Aunque los animales fueron debidamente adaptados, observaciones realizadas en relación a la velocidad de consumo, mostraron que los animales que se encontraban en el tratamiento con *Tithonia diversifolia* en el suplemento, utilizaron un mayor tiempo en consumir el producto en relación a aquéllos que tenían cereales.

De ahí que, al terminar el ordeño, los animales tuvieron que abandonar la sala para la entrada del próximo grupo y así no afectar la rutina del ordeño, por lo que en algunos comederos quedaban restos del suplemento, reflejando así la necesidad de un mayor tiempo para el consumo de este alimento.

Los resultados que se muestran en la tabla 5, indican que hubo una disminución en la producción de leche cuando se sustituyó parte de la soya y el maíz del concentrado por harina de *Tithonia diversifolia*.

También se puede inferir, según los datos reflejados en la composición del suplemento que, la harina de *Tithonia diversifolia*, sustituyó el 21 % del maíz en el suplemento, por lo que la densidad energética del alimento ofertado disminuyó (tabla 1), esto unido a un menor consumo del suplemento (tabla 4), nos lleva a concluir que los animales dejaron de consumir la energía necesaria que se requería para mantener la igualdad en la producción de leche en ambos tratamientos.

Además, el maíz, es una fuente de alimento que aporta carbohidratos en forma de almidones como fuente energética, Gómez *et al.* (2016), los cuales favorecen la producción de ácido propiónico a nivel de rumen. Este ácido graso volátil es un sustrato glucogénico que favorece la síntesis de lactosa en la glándula mamaria a partir de la glucosa sintetizada en el hígado, y la *Tithonia diversifolia,* presenta a los azucares como el principal precursor energético (Ramírez *et al.* 2023).

Está demostrado que la cantidad de leche que produce una vaca puede estar limitada por la cantidad de glucosa que se produce en el organismo la cual se utiliza fundamentalmente para la síntesis de lactosa, la cual es un nutriente que se mantiene estable en la producción láctea (Carreón 2022).

Hay que destacar que Gallego *et al.* (2016), aunque sustituyó maíz extrusado y norgol por harina de *Tithonia diversifolia,* mantuvo en el concentrado un 40 % de maíz amarillo, garantizando así una fuente amilácea dentro de la dieta.

Tabla 5. *Efecto de la inclusión de Tithonia diversifolia, en el concentrado sobre la producción y calidad de la leche.*

Indicadores	Grupo suplemento con materias primas tradicionales	Grupo suplemento Con *Tithonia diversifolia*	EE ±	Sign Cov P=0.32
Producción De leche (lts/día)	2.05 (8.06)	1.95 (7.42)	0,03*	NS
Grasa	1.34 (3.93)	1.29 (3.70)	0.02	NS
Proteína	1.15 (3.15)	1.17 (3.22)	0.01**	NS
Lactosa	1.55 (4.73)	1.54 (4.68)	0.01	NS
Sólidos totales	2.49 (12.15)	2.48 (11.95)	0.01	NS
Sólidos no grasos	2.12 (8.38)	2.12 (8.32)	± 0.01	NS

*( ) Medias originales *P<0,05; **P<0.01*

Mahecha *et al.* (2007), sustituyo el 25 y 35 % del concentrado por forraje fresco de *Tithonia diversifolia,* y lograron mantener la producción de leche si afectar la calidad de la misma. Otros autores como Arias *et al. (*2018), sustituyeron el 25 y 50 % del concentrado por forraje de *Tithonia diversifolia,* y lograron mantener la producción de leche con el nivel de sustitución del 25 %, sin embargo, ya con el nivel de sustitución de 50 % se evidencio una disminución de la producción.

En los indicadores de calidad de la leche se observó que el tratamiento donde se utilizó *Tithonia diversifolia*, tuvo una mayor cantidad de proteína en la leche, independientemente de que los concentrados son isoproteicos, quizás pudo existir una subvaloración del contenido proteico de la tithonia a la hora de formular los concentrados, lo que posibilitó que los animales puedan ingerir mayor nivel de proteína.

Pardo *et al.* (2008), estudiaron diferentes relaciones de proteína energía en la dieta y demostraron que a medida que se incrementa la relación proteína-energía a favor de la proteína en los alimentos consumidos se produce un aumento del contenido de amonio ruminal, nitrógeno ureico presente en sangre y en la leche. Como se pudo observar, la sustitución de maíz y soya por harina de *Tithonia diversifolia* permitió que existiera un menor valor energético en el concentrado, aspecto este que pudo afectar el consumo de energía total, favoreciendo así el incremento de la relación proteína-energía en la dieta que incluye la harina de *Tithonia diversifolia*.

Mahecha *et al.* (2007), plantearon que la proteína de la leche de animales que consumieron forraje fresco de *Tithonia diversifolia*, en sustitución del concentrado, tuvieron una tendencia a incrementar el nivel de proteína en la misma. Gallego *et al.* (2016), no encontró diferencias en la proteína de la leche cuando se incluyó la harina de *Tithonia diversifolia* en el concentrado, sin embargo, los valores de proteína obtenido por dichos autores (2.7-2.9 %), fueron inferiores a los reportados en este experimento.

CONCLUSIONES

Se concluye que la harina de *Tithonia diversifolia* puede ser utilizada en la formulación de concentrados para vacas lecheras, sim embargo, es importante mantener el nivel de consumo de energía constante y garantizar fuentes de almidón que contribuyan a la formación de ácido propiónico como precursor glucogénico.

BIBLIOGRAFÍA

Amechazurra, L.R. 2019. Producción de carne bovina en pastos naturales suplementada con concentrado formulado con harinas de plantas proteicas. Tesis presentada en opción al título de Máster en Pastos y Forrajes. Universidad de Matanzas, Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey"

Arias, L.M.; Alpízar, A.; Castillo, M.A.; Camacho, M.I.; Arronis, V.; y Padilla, J.E.2018. Producción, calidad bromatológica de la leche y los costos de suplementación con Tithonia diversifolia (Hemsl.) A. Gray, en vacas Jersey. Pastos y Forrajes, vol. 41, núm. 4, pp 266-272.

Carreón, D. 2022. La bioquímica en la producción de leche. Con-Ciencia Boletín Científico de la Escuela Preparatoria No. 3. Publicación semestral, Vol. 9, No 18, pp 16-22.

Galindo, Juana; Niurca González, Ruiz, T; Magaly Herrera; Onidia Moreira; Aned Capo, H. Diaz. 2022. Efecto de tres colectas de *Tithonia diversifolia* en la población microbiana ruminal de vacunos. Cuban J. Agric. Sci. Vol 56 no 1.

Gallego, L.A;.2016. Evaluación agronómica y análisis productivo del botón de oro (Tithonia diversifolia Hemsl. A Gray) como suplemento alimenticio de vacas lecheras en trópico alto. Tesis en opción al título de M.Sc. Sistemas de producción animal. Antioquia, Colombia. Universidad de Antioquia.

García, D.E.; Medina, M.G; Cova, L.J.; Torres, A.; Soca, M.; Pizzani, P.; Baldizán, A.; Domínguez, C.E. 2008. Preferencia de vacunos por el follaje de doce especies con potencial para sistemas agrosilvopastoriles en el Estado Trujillo, Venezuela. Pastos y Forrajes, Vol. 31, No. 3.

Gómez, L.M.; Posada, S.; Olivera, M. 2016.Starch in ruminant diets. A review. Rev Colomb Cienc Pecu; 29:77-90.

Mahecha L., Escobar J. P., Suárez J. F. y Restrepo L. F. 2007. "Tithonia diversifolia (Hemsl.) Gray (botón de oro) como suplemento forrajero de vacas F1 (Holstein por Cebú)". En Livestock Research for Rural Development. Vol. 19, (2)

Menchaca M.A. 1978. Modelo multiplicativo con efecto de curva de lactancia controlados para análisis estadístico de experimentos con vacas lecheras. Tesis en opción a grado científico de doctorado. Inst. Ciencia Animal pág 119.

Pardo, O.; Carulla, J.E y Hess, H.D. 2008. Efecto de la relación proteína y energía sobre los niveles de amonio ruminal y nitrógeno ureico en sangre y leche, de vacas doble propósito del piedemonte llanero, Colombia. Rev Colomb Cienc Pecu. 21:387-397

Ramírez, Y.; Herrera, R.; Verdecia, D.M.; Herrera, R.S.; Chacón, E.; Ledea, J.L.; Ramírez, L. 2023. Effect of regrowth age and climatic factor son primary matabolites contento of Tithonia diversifolia. Cuban Journal of Agricultural Science, Volumen 57, Number 1.

Rivera, J.E.; Ruiz, T.E.; Chara, J.; Florencio, J.; Gómez-Leyva, J.F. and Barahona, R. 2021. Biomass production and nutritional properties of genotypes of Tithonia diversifolia (Hemsl.) A. Gray under different enviroments. Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales, 9(3): 280-291, ISSN: 2346-3775.

Rodriguez, R.; Galindo, J.; Ruiz, T.E.; Solís, C.; Scull, I.; y Gómez, S. 2019. Valor nutritivo de siete ecotipos de *Tithonia diversifolia* colectados en la zona oriental de Cuba. Livestock Research for Rural Development 31 (8).

Scull, I.; Savon, L; Ruiz, T.E; Rodriguez, Y. 2022. Componentes químicos y efecto de la harina de forraje de Tithonia diversifolia (Hemsl) en la calidad de la carne de cerdos en crecimiento-ceba. Livestock Research for Rural Development 34 (4).

Sepulveda, W.2019. Uso del follaje de Tithonia diversifolia en la producción de leche en vacas Mambí de Cuba. Tesis de Diploma. Universidad de Matanzas, pp-50.



PAS-41. Efecto del consumo de grasa y lignina sobre indicadores productivos de conejos en ceba alimentado con harina desgrasada en la dieta

Effect of fat and lignin intake on productive indicators of fattening rabbits fed with defatted flour in the diet

O. Matos Leiva[1]; R. Charlot Aldana[1]; A. L La O Michel[2]; Y. Acosta Acosta[2]; L.A. La O Cantalapiedra[2]; A. Cardosa García[2]*

[1]Asosiación Cubana de Producción Animal (ACPA), Filial Guantánamo. Cuba.

[2]Facultad Agroforestal, Universidad de Guantánamo. Calle Carlos Manuel, esquina Aguilera No. 852. Guantánamo, Cuba

[*]Correspondencia a: matosolivia9@gmail.com

RESUMEN

El presente trabajo se realizó con el objetivo de evaluar la influencia del aporte de lignina y de grasa de dietas, elaboradas con harina de coco desgrasada (HCD) en la ganancia media diaria (GMD) y el peso vivo final (PVF) de conejos en ceba. Para ello, se utilizaron 130 conejos durante un ciclo de ceba. Se le suministraron cinco dietas con HCD en los niveles de 0, 10, 20, 30, y 40 %, con diferentes contenidos de grasa y lignina, estas diferencias fueron consideradas los tratamientos, que consistieron en: T $_{(1)}$: 3,81 % de grasa y 2,16 % de lignina, T $_{(2)}$: 1,92 % de grasa y 2,78 de lignina, T $_{(3)}$: 0,76 de grasa y 5,51 de lignina, T $_{(4)}$: 1,14 % de grasa y 6,04 % de lignina y T $_{(5)}$: 1,52 % de grasa y 7,51 % de lignina, se controló el consumo de grasa y de lignina, el PVF y la GMD. El procesamiento estadístico de los datos arrojó que hubo variaciones en el consumo de grasa y de lignina, en el primer caso favorables para los tratamientos 1 y 2, en el segundo los mayores consumos correspondieron a los tratamientos 3,4, y 5. El comportamiento de los indicadores PVF y GMD estuvieron en correspondencia con el consumo de ambos componentes. Hubo relación positiva entre el consumo de grasa y las variables evaluadas, mientras el incremento de la lignina en la dieta empeoró significativamente el PVF y la GMD.

Palabras claves: *conejos, harina de coco, grasa-lignina, ganancia media diaria, peso vivo*

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the influence of lignin and fat intake in diets made with defatted coconut flour (DCF) on the average daily gain (ADG) and final live weight (FWB) of fattening rabbits. For this purpose, 130 rabbits were used during a fattening cycle. They were fed five diets with HCD at levels of 0, 10, 20, 30, and 40%, with different fat and lignin contents, these differences were considered the treatments, which consisted of: T (1): 3.81% fat and 2.16% lignin, T (2): 1.92% fat and 2.78% lignin, T (3): 0.76% fat and 5.51% lignin, T (4): 1.14% fat and 6.04% lignin and T (5): 1.52% fat and 7.51% lignin, fat and lignin consumption, PVF and GMD were controlled. Statistical processing of the data showed that there were variations in fat and lignin consumption, in the first case favorable for treatments 1 and 2, in the second the highest consumption corresponded to treatments 3, 4, and 5. The behavior of the FV and ADG indicators corresponded to the consumption of both components. There was a positive relationship between fat intake and the variables evaluated, while an increase in dietary lignin significantly worsened FV and ADG.

Keywords: *rabbits, coconut flour, fat-lignin, average daily gain, live weight*

INTRODUCCIÓN

La alimentación representa el principal insumo en los sistemas de producción del conejo, ya que de este depende el mantenimiento y desarrollo óptimo de la especie, por tal razón los alimentos deben estar correctamente balanceado con los requerimientos de energía, proteína y demás elementos de su dieta, según sea su fase productiva, Cardozo (2018), estima un porcentaje del 70% del costo en la cría de conejos, factor determinante para la búsqueda de alternativas que reduzcan este valor.

En la estrategia alimenticia del conejo juega un papel preponderante los niveles de energía y el contenido de fibra indigestible de la dieta, en el caso del primero por la necesidad de utilizar dietas cada vez más concentradas en animales de mayor potencial de producción y en el segundo por el papel beneficioso que se le ha atribuido a la fibra sobre la prevención de las enfermedades digestivas (Gutiérrez *et al.,* 2002).

La harina de coco desgrasada es uno de los alimentos alternativos en la región este de Cuba que pudiera ser utilizado en las raciones de conejos como aportador de fibra y grasa Acosta (2023) reportó resultados alentadores con el uso de esta materia prima en formulaciones de concentrados para conejos, a presentar adecuada composición química, mantiene la estabilidad en sus nutrientes hasta los 120 días de almacenamiento, con inocuidad sin presencia de AFB1, y los hongos y bacterias presentes se encontraron en los rangos permisibles y su utilización no promovieron alteraciones en la digestibilidad de la materia seca. El presente trabajo se realizó con el objetivo de evaluar la influencia del aporte de lignina y de grasa de dietas, elaboradas con harina de coco desgrasada (HCD) en la ganancia media diaria (GMD) y el peso vivo final (PVF) de conejos en ceba.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en la Unidad de Desarrollo e Innovación de la Facultad Agroforestal adscripta a la Universidad de Guantánamo, su ubicación está enmarcada en la región geográfica denominada Valle de Guantánamo.

Se utilizaron 130 conejos de la raza Chinchilla destetados a los 35 días de edad con pesos vivos promedios de 568 ±3,07g; se ubicaron a razón de dos animales por jaula, distribuidos en un diseño completamente aleatorizado con 26 repeticiones. Se aplicaron cinco tratamientos: $T_{(1)}$: 3,81 % de grasa y 2,16 % de lignina, $T_{(2)}$: 1,92 % de grasa y 2,78 de lignina, $T_{(3)}$: 0,76 de grasa y 5,51 de lignina, $T_{(4)}$: 1,14 % de grasa y 6,04 % de lignina y $T_{(5)}$: 1,52 % de grasa y 7,51 % de lignina. La variación en el contenido de grasa y lignina en las dietas se consideró a partir de la incorporación de la harina de coco desgrasada en las dietas a niveles de 0, 10, 20, 30 y 40 %. Se controlaron las variables, consumo de grasa y lignina, peso vivo final y ganancia media diaria.

Las dietas experimentales se elaboraron atendiendo a las exigencias nutricionales del conejo reportado por De Blas y Mateos (2010). Los valores de la composición porcentual y aportes de nutrientes de las dietas se presentan en la tabla 1 y 2.

Tabla 1. *Composición porcentual de los ingredientes en las dietas*

Ingredientes	Niveles de inclusión de harina de coco desgrasada				
	0 %	10 %	20 %	30 %	40 %
Harina de maíz	24,72	23,99	23,05	16,65	7,8
Harina de alfalfa	55,33	50,04	45,84	46,33	47,96
Harina de soya	12,87	10,11	6,85	2,85	0
Harina de coco industrial	0,00	10,00	20	30	40
Fosfato di-cálcico	1,06	0,90	0,73	0,58	0,45
Carbonato calcio	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17
Sal común	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Metionina	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
Lisina	0,00	0,04	0,11	0,17	0,20
Premezcla	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Zeolita	1,50	1,00	1,00	1,00	1,00
Aceite de coco	2,10	1,50	0	0	0

Tabla 2. *Valores porcentuales de lignina y grasa de las dietas.*

Indicadores	% de inclusión de harina de coco				
	0	10	20	30	40
Lignina	2,16	2,78	5,51	6,04	7,51
Grasa*	3,71	1,87	0,74	1,11	1,48

**Calculada a partir de la cantidad de aceite incluido en las dietas y la aportada por la harina de coco desgrasada*

Los alimentos se suministraron en forma de harina a las 8:00 y 16:00 h. La cantidad de alimento que se ofertó fue definida en función del 7 % del peso vivo de los animales, para el suministro se taró un recipiente con la cantidad correspondiente para cada grupo experimental y se ajustó sistemáticamente según el volumen de alimentos desechados en comederos. Para evitar el derrame de pienso producto al escarbe de los animales, los comederos se colocaron a diferentes alturas en el interior de las jaulas según la talla de los mismos.

Análisis estadísticos

Los indicadores consumo de grasa y lignina, Peso vivo final y ganancia medias diarias se procesaron mediante análisis de varianza simple, para la comparación de medias se aplicó la dócima de Duncan (1955) para $p<0,05$. Por otro lado, se realizó un análisis de regresión tomando como variables independientes, el consumo de grasa y la lignina detergente ácido y las variables dependientes: peso vivo y ganancia media diaria. El procesamiento se realizó con ayuda del paquete estadístico InfoStat (Di Rienzo *et al.*,2012).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El consumo de grasa y lignina (Figura 1) mostraron diferencias estadísticas entre todos los tratamientos, con el mayor consumo de grasa en el grupo de conejos del T $_{(1)}$ y menores en los del T $_{(3)}$, Mientras el mayor consumo de lignina fue para los conejos del T $_{(5)}$ y los menores para el T $_{(1)}$, como es obvio el consumo de ambos componentes nutritivos estuvieron en correspondencia con sus disponibilidades en las dietas. No obstante, los consumos de grasa por los conejos estuvieron en el rango de sus necesidades, con excepción del grupo que consumió el T $_{(3)}$, según las recomendaciones (1-4 %) realizadas por García (2010) y señala que el déficit o exceso de grasa en la dieta conlleva a una serie de consecuencias negativas para la salud del conejo. El consumo de lignina podría tener marcadas influencias en los indicadores productivos: ganancia media diaria y peso vivo final, teniendo en cuenta que los consumos fueron inferiores a los recomendados por Ferreira *et al.* (2006), en los T $_{(1)}$ y T $_{(2)}$ y superiores a estas recomendaciones para los T $_{(4)}$ y T $_{(5)}$

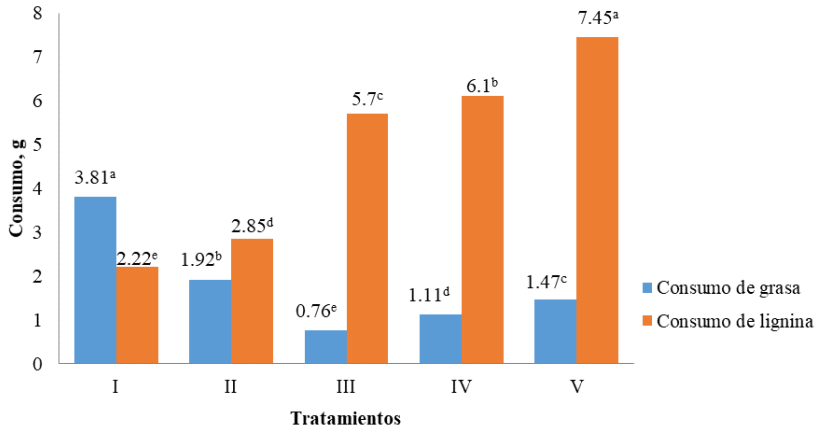


Figura 1. Consumo de grasa y lignina por conejos en ceba alimentados con diferentes % de grasa-lignina aportada por la harina de coco desgrasada

Los resultados relacionados con los indicadores de peso vivo final y ganancia media diaria evidencian que hubo diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados (Tabla 3), se encontró que el T $_{(1)}$fue el de mayores promedios para ambos indicadores, sin diferencias con el T $_{(2)}$, el cual, no mostró diferencias con el T $_{(3)}$, se observa además que en el caso de la variable peso vivo final los T $_{(4)}$ y T $_{(5)}$, alcanzaron los pesos más bajos, con deferencias estadísticas entre ellos y con el resto de los tratamientos, mientras la ganancia de peso fue similar para los tratamientos 3, 4 y 5. Las variaciones en estos indicadores confirman el efecto benéfico de la presencia de grasa en la dieta de los conejos, y por otro lado, los menores pesos vivo finales y ganancia de peso diaria en los conejos de los T $_{(4)}$ y T $_{(5)}$, pudieran corresponderse los mayores consumo de fibra lignificada, la cual, puede producir atrofia en la estructura del tejido y alterar el funcionamiento normal de las células epiteliales del intestino encargadas de romper diversas moléculas alimenticias y transportarlas al interior del cuerpo (García *et al.,* 2006).

Tabla 3. *Ganancia media diaria y peso al sacrificio de conejos alimentados con diferentes % de grasa-lignina aportada por la harina de coco desgrasada.*

Indicadores	Tratamientos					EE
	I	II	III	IV	V	
Peso vivo final, g	2242^{a}	2178^{ab}	2164^{b}	2125^{c}	2060^{d}	9,31*
Ganancia Media diaria, g	28,4^{a}	27,3^{ab}	27,0^{bc}	26,3^{c}	25,4^{c}	0,15*

^{abc}*Superíndice diferente en la misma fila indica diferencias significativas a p=0,05, Duncan *0,05*

Los resultados del análisis de regresión muestran presentado en la figura 2 muestra un alto grado de relación entre las variables dependientes peso vivo final y la ganancia media diaria con respecto al consumo de grasa, esto expresado por el coeficiente de correlación que tuvo un valor de 0,68 y una h^2 de 46,80 %, en el caso de la ganancia media diaria los valores de correlación fueron de 0,71 y la h^2 de 50,96, lo que significa que el 46,80 % y 50,96 de la variación del peso vivo al sacrificio y la ganancia media diaria respectivamente es promovido por el consumo de grasa, que en la mayoría de las dietas contenían el nivel de grasa sugerida y se satisficieron los requerimientos energéticos para la especie y al incremento de la digestibilidad de la fibra causado por consumo de aceite vegetal

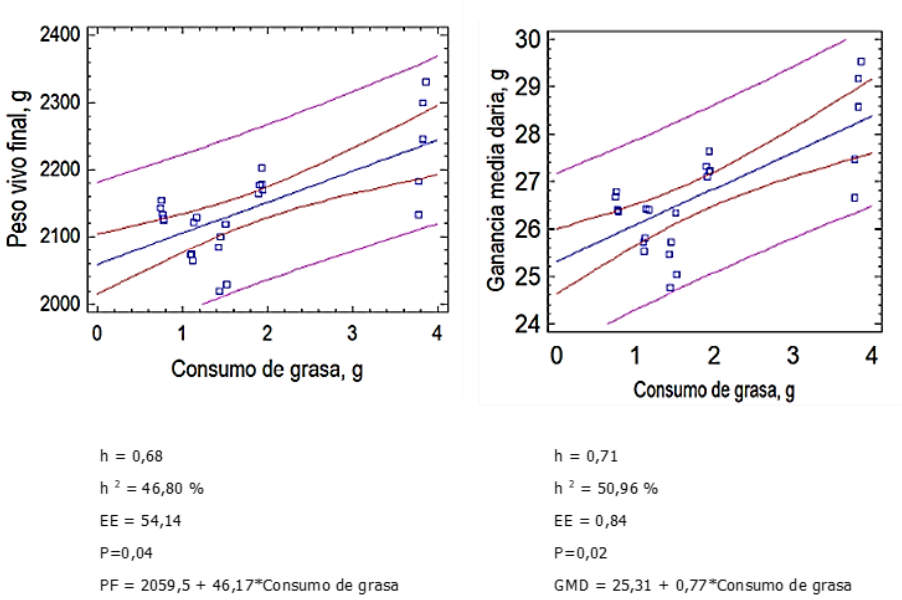
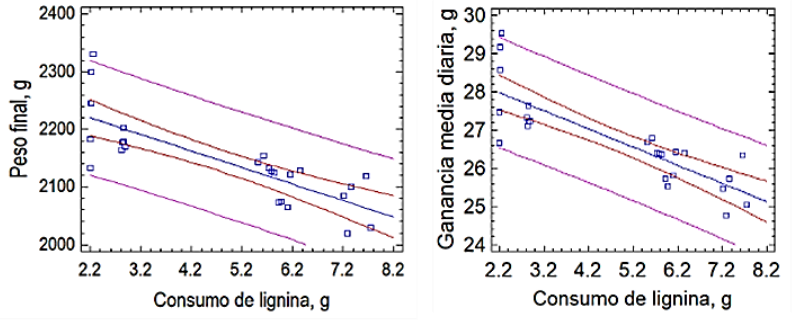


Figura 2. *Efecto del consumo de grasa en los indicadores peso vivo y ganancia diaria en conejos en ceba.*

También en la figura 1 se aprecia que el consumo de lignina se incrementó en la medida que se incorporó la harina de coco desgrasada en las dietas y en particular en los tratamientos 3, 4 y 5, en la ecuación presentada en la figura 3, se observa que tanto la ganancia media diaria y el peso vivo al sacrificio manifiestan una incidencia negativa, expresada por el 71,54 % y el 75,90 % respectivamente, podría estar relacionado a la aparición de problemas digestivos tras aumentar la fibra poco digestible (lignina y celulosa), lo cual reduce la eficiencia alimentaria y el porciento de aprovechamiento de los alimentos, ya que la fibra poco digestible incide en el mantenimiento del tránsito digestivo y la renovación del contenido cecal.

En este sentido García (1997) demostró que un déficit de lignina en la dieta implica una menor velocidad de tránsito y un mayor peso del contenido cecal. Nicodemus *et al.* (2009) reportó efectos significativos del nivel de lignina en la dietas utilizando diferentes niveles de lignina, sus resultados refieren que la digestibilidad de la MS, energía, FND y proteína tendieron a aumentar linealmente cuando la concentración de lignina disminuyó, con efectos significativos en el contenido cecal y la reducción del pH, también observó un efecto lineal de la proporción de lignina sobre la concentración de AGV del contenido cecal y la reducción de la producción de cecotrofo con el aumento de lignina en la dieta.



h = -0,80
h^2 = 63,46 %
EE = 45,45
P=0,39
PF = 2282,94 – 28,69*Consumo de lignina

h= -0.83
h^2 = 69,06 %
EE= 0.66
P=0.07
GMD = 29.03 - 0.47*Consumo de lignina

Figura 3. *Efecto del consumo de lignina en los indicadores peso vivo final y ganancia media diaria de conejos en ceba.*

CONCLUSIONES

Las dietas elaboradas promovieron variaciones en el consumo de grasa y de lignina y se obtuvieron peso al sacrificio a los 59 días de ceba entre 2060 y 2242 y ganancia media de peso de 25,4 hasta 28,4, el comportamiento más bajo en estos indicadores correspondió a los animales que consumieron la dieta con 1,52 % de grasa y 7,51 % de lignina.

El contenido de grasa en la dieta promovió incrementos en el peso vivo final y la ganancia media diaria, mientras el incremento de la lignina en la dieta empeoró los indicadores peso vivo al sacrifico y ganancia media diaria.

BIBLIOGRAFÍA

Acosta Y. (2023). Harina de coco en la respuesta productiva del conejo *(Oryctolagus cuniculus).* Tesis presentada en opción al grado Científico de Doctor en Ciencias Veterinarias. Instituto de Ciencia Animal. Mayabeque. 2023. 102 p.

Cardozo, N. E. C., & Trujillo, F. L. V. (2018). Matarratón (*Gliricidiasepium*), Botón de oro (*Tithoniadiversifolia*) y Morera (*Morus alba*) tres especies forrajeras usadas como alternativa en la alimentación de conejos: revisión sistémica y metaanálisis. Documentos de Trabajo ECAPMA, (1).

De Blas, C.,& Mateos, G. G. (2010). Feed formulation. De Blas, C.; WIiseman, J. In: Nutrition of the rabbit. Cambridge: CAB International, p. 222-232. DOI: http://doi.org/10.1079/9781845936693.0222.

Di Rienzo, J.A., González, L.A., & Robledo, C.W. (2012). InfoStat. Software estadístico. Manual del usuario. Cordova, Argentina.

Duncan, D.B.(1955). MultipleRangeTest.Biometrics, 11,1-41.4

Ferreira, W. M., Ferreira, S. R. , Castro Euler A. C., Machado, L. C., Oliveira, C., E. A., & Vasconcelos, C. H. F. (2006). Avanços na nutrição e alimentação de coelhos no Brasil. In: Zootec, Anais. Recurso eletrônico CD.

García, A. I., García, J. C., Piquer,J., & Carabaño, R.(1997). Efecto de la fuente de fibra sobre la actividad enzimática de la amilasa pancreática y las sacarasas en yeyuno e íleon. ITEA 18: 187.

García, A.M. (2006). Evaluación de forrajes tropicales en dietas para conejos de engorde. Tesis en cumplimiento parcial de los requisitos para el grado de Maestro en Ciencias en Industria Pecuaria. Recinto Universitario de Mayagüez Universidad de Puerto Rico. 89p.

García, R. A. (2010). Eficiencia reproductiva y productiva en conejas Nueva Zelanda, California y sus Cruzas recíprocas bajo condiciones comerciales. [Tesis pregrado. Medicina Veterinaria y Zootecnia]. Morelia (México): Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 50 p.

Gidenne, T., & Pérez, J.M. (1994). Apports de lignines et alimentation du lapin en croissance. 1. Conséquences sur la digestion et le transit. Ann. Zootech., 43: 313-322.

Gutiérrez, I., Espinosa, A., García, J., Carabaño, R. & De Blas, J.C. (2002) J. Anim. Sci. 80: 1029-1037

Nicodemus, N., García, J., Carabaño, R., &Méndez, J. (2009). Efecto de la concentración de lignina en la dieta sobre la digestión en conejos. Departamento de Producción Animal. Univ. Politécnica. ETS Ingenieros Agrónomos. 28040-Madrid. ** COREN SCL

PAS-42. Evaluación de la canal de conejos (*Oryctolagus cuniculus*) alimentados con piensos elaborados con materias primas de producción endógenas

Evaluation of the carcass of rabbits (*Oryctolagus cuniculus*) fed with feed made with endogenous production raw materials

I. R. Bello Boris[1*]*; Y. AcostaAcosta*[2]*; A. CardosaGarcía*[2]*; A. MarbelLuben*[2]*; A. L. Michel La O*[2]

[1]Asociación Cubana de Producción Animal (ACPA). Filial Guantánamo. Calle Carlos Manuel, esquina Aguilera No. 852. Guantánamo. Cuba.

[2]Facultad Agroforestal. Universidad de Guantánamo. Cuba.

[*]Correspondencia a: belloisis99@gmail.com

RESUMEN

Se utilizaron 20 conejos (cinco por tratamiento) del genotipo Chichilla proveniente de la ceba con cuatro variantes de piensos, distribuidos en un diseño completamente al azar, los tratamientos fueron: $T_{(1)}$: variante de pienso A, $T_{(2)}$ variante de pienso B, $T_{(3)}$ variante de pienso C y $T_{(4)}$ Pienso control. Las variables controladas fueron rendimiento de la canal sin cabeza, % de los cortes valiosos de la canal, % de carne comestibles, % de huesos y la relación carne hueso. Los alimentos utilizados en las formulaciones de las variantes de pienso fueron: follaje de botón de oro (*Tithonia diversifolia (Hemsl.) A. GRAY*), follaje de boniato (*Ipomoea batatas (L.) Lam)*, maíz *(Zea mays* ssp. *mays)*, tubérculo de boniato, soya (*Glicine max. L.*), girasol (*Helianthus annuus)*, todos fueron procesado hasta obtener harinas. Las muestras de las variantes de piensos fueron analizadas en el laboratorio de inspección estatal nacional oficina de Santiago de Cuba. Los resultados revelaron un efecto marcado del peso vivo de los conejos en los parámetros de calidad de la canal, encontrando el mejor rendimiento de la canal en los animales de las variantes de alimentación B y C, no obstante, se recomienda el empleo de las tres nuevas variantes de pienso, ya que sus canales cumplen con los parámetros de calidad establecidos para los conejos.

Palabras claves: *formulaciones, alimentación, calidad de la canal*

ABSTRACT

Twenty rabbits (five per treatment) of the Chichilla genotype were used, from fattening with four feed variants, distributed in a completely randomized design, the treatments were: T (1): feed variant A, T (2) feed variant B, T (3) feed variant C and T (4) Control feed. The controlled variables were headless carcass yield, % of valuable carcass cuts, % of edible meat, % of bones and the meat-bone ratio. The foods used in the formulations of the feed variants were: buttercup foliage (*Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. GRAY), sweet potato foliage (*Ipomoea batatas* (L.) Lam), corn (*Zea mays* ssp. mays), sweet potato tuber, soybean (*Glicine max.* L.), sunflower (*Helianthus annuus*), all of which were processed to obtain flours. Samples of the feed variants were analyzed at the national state inspection laboratory in Santiago de Cuba. The results revealed a marked effect of rabbit live weight on carcass quality parameters, with the best carcass yields found in animals fed feed variants B and C. However, the use of the three new feed variants is recommended, as their carcasses meet the quality parameters established for rabbits.

Keywords: *formulations, feeding, carcass quality*

INTRODUCCIÓN

El conejo es una especie con potencialidades para contribuir a satisfacer las necesidades nutritivas de los seres humanos (Olivares *et al.,* 2009), en este propósito, supera a otras especies de animales monogástricos por ser animales herbívoros capaces de transformar en carne alimentos fibrosos y de baja calidad, son capaces de adaptarse a diferentes medios, requieren bajos costos de inversión y se obtiene alta productividad en crianzas familiares (González-Redondo *et al.,* 2015).

Otros de los rasgos de importancia económica en la producción de conejo son la tasa de conversión alimenticia, el tamaño de la camada y el rendimiento de la canal (Dalle *et al.,* 2020). Este último, varía directamente por el peso de la canal (Barba *et al.,* 2018). Sin embargo, la comercialización del conejo se realiza con frecuencia teniendo en cuanta el peso vivo. Aunque, es posible que a mediano plazo se exija calidad en la canal, y ante esto, la biometría de regiones corporales específicas, como la pierna, brazo o lomo, podría facilitar el proceso de selección de animales con mayor mérito genético y mejorar capacidad productiva de la carne (Rubio *et al.,* 2018).

El estudio de la calidad de la carne requiere tener en cuenta el efecto de la alimentación, por ello, el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto en la calidad de la canal de conejos en ceba, alimentados con cuatro variantes de piensos, elaborados con materias primas de producción endógena.



MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en la finca Hermanos Rodríguez, perteneciente a la CCSF Osmel Gonzalvo, ubicada en un área de sabana con relieve llano. El clima es tropical, con temperatura promedio anual de 25 a 30 °C. El nivel de precipitaciones promedio es de 200 mm (milímetros) al año y predominio de suelos con categorías 3 y 4 que son adecuados para la siembra de pastos, cultivos varios y frutales.

Diseño experimental

Se utilizaron 20 conejos del genotipo Chichilla proveniente de la ceba con cuatro variantes de pienso (cinco por tratamiento), distribuido en un diseño completamente al azar, los tratamientos fueron: $T_{(1)}$: variante de pienso A, $T_{(2)}$variante de pienso B, $T_{(3)}$variante de pienso C y $T_{(4)}$ Pienso control. Las variables controladas fueron rendimiento de la canal sin cabeza, % de los cortes valiosos de la canal, % de carne comestibles, % de huesos y la relación carne hueso.

Procedimiento experimental

Los conejos se sacrificaron por inyección letal y corte de la vena yugular, la canal constituyó el cuerpo del animal desangrado, sin piel, abierto a lo largo de la línea media (externo-abdominal), sin cabeza, extremidades seccionadas a nivel del metatarso y metacarpo y eviscerado, posteriormente se seccionó la canal en: tren anterior, tren posterior y dorso lomo, se realizó el deshuese de todas sus partes. Se controló el pesaje de cada parte con una pesa digital con capacidad de 5 kg y sensibilidad 25 g.

Las formulaciones de los piensos fueron realizadas en base a los requerimientos nutricionales de los Conejos sugeridas por de Blasy Wiseman (2010) y el contenido de nutrientes presente en cada materia prima. Se tomó como dieta control el sistema de alimentación utilizado en la finca y que es muy frecuente en los cunicultores en Cuba.

Tabla 1. *Piensos formulados con el uso de materias primas de producción endógenas*

Materias primas (Harina)	Tratamientos			
	A	B	C	D
Follaje de botón de oro	40,00	-	25,00	-
Follaje boniato	-	31,00	10,00	60,00
Maíz	20,00	20,00	20,00	-
Tubérculo de boniato	24,00	18,00	20,00	30,00
Soya	6,00	16,00	15,00	-
Girasol	10,00	15,00	10,00	-
Frijol de canavalia	-	-	-	10,00

Composición química de las variantes de piensos experimentales						
Variantes de pienso	MS (%)	PB (%)	FB (%)	ED MJ/KG de MS	P (%)	Ca (%)
A	89,67	17,25	16,13	13,51	0,20	0,19
B	90,09	16,99	14,27	12,25	0,30	0,21
C	90,34	16,92	13,78	12,01	0,28	0,46

SILVOPAT – 2025 | ICA | ISBN: 978-959-7171-88-1 | Cu-ID: https://cu-id.com/book/978-959-7171-88-1

Manejo de la alimentación

Los piensos se ofertaron a razón del 7 % del peso vivo de los animales en forma de harina a las 08:00 y 16:00 h, para el suministro se taró un recipiente con la cantidad correspondiente para cada grupo experimental, se ajustó sistemáticamente según el volumen de alimentos desechados en comederos. Para evitar el derrame de pienso por escarbo, los comederos se colocaron en el interior de las jaulas a diferentes alturas según la talla de los animales.

Análisis estadísticos.

Para los análisis estadísticos se empleó el sistema estadístico InfoStat (DiRienzo*etal*,2012). Se realizó un análisis de varianza simple para las variables controladas y las diferencias entre las medias fueron detectadas con la realización de la prueba de Duncan (1955).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El peso al sacrificio de los conejos fue de 2,01-2,50 kg (figura 1), similar al obtenido en explotaciones intensivas (de Blas, 1995), los cuales varían en un amplio intervalo entre países. El análisis estadístico muestra que hubo diferencias entre los grupos experimentales a favor de las variantes de piensos B y C, los resultados sugieren que las dietas suministradas lograron satisfacer las necesidades nutritivas de los animales.

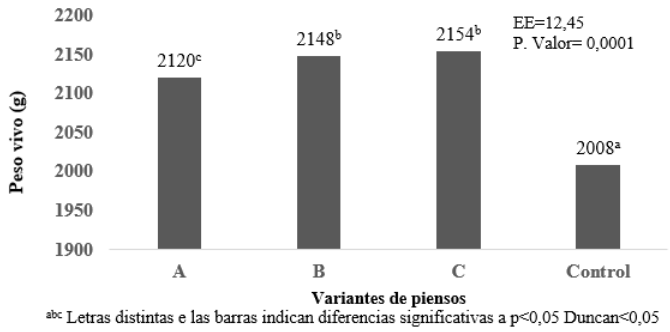


Figura 1. *Promedio de peso vivo al sacrificio de conejos alimentados con variantes de piensos elaborados con materias primas locales*

El peso de la canal y de sus cortes valiosos mostraron diferencias (tabla 2),se encontró que los animales que consumieron los piensos experimentales superaron a los que consumieron el pienso control, siendo las variantes B y C la que mostraron los mejores resultados, esto estuvo en correspondencia con los pesos al sacrificio de los conejos, lo que probablemente obedezca al mejor balance de aminoácidos en estas variantes de piensos proveniente de harina de soya que fue incorporada en mayores proporciones en la formulación de estas variantes de piensos. Al respecto De Blas (1992) informa que un aumento del peso al sacrificio supone un mayor rendimiento de esta porción comestible, por una disminución relativa del aparato digestivo y sus contenidos.

Tabla 2. *Peso de la canal y sus cortes valiosos en conejos alimentados con variantes de piensos elaborados con materias producidas localmente.*

Indicadores	Variantes de piensos				EE	P. valor
	A	B	C	Pienso referencial		
Peso de la canal, g	1093^{b}	1127^{a}	1135^{a}	1019^{c}	4,17	0,0001
Cuarto anterior, g	196,05^{b}	225,27^{a}	228,32^{a}	184,62^{b}	2,23	0,0001
Cuarto posterior, g	452,49^{b}	483,82^{a}	481,23^{a}	389,73^{c}	1,12	0,001
Dorso-Lomo, g	237,34^{b}	275,91^{a}	279,91^{a}	201.50^{c}	4,7	0,001

^{abc} Superíndices diferente en la misma fila indica diferencias a p<0,05 y Duncan 0,005

Los resultados obtenidos confirman que la alimentación tienen efecto tanto en el peso de la canal como en sus porciones, lo cual, ha sido confirmado por diferentes investigadores, en este sentido Vivas *et al.* (2018) evaluó el comportamiento productivo y características de la canal de conejos alimentados con harina de Moringa oleífera y encontró peso de la canal caliente entre 1007 y 1361 g, que fueron similares al rango obtenido en este trabajo en las dietas donde incorporó los % de moringa, mientras el tratamiento control superó los promedios de peso a la canal alcanzado por los conejos en las cuatro variantes utilizadas en el presente trabajo. Por su parte Sánchez (2021), informó pesos a la canal caliente (sin cabeza) de 1288, 1099 y 1290 g, quien alimentó a los conejos *Ad libitum* con alimento concentrando comercial.

Viva *et al.* (2018) reportó peso del cuarto anterior de 147 a 183 g, muy inferior al alcanzado en esta investigación, lo cual pudiera estar motivado por la conformación de la raza y por procedimiento de despiece de la canal, comportamiento comparativo similar se encontró para el peso del lomo 212 a 289.

Se encontró que los mejores rendimientos a la canal (figura 2) fueron para los que consumieron las variantes de pienso B y C, con diferencias al promedio obtenidos en las variantes de pienso A y la dieta control, siendo esta última la de menores rendimientos a la canal de los animales. Esto responde a las características de los alimentos básicos de la dieta control, ya que proporcionan mayor desarrollo del sistema digestivo, además de un alto volumen de alimentos en el estómago y el ciego. La importancia del contenido digestivo y urinario está relacionada con la calidad de la canal, ya que afecta directamente el rendimiento final de la cadena de producción (de Blas, 1992).

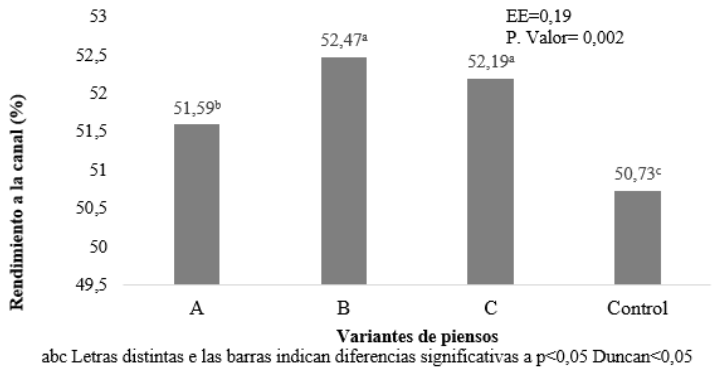


Figura 2. *Rendimiento a la canal de conejos alimentados con variantes de piensos (A, B, C) elaborados con insumos alimenticios de producción endógena*

Estos resultados son coherentes si se considera que los cuatro grupos fueron sacrificados a la misma edad y aproximadamente al mismo grado de madurez. Al respecto Butterfield (1988) indicó que cuando varios grupos de animales se comparan con igual grado de madurez, la alimentación tiene un papel importante en su variabilidad.

Similares rendimientos en canal fueron informados por García (2006) con porcentajes de 49,88 y 51,51 %, al evaluar follajes tropicales en dietas para conejos livianos en la fase de engorde e inferiores a los reportados por Vásquez *et al.* (2007) que encontraron rendimientos a la canal de 55 % al trabajar con conejos Nueva Zelanda y Chinchilla.

La proporción de los cortes valiosos tuvieron las mismas tendencias a las variables analizadas anteriormente (tabla 3), al encontrar que los mayores % para las variables cuarto anterior, cuarto posterior y dorso-lomo, fueron para las variantes de piensos B y C, seguido por los animales del grupo que se alimentaron con la variante A y el pienso control.

Tabla 3. *Proporción de los cortes valiosos de conejos alimentados con variantes de piensos elaborados con insumos alimenticios de producción endógena*

Indicadores (%)	Variantes de piensos				EE	P. valor
	A	B	C	Control		
Cuarto anterior	17,92^{b}	19,98^{a}	20,29^{a}	18,11^{b}	0,22	0,001
Cuarto posterior	41,36^{b}	42,92^{a}	43,45^{a}	38,25^{c}	0,17	0,0001
Dorso-lomo	21,69^{b}	24,47^{a}	25,28^{a}	19,78^{b}	0,44	0,0009

^{abc} *Superíndices diferente en la misma fila indica diferencias a p<0,05 y Duncan 0,005*

Estos resultados difieren de lo encontrado por La O (2007), ya que este autor encontró uniformidad en los pesos del cuarto anterior, cuarto posterior y dorso-lomo, lo cual, se pudiera atribuir a que en su trabajo hubo también similitud en la composición de las cuatro dietas utilizada, donde combinó follajes tropicales-caña y semillas de girasol. No obstante, hubo similitud en cuanto a la mayor proporción de peso en el caso de las regiones del tren posterior y el dorso lomo.

La producción de carne comestible y hueso fue otra de las variables donde las variantes de piensos promovieron efectos (figura 3), se observó que la carne comestible en los animales que se alimentaron con las variantes de pienso B y C, superaron al resto de los tratamientos. Mientras la cantidad de hueso mostró uniformidad en las variantes de piensos experimentales, en todos los casos fueron superiores al control.

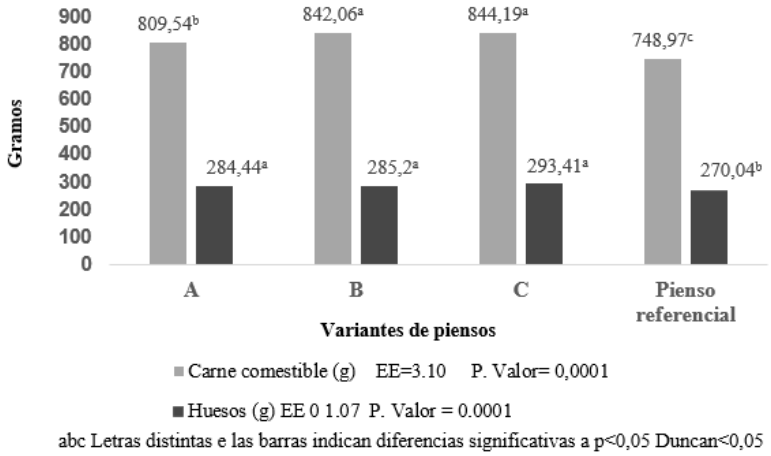


Figura 3. *Cantidad de carne comestible y huesos de conejos alimentados con insumos alimenticios de producción endógena primas locales (A, B, C)*

CONCLUSIONES

Las variantes de piensos promovieron rendimientos óptimos en todas las variables yno afectaron de forma relevante las características de la canal, no obstante, hubo un efecto importante del peso vivo de los conejos en los parámetros de la canal que favoreció a los animales alimentados con las variantes de pienso B y C.

BIBLIOGRAFÍA

Barba L, Sánchez-Macías D, Barba I, Rodríguez N. (2018).The potential of non-invasive pre- and post-mortem carcass measurements to predict the contribution of carcass components to slaughter yield of guinea pigs. Meat Sci. 2018; 140:59–65. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.02.0196.

Butterfield E. 1988). Developmental growth and body weight loss of cattle. III. Dissected components of the commercially dressed carcass, following anatomical boundaries. Aust J Agr Res 4:673-688.

Dalle A, Celia C, Cullere M, Szendrő Z, Kovács M, Gerencsér Z, Dal Bosco A, Giaccone V, Matics Z. (2020). Effect of an in-vivo and/or in-meat application of a liquorice*Glycyrrhiza glabra L.*) extract on fattening rabbits live performance, carcass traits and meat quality. Anim Diet Sci Tech. 260:114333. DOI: https://doi.org/10.1016/j.anidietsci.2019.114333.

De Blas C. (1992). Factores que determinan el rendimiento y la calidad de la canal en conejos. Rev. Mundo Ganadero.7:70-75.

De Blas C. 1995). Factores que determinan el rendimiento y la calidad de la canal en conejos. Departamento de Producción Animal. Universidad Politécnica. Madrid. Mundo Ganadero 7/8).

De Blas, C., Wiseman, J. 2010).The nutrition of the rabbit. 2. Ed. Cambridge: CAB International, p.222-232.7

Di Rienzo, J. A., González, L. A., & Robledo, C.W. (2012). InfoStat. Software estadístico. Manual del usuario. Cordova, Argentina.

Duncan D.B. 1955). Multiple RangeTest. Biometrics, 11,1-41.

García, AM. 2006). Evaluación de forrajes tropicales en dietas para conejos de engorde. Tesis de Maestro en Ciencias en Industria Pecuaria. Universidad de Puerto Rico. Recinto Universitario de Mayagüez. 89 p.



González-Redondo, P., González-Mariscal, G., López, M., Fernández-Carmona, J., Finzi, A. y Villagrá, A. 2015). Comportamiento materno y bienestar de la coneja doméstica y silvestre y su camada. *ITEA*. 1114): 326-347.

La O, A.L. 2007). Alimentación de Conejos *Oryctolaguscunículus)* con follajes, caña, girasol. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Veterinaria. Instituto de ciencia Animal. La Habana. Cuba; 142p.

Olivares, R., Gómez, A. M., Schwentesius, R. y Carrera, B. 2009). Alternativas a la producción y mercadeo para la carne de conejo en Tlaxcala, México. *Región y Sociedad*. 2146): 191-207. [Links]

Rubio P, Chavez J, Febres G, Deza H. (2018). Prediction of carcass weight at the age of slaughtering in guinea pigs of the cieneguilla genotype based on a synthesis of body measurements. Rev Investig Vet Peru. 29(2):507–513. http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v29i2.14476.

Sánchez R. 2021). Rendimiento y evaluación de calidad de la canal en diferentes razas de conejo. Tesis profesional para obtener el título de Licenciado en Ingeniería Agronómica y Zootecnia. Tlatlauquitepec, Puebla, México.

Vásquez, R., Martínez, R., Manrique, C., & Rodríguez, Y. 2007). Evaluación genética del comportamiento productivo y reproductivo en núcleos de conejos de las razas Nueva Zelanda y Chinchilla. Ciencia y Tecnología Agropecuaria, 8 1), 69-74.

Vivas J., Reyes-Sánchez N. Sáenz A. y Benavides Á. 2018). Comportamiento productivo y características de la canal de conejos alimentados con harina de *Moringa oleifera* Revista Científica Vol. 18. No. 31, p. 81-88. -ISSN 1998-8850URL: http://lacalera.una.edu.ni

PAS-42. Evaluación de la inclusión de harina de cascarilla de cacao en dietas para conejos

Evaluation of the inclusion of cocoa husk flour in rabbits diets

Y Villalón Moracen[1]; Y Acosta Acosta[1]; N Nixon Betancourt Santos[2]; A L La O Michel[1]*

[1]Universidad de Guantánamo, Facultad Agroforestal.

[2]Oficina Nacional de Inspección Estatal. Dirección Provincial Guantánamo.

[*]Correspondencia a: yudelkis@cug.co.cu

ABSTRACT

The present research work was carried out on the Rodríguez brothers farm, belonging to the Osmel Gonzálvo CCs in the Guantánamo municipality, Guantánamo province, during the period from January to April 2024, with the objective of evaluating the effect of including flour from cocoa husk in diets for feeding pre-fattening rabbits. The chemical composition and microbiological characterization of cocoa husk flour and its effect on productive behavior when included in the diet of pre-fattening rabbits were determined. The results were subjected to a randomized block design and Duncan's test of means, using the statistical package Statgraphcs plus version 5.1.It was demonstrated that cocoa husk flour has a high percentage of dry matter that demonstrates its high concentration of nutrients with potential to be used in the diet for rabbits, the record of microbiological activity was within the values allowed by legislation, demonstrating that the byproduct was safe for animal consumption. After its incorporation at levels of 10 and 20%, average daily gains above 20 g/d were achieved. The variant of 10% inclusion of cocoa husk flour showed the best productive balances.

Keywords: *cocoa subproducts, feeding, prefattening cuniculture*

INTRODUCCIÓN

La demanda de alimento, especialmente de origen animal, va en aumento debido al crecimiento acelerado de la población mundial y el desarrollo económico. Esta situación ha conllevado a innovar en los sistemas de producción agropecuarios, llevando a que sean más eficientes, provechosos y que lleven al consumidor final productos de calidad. Sin embargo, estos se caracterizan por elevados costos de inversión, dependencia de mercados internacionales y vulnerabilidad al cambio climático (FAO, 2021).

La cría de conejos se considera una actividad pecuaria eficiente en cuanto a rendimientos productivos, lo que ha llevado a un aumento en el número de granjas dedicadas a esta actividad en el país, la producción de conejos de ceba es una actividad importante en la industria pecuaria, ya que los conejos son una fuente de carne magra (Cantarero *et al.*, 2021). Sin embargo, uno de los desafíos que enfrenta esta producción es la disponibilidad y el costo de los alimentos para complementar la alimentación de los conejos; la alimentación tradicionalmente se ha basado en piensos comerciales que pueden ser costosos y a veces difíciles de obtener (Muñoz, 2018).

En los sistemas de producción cunícola la alimentación constituye el factor limitante, provocado por el alto costo de los alimentos tradicionalmente usados en el desarrollo de la cunicultura. Una de las vías para la reducción de los costos de alimentación es el uso de harina de subproductos agropecuarios, lo que podría ayudar a aliviar la competencia entre los humanos y los animales por los alimentos convencionales (De Blas *et al.,* 2015 y Makinde *et al.,* 2017).

Makinde *et al.* (2019) manifiestan que el alto costo de los piensos y la gestión de la alimentación siguen siendo desafíos sin resolver que enfrenta la producción ganadera a nivel mundial, concretamente en los países en desarrollo. De hecho, más de la mitad del costo de producción está asociada a la alimentación, de allí la importancia para la ciencia ganadera de explorar recursos no convencionales para el uso eficiente de los alimentos para reducir costos y aumentar la productividad. Una de estas estrategias constituye el uso de alimentos alternativos o no convencionales como los subproductos del cacao (Hidayat *et al.*, 2018).

En este contexto, es importante para la producción pecuaria, contribuir con conocimientos sobre los recursos poco conocidos para utilizarlos como alimentos, con el objetivo de disminuir los costos y elevar la productividad. Una de las planificaciones es el empleo de recursos no convencionales como lo es la cascarilla de cacao, sobre la cual no se ha generado suficiente información local sobre sus características químicas y su valor nutricional. Makinde *et al.* (2019) mencionan que la cascarilla de cacao está compuesta principalmente por proteína, lignina, minerales, lípidos, hidratos de carbono como almidones, azucares y teobromina.

La industria de cacao produce como residuo principal: la vaina de cacao, la cascarilla de cacao y la harina de cacao, que constituyen más del 70% del fruto del cacao (Campos-Vega *et al.*, 2020). La cascarilla de cacao, obtenida después de la cosecha, es considerada como un insumo importante para la alimentación animal, debido a sus características físicas y químicas, la disponibilidad en los países productores como Ecuador y su bajo costo, lo que genera buenos resultados en la economía del productor.



La cascarilla es considerada un residuo agroindustrial sin valor comercial que usualmente es depositado en grandes pilas durante las etapas iniciales del procesamiento del grano de cacao, ocasionando problemas ambientales (Makinde *et al.*, 2019). Representa el 12% del peso del grano fermentado y seco. Drees *et al.* (2023) mencionan que la cascarilla de cacao posee un alto potencial nutricional que puede aportar a la alimentación animal, hoy en día, se convierte en una alternativa alimenticia de bajo costo para la nutrición de semovientes que están supeditados en su mayoría del consumo de forraje.

En Guantánamo producto del proceso de industrialización del cacao se genera volúmenes considerables de cascarilla de cacao, generando problemáticas ambientales que pueden ser reducidas con el establecimiento de explotaciones cunícolas bien sea a nivel doméstico o industrial y que a su vez sea una fuente de ingresos para los productores de la región. En este sentido, el objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de la inclusión de la harina de cascarilla de cacao en dietas para conejos.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en la la instalación cunícola de la finca Hermanos Rodríguez, perteneciente a la CCs Osmel Gonzálvo, municipio Guantánamo, provincia Guantánamo.

El experimento tuvo una duración de 60 días para el cual fueron utilizados 18 conejos del genotipo mestizo chinchilla de 35 días de edad, con un peso promedio de 500 g ± 600 g, los cuales fueron distribuidos a razón de tres animales por jaula bajo un diseño completamente aleatorizado. Los tratamientos fueron constituidos por una ración referencial y dos raciones por investigar, con 10 % y 20 % de inclusión de harina de cascarilla de cacao (HCC) en diferentes variantes de pienso elaborados con subproductos agrícolas. Las variables evaluadas fueron peso vivo inicial, peso vivo final, ganancia media diaria, consumo de alimentos y conversión alimenticia.

Las dietas fueron elaboradas con base en las exigencias nutricionales de los animales reportados por De Blas y Mateos (2010). Los valores de la composición porcentual de las dietas se presentan en la Tabla 1.

El contenido de calcio (Ca) y fósforo (P) de las dietas se calculó por los aportes de estos minerales en cada materia prima empleada en las variantes de pienso según informan las literaturas.

Tabla 1. *Composición porcentual de las raciones experimentales*

Materias primas	Niveles de harina de cascarilla de cacao (%)		
	10%	20%	0%
Harina de cascarilla de cacao	10,00	20,00	0,0
Harina de follaje de Boniato	30,00	20,00	30,00
Harina de Coco	26,00	26,00	26,00
Harina de maíz	13,00	13,00	21,00
Harina de caña	8,00	8,00	5,00
Harina de frijol canavalia	10,00	10,00	15,00
Sal común	3,00	3,00	3,00

Determinaciones analíticas de los alimentos

Los análisis químicos de las dietas se realizaron en el laboratorio del Ministerio de la Industria Alimentaria Delegación Territorial de Santiago de Cuba. Los contenidos de materia seca y fibra bruta se determinaron a partir de la metodología descrita por la Association Official Analytical Chemistry (AOAC, 2016); para la proteína bruta (PB) se empleó el método descrito en la NC 1385:2022; para la ceniza (Cnz) el método descrito en la NC 907:2012, para el extracto etéreo (EE) el método descrito en la NC 74-26:85; La energía digestible se calculó por la ecuación de Pérez (y = 13,93 - 0,196 FB) Citado por Díaz (2005).

Análisis estadístico

El efecto de la inclusión de la harina de cascarilla de cacao (HCC) en la composición química de las dietas, los indicadores productivos, fueron sometidos a un análisis de varianza simple; las diferencias entre las medias se determinaron por la prueba de Duncan (1955). En todos los casos se utilizó el paquete estadístico Statgraphics plus 5.1.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 2 se aprecia el contenido nutritivo de la HCC. La MS mostró valores 86,16 %, lo cual sugiere una adecuada concentración de nutrientes y al mismo tiempo permite el almacenamiento de la harina por períodos prolongados y la disminución del riesgo de contaminación por hongos (López *et al*., 2014). Los niveles de proteína, fibra y energía resultan adecuados para su uso como alimento para conejos.

En relación al contenido de proteína cruda se observó que el valor reportado en este estudio fue de (9,44%) inferior a los reportados por Pérez (2020) quien obtuvo media de 19,2% y superior a los referidos por Vera (2022), quien registró un valor de 8,15%. Debido a la escasez de estudios realizados sobre la cascarilla de cacao y con lo planteado por los investigadores anteriores, se observa un amplio intervalo de variabilidad en relación a los contenidos de proteína cruda, autores como Pantoja (2014) plantea que el contenido de proteína dependerá de la temperatura y tiempo de secado en conjunto con la variedad de cacao.

Es de destacar que el contenido de proteína bruta se encontró por debajo de las recomendaciones hechas para esta especie por Rodríguez (2009) y De Blas y Mateos (2010), puesto que sus principales recomendaciones fueron 14,2–18,0 %.

El contenido en cenizas de la cascarilla de cacao fue de (7,44%) inferior al del estudio de Astudillo *et al.* (2021), quienes reportaron un 9,67%. Un elevado nivel de cenizas es beneficioso, ya que suministra minerales y demás componentes vitales para el funcionamiento del organismo de los animales (Buscema *et al*., 2014).

Sobresalen los altos contenidos de fibra dietética como característica distintiva de la cascarilla, para este estudio se presentó un valor de 51,3% superior al valor reportado por Astudillo *et al*. (2021) el cual fue 18,06%. Respecto a su elevada concentración de fibra dietética, esta puede considerarse una ventaja para su aplicación como ingrediente funcional en la formulación de dietas para la especie, teniendo en consideración que una mayor ingesta de fibra dietética está asociada con la reducción de la incidencia de desórdenes intestinales (García *et al*., 2008).

Tabla 2. *Composición química de la harina de cascarilla de cacao*

Indicadores	Química	
	Media	DS
Materia seca	86,16	0,055
Proteína bruta	9,44	0,055
Cenizas	7,44	0,055
Extracto etéreo	1,84	0,055
Fibra bruta	51,3	0,055

En la tabla 3 se observan los resultados de los parámetros microbiológicos analizados a la cascarilla de cacao, donde se evidencian condiciones microbiológicas adecuadas para el uso del producto en la alimentación animal.

Los resultados del análisis de hongos y levaduras de la harina proveniente de las cascarillas del cacao se encontraron dentro de los límites permitidos, coincidiendo con los reportados por por El Salous *et al*. (2018) quienes informaron que las harinas provenientes de las cascarillas del cacao tostado cumplen con los criterios microbiológicos determinados en las normas ecuatorianas con relación a la presencia de E. coli, hongos y levaduras.

La calidad microbiana de los productos alimenticios generalmente es resultado del manejo y los procesos de la materia prima, como indica Ewusi & Nortey (2014), quienes a través de los resultados de su investigación realizada en una industria chocolatera en Gana, muestran un alto nivel de contaminación microbiana por exposición de fuentes de contaminación como son los pisos, superficies, aire, operadores y contaminantes microbianos, provenientes de los granos del cacao.

Tabla 3. *Resultados de los análisis microbiológicos.*

Muestra	Hongos filamentosos (UFC/g)	Levaduras (UFC/g)	*Salmonella* (25g)
Harina de cascarilla de cacao	$<8{,}0x10^{1}$	<1,0x10	Ausente



Los resultados sobre el comportamiento productivo de los conejos al finalizar el periodo de experimentación: peso final, ganancia media diaria, consumo y conversión alimenticia se exponen en la Tabla 4.

El peso vivo final de los animales estuvo en el rango de 1194 y 1281g/animal; los mejores pesos se obtuvieron con la inclusión de HCC en la dieta con diferencia con respecto al control, posiblemente debido al efecto nutricional y funcional que se caracteriza por su alto nivel de materia seca de 86,16%. La HCC constituye una materia prima atractiva evidenciando que puede sustituir parcialmente al alimento balanceado hasta un 20 %.

Los resultados del peso vivo final de los animales en este estudio indican valores inferiores a los obtenidos por Paz (2012), quien en su investigación con conejos durante las etapas de crecimiento y engorde bajo el efecto de tres niveles de cascarilla de cacao reportó tendencia numérica favorable al suministrar el 15 % de cascarilla de cacao 2,075 Kg. y los menores valores se detectaron en el testigo (sin cascarilla de cacao) con el 2,013 Kg. Rochina (2016), cuando utiliza harina de algarrobo en la alimentación de conejos determina que mediante la inclusión del 20 % de harina de algarrobo (T2), se alcanzó un peso final 2,92 kg, valor que supera al obtenido en la presente investigación.

La ganancia de peso registra diferencias significativas entre los tratamientos obteniéndose la mejor respuesta para el 10 % de inclusión de HCC en la dieta con 20,52 g, correspondiendo la menor ganancia de peso al tratamiento control con 19,57c g; no obstante los animales donde se incluyó el 20% HCC mostraron un alto ritmo de crecimiento con GMD superior a los 20,15 g, básicamente promovido por el adecuado consumo de nutrientes que realizaron los animales. Esto confirma que las características específicas de las materias primas utilizadas en la elaboración de los piensos poseen un papel determinante en el consumo y el desempeño de los animales (Lebas, 2004).

Duban *et al.* (2012) al utilizar, la cáscara de cacao en la alimentación alternativa de conejos de ceba hasta los 60 días, obtuvieron el mejor comportamiento al incluir un 20 % de este subproducto en la dieta, con ganancias medias diarias de 22,11 g comportamiento superior a los resultados de este estudio.

El consumo de alimento mostrado por los animales revela diferencia significativa entre los distintos tratamientos de conejos alimentados con los niveles de inclusión de 10% y 20% siendo mayor para el 20% de inclusión de HCC el cual pudo hacer sido por la palatabilidad, pero al suministrar dicho porcentaje existe también un alto contenido de materia bruta lo cual podría limitar su uso es por eso que recomienda emplear hasta un 20% de cascarilla de cacao (Alhassan, 1982). Sin embargo, el mayor consumo lo tuvo el grupo control con 87g. Estos resultados coinciden con lo reportado por Paz (2012), quien indicó que a medida de incrementarse los niveles de cascarilla de cacao en la dieta de conejos, los consumos son mayores en un rango diferencial entre 7,859 a 7,923 Kg.

La conversión alimenticia también registró diferencias significativas entre los tratamientos en estudio, la mejor eficiencia alimenticia lo registraron las dietas con inclusión de HCC con valores de 3,77 y 3,96 g de alimento/g respectivamente, se consideran excelentes índices de conversión alimenticia, teniendo en cuenta que sus valores fueron inferiores a los 4 g de alimento/g de incremento de carne. Los promedios de conversión alimenticia reportados por Macías y Úsca (2017) con niveles de inclusión de harina de algarrobo al 14; 21 y 7% fueron de 2,469, 2,550 y 2,651 inferiores a los obtenidos en este trabajo.

Los resultados obtenidos en los diferentes indicadores productivos del conejo en crecimiento en este estudio están en correspondencia con los informes de literatura sobre los niveles de inclusión de estos y otros subproductos agrícolas en dietas de conejos en diferentes países, sin ocasionar efectos adversos sobre el rendimiento (Bermúdez y Menéndez, (2003); Duban *et al.* (2012); Bonilla, (2015); Mennani *et al.*, (2017), Bhatt *et al.*, (2023)).

Tabla 4. *Comportamiento de los indicadores productivos de conejos alimentados con niveles de 10% y 20% de harina de cascarilla de cacao en la dieta.*

Indicadores	Inclusión de harina de cascarilla de cacao			EE	P. Valor
	10%	20%	0%		
Peso inicial, g	665,67a	662,67a	607,67b	1,20	0,0001
Peso final, g	1281a	1267a	1194b	1,45	0,0001
Consumo de alimentos, g	77,33c	79,66b	87,00a	1,49	0,0001
Ganancia media diaria, g	20,52b	20,15a	19,57c	0,19	0,007
Conversión alimenticia	3,77c	3,96b	4,44a	0,10	0,0001

^{abc} superíndice con letra distinta en la misma fila indica diferencias significativas a p<0,05; Duncan (0,05)

CONCLUSIONES

La composición química de la cascarilla de cacao obtenida, se encuentra dentro del rango de lo reportado en las literaturas en la mayoría de los indicadores.

La inclusión de la cascarilla de cacao hasta el 20 % como ingrediente en la dieta de los conejos, satisface sus requerimientos nutritivos sin afectar la ganancia de peso vivo para la etapa hasta 60 días.

BIBLIOGRAFÍA

Alhassan, W., & Nawau,. R. 1982. Studies on the cocoa by-products in animal feed. I responses of wealing rats to various levels of cocoa pod husk. Revista Turrialba, 32(2), p 214-215. Retrieved from http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A0781e/A0781e02.pdf#page=118.

AOAC Official Methods of Analysis. 2016. 20th ed., Rockville, MD: AOAC International.

Astudillo, C., Cabrera, W., Jiménez, W., Montecé, G., Naula, M., Vera, J., Villa, U., Zaruma, F., & Zambrano, F. 2021. Residuos de la producción de cacao (Theobroma cacao L.) como alternativa alimenticia para rumiantes. Revista Colombiana de Ciencia Animal Recia, 13(2), e839. https://doi.org/10.24188/recia.v13.n2.2021.839.

Barazarte, H. et al. 2008. Universidad Simón Bolívar. Laboratorio de Análisis de Alimentos. Dpto. de Procesos Biológicos y Bioquímicos. Universidad Central de Venezuela. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Caracas, Venezuela. Disponible en http://www.alanrevista.org/ediciones/20081/cascara_cacao_posible_comercial_pectinas.asp. p 2,3 .

Bermúdez, M y Menéndez, C. 2003. Utilización de harina de pueraria tropical (Pueraira phaseoloides) en la alimentación de conejos de engorde (Tesis de Grado) Médico Veterinario. Universidad Técnica de Manabí.

Bhatt, R. S., Sarkar, S., Sharma, S. R., & Soni, A. 2023. Use of Moringa oleifera leaves (sole or combined with concentrate) in rabbit feeding: Effects on performance, carcass characteristics and meat quality attributes. Meat Science, 198. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2023.109108.

Bonilla, L. 2015. Evaluación del crecimiento – engorde de conejos neozelandés alimentados con diferentes porcentajes de harina de cabezas de camarón en la parroquia San Pablo, provincia de Bolívar (Tesis de Grado) Médico Veterinario y Zootecnista. Universidad Estatal de Bolívar, Guaranda-Ecuador.

Buscema, I.; Sangronis, E., Soto, M. J., &, Valero, Y. 2014. Cascarilla de cacao venezolano como materia prima de infusiones. Archivos Latinoamericanos de Nutrición Alan, 8.

Campos, C.; Arce, J. 2016. Sustitutos de maíz utilizados en la alimentación animal en Costa Rica. Revista Nutrición Animal Tropical, 10(2). doi:10.15517/nat.v10i2.27327.

Campos-Vega, R., Nieto-Figueroa, K. H., Oomah, B. D. J. T. i. F. S., & Technology. 2018. Cocoa (*Theobroma cacao* L.) pod husk: Renewable source of bioactive compounds. 81, 172-184. doi: https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.09.022.

Cantarero, M., Angón, E., Peña, F., & Perea, J. 2021. Sección: Artículos de investigación Una aproximación a las características de la canal y de la carne de conejos de raza Nueva Zelanda Una aproximación a las características de la canal y de la carne de conejos de raza Nueva Zelanda An approach to the characteristics of the carcass and meat of New Zealand breed rabbits Uma abordagem às características da carcaça e da carne de coelhos da raça Nova Zelândia. CIENCIA VETERINARIA, 24. https://doi.org/10.19137/cienvet202224102.

De Blas, C., & Mateos, G.G. 2010. Feed formulation. In C. De Blas & J. Wiseman (eds.) Nutrition of the Rabbit (pp. 222-232). Cambridge: CAB International.

De Blas, J.C., Rodríguez, C.A., Bacha, F., Fernández, R. and Abad-guam, N.R. 2015. Nutritive value of co-products derived from olive cake in rabbit feeding. World Rabbit Science. 23: 255-262. https://doi.org/10.4995/wrs.2015.4036 Consultado: abril 2024.

Drees, A., Brockelt, J., Cvancar, L., & Fischer, M. 2023. Rapid determination of the shell content in cocoa products using FT-NIR spectroscopy and chemometrics. Talanta, 256, 12431. https://doi.org/10.1016/J.TALANTA.2023.124310.

Duban Henao J, Gutiérrez N, Oviedo OM. 2012. Uso de subproductos agrícolas en la alimentación de conejos en fases de ceba y reproducción. Rev Bio Agro;10(2):236-42.

Ewusi, D., & Nortey, G. (2014). Microbial quality at different stages of cocoa processing: a case study of the real products company limited in Ahanta. Kumasi: Kwame Nkrumah University of Science and Technology.

FAO. 2021. CARNE. Situación del mercado. https://doi.org/10.1787/agr-data-en

García, O., Infante, R., & Rivera, C. 2008. Hacia una definición de fibra alimentaria. Anales Venezolanos de Nutrición, 21(1), 25-30. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-07522008000100005

Hidayat M, Pratama HY, Martono E. 2018. Utilization of cacao pod husk silage as cattle mixture at Taluditi, Pohuwatu Regency, Gorontalo Province. IOP C Ser Earth Env 119: 012011. doi: 10.1088/1755-1315/119/1/012011.



Lebas, F. 2004. Reflections on Rabbit Nutrition with a Special Emphasis on Feed Ingredients Utilization. In 8th World Rabbit Congress. México.

Macías-Rodríguez, E.; Usca-Méndez, Julio. 2017. Utilización de la harina de algarrobo (prosopis pállida) en la alimentación de conejos en crecimiento, engorde. Revista Ciencia UNEMI. Vol. 10, Nº 22, Abril 2017, pp. 105 – 110. ISSN 1390-4272 Impreso ISSN 2528-7737 Electrónico.

Makinde OJ, Okunade SA, Opoola E, Sikiru AB, Ajide SO, Elaigwu S. 2019. Exploration of cocoa (Theobroma cacao) by-products as valuable potential resources in livestock feeds and feeding systems. In: Theobroma cacao Deploying science for sustainability of global cocoa economy. IntechOpen. doi: 10.5772/intechopen.87871.

Makinde, O. J., Okunade, S. A., Opoola, E., Sikiru, A. B., Ajide, S. O., & Elaigwu, S. 2019. Exploration of cocoa (Theobroma cacao L.) by-products as valuable potential resources in livestock feeds and feeding systems. Theobroma cacao L. L.-Deploying Science for Sustainability of Global Cocoa Economy, (1)1-14.

Makinde, O., Sikiru, J., Ajibade, A., & Johnson, A. 2017. Effects of Different AgroIndustrial by-Products on the Growth Performance, Carcass Characteristics and Blood Profiles of Growing Rabbits. International Journal of Research in Agriculture and Forestry. 4(7): 1-8.

Marseglia, A., Musci, M., Rinaldi, M., Palla, G. y Caligiani, A. 2020. Volatile fingerprint of unroasted and roasted cocoa beans (*Theobroma cacao* L.) from different geographical origins. Food Research International, (132). https://doi.org/10.1016/j.foo-dres.2020.109101.

Mennani, A., Arbouche, R., Arbouche, Y., Montaigne, E., Arbouche, F., & Arbouche, S.H. 2017. Effects of the Incorporation of Agroindustrial By-products in the Diet of New Zealand Rabbits: Case of Date Rebus and Apricot Flour. Veterinary Vet World. 10(12), 1456-1463. https://doi.org/10.14202/vetworld.2017.1456-1463.

Mennani, A., Arbouche, R., Arbouche, Y., Montaigne, E., Arbouche, F., & Arbouche, S.H. 2017. Effects of the Incorporation of Agroindustrial By-products in the Diet of New Zealand Rabbits: Case of Date Rebus and Apricot Flour. Veterinary Vet World. 10(12), 1456-1463. https://doi.org/10.14202/vetworld.2017.1456-1463.

Muñoz, L. (2018). Análisis de viabilidad técnica y de mercado para la implementación de un sistema.

Pantoja, Carla. 2014. Deshidratación de la cascara de cacao (Teobroma cacao) para la elaboración de té [En línea]. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Universidad Tecnológica Equinoccial Santo Domingo. pp.80-85.

Paz, J. P. A. (2012). Utilización de tres niveles de cascarilla de cacao (5, 10 y 15 %) en la alimentación de conejos mestizos durante el crecimiento y engorde. Tesis de grado previo a la obtención del título de Ingeniero Agropecuario. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Ecuador.

Pérez, S. D. 2020. Caracterización de la cascarilla del grano de cacao tostado y aplicación en productos de repostería. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias de los Alimentos. Universidad de la Habana. Instituto de Farmacia y Alimentos. La Habana. Cuba.

Rochina, S. 2016. Utilización de harina de *Prosopis pallida* (Algarrobo) en la alimentación de conejos neozelandés en la etapa de crecimiento y engorde. (Tesis de grado). Facultad de Ciencias Pecuarias. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba – Ecuador.

Rodríguez, J. M. 2009. Influencia del nivel de fibra y proteína en la ración sobre la mortalidad, crecimiento e índices de conversión de conejos en cebo. En VII Simposio de Cunicultura. Asociación Española de Cunicultura (ASESCU). Santiago de Compostela, España.

Salous, Ahmed, & Pascual, Alina. (2018). Determinación de e. Coli, hongos y levaduras en la harina proveniente de las cascarillas de dos variedades de cacao en Ecuador. Revista Universidad y Sociedad, 10(1), 164-167. Epub 02 de marzo de 2018. Recuperado en 10 de junio de 2024, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202018000100164&lng=es&tlng=es.

Vera, J. 2022. Caracterización química y degradabilidad in situ de residuos orgánicos del cantón La Troncal - Ecuador. Rev Sinapsis, 2(21). Obtenido de http://www.itsup.edu.ec/sinapsis.

Yegres S., Sánchez, J., Belmer, M., Riveros, W., Belmer, D. 2000. Producción de enzimas pépticas a escala piloto. Rev. Saber: 13(3):54- 56.

PAS-44. Análisis nutricional de subproductos agrícolas para su uso en la alimentación animal

Nutritional analysis of agricultural by-products for their use in the animal feeding

N N Betancourt Santos[2*]*; Y Acosta Acosta*[1]*; A L LaO Michel*[1]*; R Bravo Morell*[1]

[1]Oficina Nacional de Inspección Estatal. Dirección Provincial Guantánamo.

[2]Universidad de Guantánamo, Facultad Agroforestal.

[*]Correspondencia a: nelson.nixononie@alimaticori.alinet.cu

ABSTRACT

In the county Guantánamo Cuba, diverse agricultural and agroindustrial by-products are generated in considerable quantities at low production cost that are available to be used with different ends. The present study evaluated the nutritional quality of obtained agricultural by-products of different cultivations. For was carried out it the chemical characterization had quintupled for all the cases, the matters evaluated cousins were coming from the one: *Zea may ssub sp. Mays* (maíz), *Ipomoe sweet potato* (sweet potato) (foliage and tubers), *Glycine max* (L.) (soya) and *Helianthus annuus L*. (sunflower), *Canavalia ensiformes* (Frijol canavalia). *Tithonia diversifolia* (titonia), was determined dry matter, crude protein, crude fiber, ashes, minerals (Ca and P). The obtained chemical composition of the different matters cousins demonstrated that the same ones show high content of its nutrients, highlighting its fiber content and protein, and that these residuals of by-products can be included in the formulation of diets for different animal species. The economic feasibility of the use was demonstrated from these local resources to the power to substitute matters import cousins used in the animal feeding.

Keywords: *nutritious value, local by-products, nutrition*

INTRODUCCIÓN

El alto costo de la producción en las crianzas animales está asociado con la alimentación, atribuidos a que las raciones tradicionales, están compuestas mayoritariamente por cereales y granos proteicos, que establece una insostenible competencia con la alimentación del hombre. La búsqueda de nuevas formas de producción animal adecuadas a condiciones locales en países tropicales, ha sido tema de interés desde hace varios años (Nieves *et al.,* 2021).

La producción de biomasa vegetal es una actividad crucial para la agricultura, la ganadería y la industria, ya que proporciona materias primas para la alimentación animal, la generación de energía, la elaboración de bioproductos y la conservación del suelo. Sin embargo, esta actividad se enfrenta a desafíos como la escasez de agua, la degradación de la fertilidad del suelo, el aumento de los costos de los insumos y el cambio climático. Por lo tanto, es necesario buscar soluciones que optimicen el uso de los recursos naturales y mejoren la productividad (Khan *et al.,* 2016).

Por tal motivo, la sustitución de materias primas convencionales por subproductos agroindustriales o residuos de cosechas, además de reducir los costos de producción, la contaminación medioambiental, la huella de carbono de los productos animales y la competencia entre la alimentación animal y la humana, contribuye a la sostenibilidad de las explotaciones agropecuarias, potencia la economía circular en los sectores productores y puede mejorar la imagen verde de la ganadería (Molina y Carro, 2022).

En los países tropicales existe un potencial de plantas y cultivos que generan gran cantidad de biomasa y subproductos agroindustriales y agrícolas que su valor nutricional puede variar de acuerdo a las condiciones de cultivares, características del suelo, variedades entre otros aspectos, dentro de ellas se encuentra la *Tithonia diversifolia* (botón de oro), *Canavalia ensiformes* (Frijol canavalia), *Glycine max* (L.) (soya), *Ipomoe sweet potato* (sweet potato) (foliage and tubers), *Helianthus annuus L*. (sunflower), Terry *et al.* (2022), que pueden utilizarse en la alimentación de animales monogástricos y rumiantes. Ante esto, el objetivo de este estudio fue evaluar la calidad nutricional de diferentes subproductos agrícolas para su posible uso en la alimentación animal.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en la finca Hermanos Rodríguez, perteneciente a la CCs Osmel Gonzálvo, ubicada en el consejo popular norte Los cocos. La misma se encuentra ubicada en un área de sabana con relieve llano. El clima es tropical, con temperatura promedio de 25 a 30 °C en el año. El nivel de precipitaciones promedio es de 200 mm al año. Predominan los suelos categoría 3 y 4 adecuados para la siembra de pastos, cultivos varios y frutales.

Las materias primas evaluadas proceden de la *Tithonia diversifolia* (botón de oro), *Canavalia ensiformes* (frijol canavalia), *Glycine max* (L.) (soya), *Ipomoe sweet potato* (sweet potato) (foliage and tubers), *Helianthus annuus L*. (sunflower), *Zea may ssub sp. Mays* (maíz).

Procedimiento para la obtención de las materias primas

Después de la cosecha de cada cultivo se obtuvieron las materias primas, las cuales esparcidas en una lona a una altura de 10 cm por un período de 72 horas con volteo cada cuatro horas para la deshidratación con el uso de la energía solar, al final de la deshidratación fueron molinadas en una maquina forrajera en un molino de martillo con criba de 1 mm y se envasó en sacos de nylon y se tomaron muestras para enviar al laboratorio.

En todos los casos para evaluar la calidad nutricional de las materias primas, se utilizaron 2 kg de cada una para ello se realizó la determinación de la composición química por quintuplicado, en laboratorio de bromatología de inspección estatal nacional oficina de Santiago de Cuba. Para ello se empleó el método descrito por la AOAC (2016) para la materia seca (MS), materia orgánica (MO), proteína bruta (PB), fibra bruta (FB), extracto etéreo (EE), cenizas (Cnz); mientras el calcio (Ca), fósforo (P), Se determinaron según AOAC (2002). La energía digestible se calculó por la ecuación de Pérez (y = 13,93 - 0,196 FB) Citado por Díaz (2005).

Se realizaron estadísticas descriptivas sobre los datos obtenidos (promedio, desviación estándar y coeficiente de variación). La comparación de medias se efectuó mediante la dócima de Tukey. El procesamiento de la información se realizó con el paquete estadístico SAS v 9.1 (SAS, 2013).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de la composición nutricional de los subproductos estudiados se muestran en la tabla 1. Los mismos muestran una elevada concentración de todos los nutrientes que se muestran al ser comparados con otros subproductos no convencionales producidos a nivel local para ser utilizados en la alimentación animal como la harina de la fruta del pan (*Artocarpus altilis*) (Leyva, 2010), harina de coco desgrasada (Acosta, 2023).

El valor de la materia seca de los subproductos estudiados fue superior y similar al valor de la materia seca de otros subproductos habitualmente utilizados en la alimentación animal, como la harina de copra de coco con 86-89% (Retore *et al*., 2010) o similares con la harina de albaricoque (*Apricot kermnel*) con 93-96% (Mennani *et al*., 2017).

Tabla 1. *Contenido de nutrientes de las materias primas empleada en las formulaciones*

Ingredientes	MS (%) Media DS	PB (%) Media DS	FB (%) Media DS	Ca (%) Media DS	P (%) Media DS
Tithonia diversifolia **(botón de oro)**	87,16±0,005	24,60±0,54	27,02±1,06	0,30±0,02	0,30±0,03
Harina de tubérculo de boniato	89±0,005	1,51±0,005	0,90±0,005	0,78±0,02	0,02±0,03
Harina de follaje de Boniato	88±0,005	7,60±0,02	24, 67±1,06	0,46±0,03	0,20±0,02
Harina maíz	90±0,005	9,70±0,02	6,70±0,03	0,01±0,03	0,36±0,03
Harina de frijol canavalia	89±0,005	20.09±0,005	36.30 ±0,03	2.01±0,03	0.23±0,03
Harina de soya	90±0,005	44,00±0,005	5,30±0,03	0,24±0,02	0,56±0,02
Harina de girasol	91±0,005	22,40±0,005	2,19±0,005	0,38±0,03	0,46±0,03

La variabilidad de los contenidos de proteína descritos en los estudios mencionados se debe básicamente a la parte de la planta analizada (hojas, tallos o planta completa), al estado fenológico, y a las condiciones agroclimáticas y de fertilidad del suelo. Se presenta el contenido de proteína bruta de productos y subproductos agrícolas, se observa que el mayor promedio de proteína bruta se obtuvo en el *Tithonia diversifolia* (botón de oro) y la harina de soya los resultados indican que estos productos de acuerdo a sus contenidos en proteína bruta se agrupan en alimentos aportadores de proteína bruta. Los contenidos de proteína del botón de oro se encuentran en un rango alto dentro de las especies forrajeras y subproductos utilizados para alimentación animal, si comparamos el valor promedio de proteína bruta encontrado por Medina *et al.* (2009) en el botón de oro, y los encontrados por Rosales (1996), en tres de las especies arbóreas más utilizadas para la alimentación de rumiantes en Colombia, *Gliricidia sepium* (14,7%), *Leucaena leucocephala* (22,2 %) y *Erytrina poeppigiana* (21,4%),

Otros de los componentes de importancia en este estudio fue el alto contenido de fibra bruta (tabla 1) presente en la harina de follaje de boniato y moderados en la harina de botón de oro, los valores obtenidos en esta investigación con relación a este parámetro fue similar a los reportados por diversos investigadores, este componente es de mucha importancia en la nutrición animal por el papel que juega en a fisiología digestiva, estas características nutricionales de los subproductos podría ser considerada como una alternativa para su utilización en la formulación de dietas para diferentes especies animales.

En cuanto al contenido de minerales los resultados indican que los subproductos estudiados, poseen cantidades apreciables de calcio y fósforo, estos porcentajes sugieren que las mezclas de estas materias primas en los piensos pudieran satisfacer las necesidades de los mismos de este nutriente. Por otra parte las cantidades obtenidas para ambos minerales es similar a los obtenidos por Lezcano *et al.* (2012) quien informó valores de calcio y fósforo de 2,86%, 3,05% y 2,93%, y de 0,27%, 0,25% y 0,27%, respectivamente para especies forrajeras y subproductos agrícolas.

CONCLUSIONES

Los productos y subproductos estudiados presentan una composición de nutrientes adecuada para ser incluida en las dietas para diferentes especies animales. Es relevante el alto contenido de minerales que presentan los productos y subproductos agrícolas estudiados.

BIBLIOGRAFÍA

Acosta Y. (2023). Harina de coco en la respuesta productiva del conejo (*Oryctolagus cuniculus*).Tesis presentada en opción al grado Científico de Doctor en Ciencias Veterinarias. Instituto de Ciencia Animal. Mayabeque. 102 p.

AOAC (Official Methods of Analysis). 2002. 17th. Ed. Assoc. Off, Agric. Anal. Chem. Arlington, Viirginia,

AOAC (Official Methods of Analysis). 2016. 19th. Ed. Assoc. Off, Agric. Anal. Chem. Arlington, Viirginia.

Díaz, M.O. 2005. Estimación de energía digestible en alimentos convencionales y no convencionales para el conejo. Tesis presentada en opción al título académico de Máster en Producción animal para la zona Tropical. Instituto de Ciencia Animal. San José de las Lajas. La Habana. Cuba; 96p.

Khan, K., Khan, S., Khan, R., Asad Sultan & Nazir Ahmad Khan & Naseer Ahmad. 2016. Growth performance and meat quality of rabbits under different feeding regimes. Tropical Animal Health Production. 48:1661–1666.

Leyva, T. C. S. 2010. Caracterización química de harinas de frutos y hojas del árbol del pan (Artocarpus altilis) y su empleo en la alimentación de pollos, conejos y ovinos de ceba. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Veterinarias. Instituto de Ciencia Animal. La Habana. Cuba; 130p.

Mennani, A., Arbouche, R., Arbouche, Y., Montaigne, E., Arbouche, F., Arbouche, S.H. 2017. Effects of the incorporation of agroindustrial by-products in the diet of New Zealand Rabbits: case of Rebus of date and apricot kermnel meal. Vet World 10: 1456-1463. doi: 10.14202/vetworld.2017.1456-1463

Nieves, D., López, D. Y Cadenas, D. Alimentación de conejos de engorde con dietas basadas en materias primas no convencionales. Revista Unellez de Ciencia y Tecnología. 2021 Volumen especial: 160-166.

Retore, M., Silva, L., Toledo, G.S., Araújo, I.G. 2010. Efeito da fibra de coprodutos agroindustriais e sua avaliação nutricional para coelhos. Arq Bras Med Vet Zootec 62: 1232-1240.

SAS. 2013. Sistema de análisis estadístico. Universidad de Nebraska. Versión 9.3. SAS/STAT 9.1. Copyright, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA. ISBN 1-59047-243-8.

Terry Espinosa, C., Hernández Castellanos, M., Almoguea Fernández, M., & Hernández Calzadilla, R.E. 2022. Producción diversificada de alimentos en patio y parcela para el autoconsumo familiar. Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas, 5(2), 104-111.



PAS-45. Análisis nutricional de la harina de copra de coco desgrasada para su uso en la alimentación del conejo (*Oryctolagus cuniculus*)

Nutritional analysis of defatted coconut copra flour for use in rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) feed

Y Acosta Acosta1[1]; A L La O Michel[1]; N N Betancourt Santos[2]; Y Villalón Moracen[1]*

[1]Universidad de Guantánamo, Facultad Agroforestal.

[2]Oficina Nacional de Inspección Estatal. Dirección Provincial Guantánamo.

[*]Correspondencia a: yanixi@cug.co.cu

ABSTRACT

Defatted coconut meal is an agro-industrial by-product that is produced in the municipality of Baracoa, province of Guantánamo, Cuba, in considerable quantities and available for its use as animal feed. The present study evaluated the nutritional quality of defatted coconut flour. A 60 kg sample was taken from one day of production and its composition was determined: dry matter, crude protein, crude fibre, acid detergent fibre, neutral detergent fibre, cellulose, lignin, ashes, minerals (Ca, P, K, Mg) and the fatty acid profile. The results show that the average values for all the nutrients present in defatted coconut meal present an adequate balance of nutrients to be used as raw material in the formulation of diets for animal feed, especially for rabbits. It had a high percentage of crude fibre and crude protein and adequate fatty acid profile.

Keywords: *coconut subproducts, nutritional composition, cuniculture*

INTRODUCCIÓN

El gran crecimiento de la población humana y el incremento de la demanda de alimentos originan competencia entre el humano y los animales por ciertas materias primas que se usan para la elaboración de concentrados para la alimentación de los animales, lo que provoca un incremento en sus costos. Este entorno obliga a los nutricionistas a buscar alimentos alternativos más económicos para la alimentación de los animales de granja y de las mascotas (Abdulrashid y Nnabuenyi. 2009).

El costo de alimentación en un sistema de producción animal representa alrededor del 60-70% del costo total. Reducir el costo de la alimentación podría lograrse mediante el uso de ingredientes de alimentos no convencionales más baratos (Maertens *et al.,* 2002). La búsqueda de fuentes de alimentos alternativos requiere el conocimiento adecuado de su valor nutricional, lo cual implica caracterizar adecuadamente las materias primas, toda vez que el forraje y los subproductos agroindustriales varían según la procedencia y el estado vegetativo (Maroto *et al*., 2011).

En Cuba existe gran cantidad de residuos derivados de la actividad agrícola, siendo uno de estos productos la harina de copra del coco *Cocos nucifera L* (Acosta *et al*., 2016), que actualmente constituyen materia de estudio con el fin de emplearlos como fuentes alternativas en la alimentación de conejos (*Oryctolagus cuniculus*), especie que se explota para el consumo de la población, especialmente en la provincia de Guantánamo.

La harina de copra de coco se obtiene industrialmente a partir del fruto seco (coco). La harina de coco se obtiene de la separación del aceite de la parte fibrosa de la copra, con una eficiencia industrial de dos toneladas de copra para producir una tonelada de aceite y 500 kg de harina, La producción promedio en la zona es de 1500 kg/día.

La harina de copra de coco en Cuba constituye una materia prima de importancia, empleándose de forma integral y desgrasada en las dietas de cerdos, conejos y aves. Su uso como fuente alternativa de alimento en los animales ofrece la posibilidad de sustituir materias primas convencionales de alto costo en el mercado internacional como el maíz (*Zea mays L*), soya (*Glycine max L*) y alfalfa (*Medicago sativa L*), contribuyendo a disminuir los costos de alimentación. La digestibilidad de sus nutrientes, al ser incluida en dietas para conejos en diferentes niveles de inclusión, presenta valores para la materia seca, proteína bruta y fibra bruta de 57.6-58.9%, 74.9-77.8% y 46.1-49.8, respectivamente (Acosta *et al*., 2016). Ante esto, el objetivo de este estudio fue evaluar la calidad nutricional de este subproducto para su posible uso en la alimentación del conejo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio incluyó harina de copra de coco desgrasada de la fábrica de extracción de aceite de coco de Baracoa (Guantánamo, Cuba). Se tomaron muestras a la 08:30, 12:00 y 16:00 h de un día de producción. En cada momento se colectaron 20 kg, llegando a tener una muestra de 60 kg al final del día. De esta, se tomaron cinco muestras de 2 kg que fueron remitidas a los laboratorios en bolsas de naylon de 3 kg destinadas para este fin para evitar su contaminación

En el Centro de Tecnología Agropecuaria y Forestales de la Universidad de Guantánamo se determinó extracto etéreo (EE); en el Instituto de Ciencia Animal se determinó materia seca (MS), materia orgánica (MO), proteína bruta (PB), fibra bruta (FB), cenizas (Cnz), fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente ácida (FDA), lignina y celulosa; en el Departamento de Evaluación de Alimentos del Instituto de Investigaciones para la Industria Alimentaria de Cuba se determinó calcio (Ca), fósforo (P), magnesio (Mg) y potasio (K); y en el labora-torio de bioquímica del Centro de

Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV), Guanajuato, México, se determinó el perfil de ácidos grasos.

Se empleó el método descrito por la AOAC (2016) para la determinación de la materia seca (MS), materia orgánica (MO), proteína bruta (PB), fibra bruta (FB), extracto etéreo (EE) y cenizas (Cnz). Asimismo, para la determinación de calcio (Ca), fósforo (P), magnesio (Mg) y potasio (K) se siguieron los procedimientos indicados por AOAC (2002). Las fracciones de la fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente ácida (FDA), lignina y celulosa se determinaron según Van Soest (1993).

La determinación del perfil de ácidos grasos se dividió en tres etapas: extracción de lípidos, metilesterificación de los lípidos y determinación cromatográfica. Para la extracción de los lípidos se empleó un extractor Soxhlet (AOAC, 2002, 2006), para la metilesterificación de los lípidos se utilizó un Rotavapor Heidolph Hei-VAP core (AOAC, 2002) y para la determinación cromatográfica de ácidos grasos totales se empleó un cromatógrafo de gases acoplado a espectrometría de masa con Ionización por impacto electrónico GC-EIMS, modelo G-4513A inert XLMSD. El equipo fue controlado por un operador de datos NIST MS v2 Spectra (AOAC. 2006).

Se realizaron estadísticas descriptivas sobre los datos obtenidos (promedio, desviación estándar y coeficiente de variación). La comparación de medias se efectuó mediante la dócima de Tukey. El procesamiento de la información se realizó con el paquete estadístico SAS v 9.1 (SAS, 2013).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de la composición nutricional de la harina de copra de coco desgrasada se presentan en el Cuadro 1. El subproducto muestra una elevada concentración de todos los nutrientes al ser compara-dos con otros subproductos no convencionales utilizados en la alimentación animal como la harina de la fruta del pan (*Artocarpus altilis*) (Leyva, 2010), algarrobo (*Prosopis pállida*) (Macías, 2017). El valor de materia seca fue superior al reportado por Moorthy y Viswanathan (2010) y por la NRC (2012) con valores de 94.46 y 92.9%, respectivamente, utilizando métodos similares para la extracción.

Cuadro 1. *Contenido de materia orgánica (MO), materia seca (MS), proteína bruta (PB) y extracto etéreo (EE) de la harina de copra de coco desgrasada obtenida durante la extracción industrial del aceite de coco*

Indicadores	Promedio	Desviación estándar	(%) Coeficiente de variación
Materia orgánica	93.27	0.74	0.80
Materia seca	96.22	2.24	2.32
Proteína bruta	19.42	0.46	2.37
Extracto etéreo	3.72	0.16	4.44

El valor de la materia seca de la harina de copra de coco desgrasada fue superior al valor de la materia seca de otros subproductos habitualmente utilizados en la alimentación del conejo, como la harina de copra de coco con 86-89% (Retore *et al*., 2010) o similares con la harina de albaricoque (*Apricot kermnel*) con 93-96% (Mennani *et al*., 2017).

El valor promedio de la proteína bruta fue inferior al valor de 22.75% reportado por Moorthy y Viswanathan (2010), mientras que Stein *et al*. (2015) obtuvieron rangos de 20 a 26% con un alto contenido de arginina. Que es casi el 10% del total de la PB total y una relación de 5:1 Arginina-Lisina. No obstante, el valor obtenido en el presenta estudio fue superior a los valores de 12.31 y 12.6% reportados por Igbabul *et al*. (2014) y Sujirth y Mahendran (2015) utilizando el método de prensado para la obtención de aceite de coco y una segunda deshidratación de la harina de coco después de haberle extraído el aceite respectivamente. Las variaciones en el contenido de PB de la harina de copra de coco se atribuyen usualmente a los métodos de extracción del aceite, así como a los ecotipos utilizados (Mahadevan, 1957; Andriguetto, 1983).

El bajo contenido de extracto etéreo (3.72%) obtenido refleja la alta eficiencia del proceso de extracción de aceite a la copra de coco, lo cual favorece la conservación del producto obtenido al disminuir los riesgos de enranciamiento. Moorthy y Viswanathan (2010) reportaron un valor de 2.89% en la harina de coco por métodos similares, en tanto que Sujirth y Mahendran (2015) reportaron un valor mucho más alto (9.2%).

Los resultados de la composición de carbohidratos estructurales obtenidos en el presente estudio (Cuadro 2) siguen la misma tendencia de otras investigaciones, como son los casos de Moorthy y Viswanathan (2010) con 12.11%; Jaworski *et al.* (2014) con 10-16 %; Sujirth y Mahendran (2015) con 13.0%.



Por otro lado, el contenido de FDA, FDN y celulosa mostraron valores promedios altos. Es importante notar el alto contenido alto de fósforo (Cuadro 3), lo cual significa que la harina de copra de coco desgrasada podría ser un aportador de fósforo alternativo para el fosfato dicálcico. La composición de cenizas fue similar al 7.41% reportado por Moorthy y Viswanathan (2010) e inferior al 8.2% reportado por Sujirth y Mahendran (2015).

Cuadro 2. *Contenido de fibra bruta, fibra detergente neutra, fibra detergente ácida, lignina y celulosa de la harina de copra de coco desgrasada*

Indicadores	Promedio	Desviación estándar	(%) Coeficiente de variación
Fibra bruta (FB)	9.79	0.69	7.02
Fibra detergente neutra (FDN)	70.46	0.41	0.59
Fibra detergente ácida (FDA)	41.36	0.17	0.42
Lignina ácida detergente	3.63	0.03	0.93
Celulosa	38.54	0.06	0.16

Cuadro 3. *Contenido de minerales de la harina de copra de coco desgrasada*

Indicadores	Promedio	Desviación estándar	(%) Coeficiente de variación
Cenizas	6.73	0.070	1.04
Calcio	0.23	0.008	3.48
Fósforo	0.54	0.020	3.60
Magnesio	0.31	0.007	2.26
Potasio	1.85	0.030	1.66

El perfil de ácidos grasos de la harina de copra de coco desgrasada se muestra en el Cuadro 4. Los ácidos grasos saturados re-presentaron la mayor fracción (85.47%). predominando el ácido láurico con 41.36%, seguido del ácido mirístico con 22.56%. Asimismo, se encontró una fracción de ácidos grasos insaturados que representó el 14.49%, siendo el ácido oleico el más representativo, además de otros como el linoleico, linolénico y araquídico o araquidónico. Por otra parte, los ácidos grasos saturados (AGS) y los ácidos grasos monoinsaturados (AGMI) pueden ser biosintentizados por los animales, pero no el ácido linoleico (C18:2n-6), ni el ácido

linolénico (C18:2n-3) (Mallo *et al.* (2017), siendo por estas razones nutrientes esenciales en las dietas de los animales, de allí que se resalte la presencia de estos ácidos en la harina de copra de coco estudiada.

Cuadro 4. *Perfil de ácidos grasos de la harina de copra de coco desgrasada*

Ácidos grasos	Promedio (%)	Desviación estándar	Coeficiente de variación
Láurico	41.36	1.88	4.6
Mirístico	22.56	0.50	2.2
Palmítico	13.00	0.64	5.0
Oleico	11.35	0.71	6.2

Esteárico	4.54	0.30	6.6
Cáprico	3.79	0.65	5.0
Linoleico	2.85	0.17	6.1
Lignocérico	0.14	0.02	6.2
Araquídico	0.13	0.01	7.7
Eicosanoico	0.08	0.01	4.2
Linolénico	0.01	0.00	3.9

Orsavova *et al.* (2015) indica que los lípidos presentes en el coco, y que aparecen en la harina de copra de coco, fueron ácidos grasos saturados, monosaturados y poliinsaturados. predominando el ácido palmítico (4.6-20.0%), el ácido oleico (6.2-71.1%) y el ácido linoleico (1.6-79 %), valores que coinciden con los reportados en el presente estudio. Así mismo, Kostik *et al.* (2013) mencionan que los ácidos grasos predominantes en el aceite de coco son el láurico (47.7%) y mirístico (19.9%), valores similares a los obtenidos en esta investigación. Por otro lado, Belén-Camacho *et al. (*2005) describen que los ácidos saturados representaron la mayor fracción de las grasas de los derivados del coco, siendo el nivel más alto el correspondiente al ácido láurico (50.9%), valores que son ligeramente superiores a los señalados por Méndez (2006) con 48.2% y a los obtenidos en este estudio con 41.36%

CONCLUSIONES

La harina de copra de coco desgrasada es un subproducto apropiado para ser incluida en las dietas para conejos. Es relevante el alto contenido de fósforo dentro la composición mineral de la harina de copra de coco desgrasada

BIBLIOGRAFÍA

Abdulrashid, M., Nnabuenyi, L. 2009. Taro Cocoyam (*Colocacia esculenta*) meal as feed ingredient in poultry. Pak J Nutr 8: 668-673. doi: 10.3923/pjn.2009. 668-673.

Acosta, A.Y., Raymónd, L., Pérez, G.N., LaO, M.A., Villalón, M.Y. 2016. Inclusión de diferentes niveles de harina de coco industrial en dietas para conejos. Hombre. Ciencia y Tecnología 20: 99-106.

Andriguetto, J.M. 1983. Nutrição animal. 2° ed. Vol. 2. São Paulo: Nobel. 335- 352.

AOAC Official Methods of Analysis. 2002. 17 th ed. AOAC International.

AOAC Official Methods of Analysis. 2006.19thed. AOAC International.

AOAC Official Methods of Analysis. 2016. 20th ed., Rockville, MD: AOAC International,

Belén-Camacho, D., López, I., García, D., González, M., Moreno, M., Medina, C. 2005. Evaluación físico-química de la semilla y del aceite de corozo (*Acrocomia aculeata Jacq*). Grasas y Aceites.56: 311-316. doi: 10.3989/gya.2005.-v56.i4.98

Igbabul, B.,D., Bello, F,.A., Ani, E.C. 2014. Effect of fermentation on the proximate composition and functional properties of defatted coconut (Cocos nuciferaL) flour. Sky J Food Sci 3: 034-040.

Jaworski, N.,W., Shoulders, J., González-Vega, J.C., Tein, H.H. 2014. Effects of using copra meal. palm kernel expellers. or palm kernel meal in diets for weanling. pigs. Prof Anim Sci 30: 243-251. doi:10.15232/S1080-7446(15)30108-X

Kostik, V., Memeti, S., Bauer, B. 2013. Fatty acid composition of edible oils and fats. J Hyg Eng Des 4: 112-116.

Leyva, T.C.S. 2010. Caracterización química de harinas de frutos y hojas del árbol del pan (*Artocarpus altilis*) y su empleo en la alimentación de pollos, conejos y ovinos de ceba. Tesis Doctoral. La Habana. Cuba. Instituto de Ciencia Animal. 130 p.

Maertens, L., Perez, J.M., Villamide, M., Cervera, C., Gidenne, T., Xiccato, G. 2002.Nutritive value of raw materials for rabbits: Egran tables 2002. World Rabbit Sci 1: 157-166. doi: 10.4995/wrs.-2002.488

Mahadevan, P. 1957.The effects of tropical feeding stuffs on growth and first year egg production. Poultry Sci 36: 286-295.



Mallo, J.J.M., Sol, C. 2017. Nueva fuente de ácidos grasos de cadena media. Engormix. Internet. Disponible en: https://www.engormix.com/porcicultura/salud-intestinal-cerdos/nue-va-fuente-acidos-grasos_a40345/

Maroto, A., Gómez, E., Guerrero, A., Garrido, D., Pére, M. 2011. La valoración nutricional de los alimentos para animales: génesis de la información Madrid. En: XXVII Curso de Especialización FEDNA.

Méndez, S.A., 2006. Conversión y eficiencia en la ganancia de peso con el uso de seis fuentes diferentes de ácido graso en conejos Nueva Zelanda. Tesis de Médico Veterinario Zootecnista. Ecuador: Univ. Técnica de Ambato. 157 p.

Mennani, A., Arbouche, R., Arbouche, Y., Montaigne, E., Arbouche, F., Arbouche, S.H. 2017. Effects of the incorporation of agroindustrial by-products in the diet of New Zealand Rabbits: case of Rebus of date and apricot kermnel meal. Vet World 10: 1456-1463. doi: 10.14202/vetworld.2017.1456-1463

Moorthy, M., Viswanathan, K. 2010. Digestibility and feeding value of coconut meal for White Leghorn layers. Tamilnadu J Vet Anim Sci 6: 196-203.

NRC. Nutrient requirements of swine. 2012.11 rev. ed. 2012. Washing-ton DC, USA: National Academy Press.

Orsavova, J., Misurcova, L., Vavra, J.A., Vicha, R., Mlcek, J. 2015. Fatty acids. Composition of vegetable oils and its contribution to dietary energy intake and dependence of cardiovascular mortality on dietary intake of fatty acids. Int J MolSci 16: 12871-12890. doi: 10.3390/ijms160612871

Retore, M., Silva, L., Toledo, G.S., Araújo, I.G. 2010. Efeito da fibra de coprodutos agroindustriais e sua avaliação nutricional para coelhos. Arq Bras Med Vet Zootec 62: 1232-1240.

SAS. 2013. Sistema de análisis estadís-tico. Universidad de Nebraska. Versión 9.3. SAS/STAT 9.1. Copyright, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.

Stein, H.H., Casas, G.A., Abelilla, J.J., Liu, Y., Casilda, R.S. 2015. Nutritional value of high fiber co-products from the copra, palm kernel. and rice industries in diets fed to pigs. J Anim Sci Biotechnol 6: 56.

Sujirtha, N., Mahendran, T. 2015. Use of defatted coconut flour as a source of protein and dietary fibre in wheat biscuits. Int J Innov Res Sci Eng Technol 4: 7344-7352. doi: 10.15680/IJIRSET.2015.-0408116.

Van Soest, J.P. 1993. Cell wall matrix interactions and degradation - Session sinopsis. In: Forage cell wall structure and digestibility. USA. p 377-395. doi10.2134/1993.foragecellwall.c15

PAS-46. Factores e impactos de los indicadores productivos del integral porcino en el Instituto de Ciencia Animal (ICA)

Y. Londres Silot[*]*., L. Ayala Gonzáles., K. Hidalgo Salomón y Y. García Hernández.*

Instituto de Ciencia Animal (ICA), Carretera central, km 47½, Mayabeque, Cuba.

[*].Correspondencia a: yoelvysls27@gmail.com

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue determinar los factores e impactos que incidieron en la producción del integral porcino del ICA en el periodo 2012-2021. Se empleó una base de datos conformada por 120 observaciones. Se aplicó el Modelo Estadístico Medición de Impacto (MEMI). En las filas se situaron los diez años y los doce meses, mientras que en las columnas se ubicaron las 16 variables. Se identificaron, a partir del criterio de presentar valores propios mayores que la unidad, tres componentes principales que determinan la productividad de la unidad y explican el 64.1% de la variabilidad total del sistema. El componente más importante y que más varía es el primero (Partos y crías) con el 35.62% de la varianza acumulada que explica el modelo ajustado, mientras que el segundo (Año) contribuye con el 15.42% de la variabilidad y el tercero (Mortalidad de crías) con un 13.06%. Esto se corresponde con el hecho de que los indicadores relacionados con los partos y las crías determinan los principales rasgos económicos en la producción porcina. Podemos inferir que los impactos positivos (0 a 2.5) alcanzados en los años 2017 y 2018 se deben a la ocurrencia de mayor cantidad de partos y un mayor total de crías nacidas por mes con respecto a los años con impactos negativos. Es importante señalar que la evaluación del impacto de los indicadores productivos y sus comportamientos en los diferentes años, mostraron cuales fueron las variables y años que marcaron mejor rendimiento productivo en la unidad.

Palabras claves: *Productividad, sistema, comportamiento, rendimiento*

ABSTRACT

The objective of this study was to determine the factors and impacts that influenced the production of ICA's integrated pork production during the 2012-2021 period. A database consisting of 120 observations was used. The Statistical Impact Measurement Model (MEMI) was applied. Ten years and twelve months were represented in the rows, while the 16 variables were represented in the columns. Based on the criterion of presenting eigenvalues greater than one, three principal components were identified that determine unit productivity and explain 64.1% of the total variability of the system. The most important and most variable component is the first (Farrowing and calves) with 35.62% of the accumulated variance explained by the fitted model, while the second (Year) contributes 15.42% of the variability and the third (Calf mortality) with 13.06%. This is consistent with the fact that indicators related to farrowing and calving determine the main economic traits in pig production. We can infer that the positive impacts (0 to 2.5) achieved in 2017 and 2018 are due to a higher number of farrowings and a higher total number of calves born per month compared to years with negative impacts. It is important to note that the evaluation of the impact of production indicators and their performance in different years showed which variables and years marked the best production performance in the unit.

Keywords*: Productivity, system, behavior, performance*

INTRODUCCIÓN

La producción porcina actualmente es una de las principales actividades con alta demanda e importancia para el sector pecuario. Hoy en día, las unidades de producción porcinas cuentan con programas mejorados aplicados a la genética, sistemas de alimentación, bioseguridad, sanidad, y de reciente incorporación a estos programas, está el tema de sustentabilidad ambiental y bienestar animal (Castro 2022). La interrelación entre estos aspectos ha permitido el crecimiento paulatino y acelerado de la producción de carne por cerda al año. La productividad numérica de una granja porcina, conocido como la cantidad de lechones destetados por cerda al año, también es considerado como uno de los indicadores de gran importancia en estos sistemas (Martín, 2021). En él se conjugan aspectos como la mortalidad, el peso, el rendimiento, la conversión alimenticia y la velocidad de crecimiento. Por tanto, el conocimiento del comportamiento permitirá mejorar el manejo de los animales utilizados en producción y optimizar su bienestar según Montané et al. (2023).

Para mejorar la eficiencia de un establecimiento dedicado a la producción porcina, es de gran utilidad la información que se puede recopilar, tanto de carácter técnico como económico y su correcto procesamiento. Los datos que los productores obtienen, permiten producir información que luego puede ser utilizada para tomar decisiones de manera



objetiva. En términos económicos, la eficiencia podría definirse como la utilización óptima de los recursos disponibles con el fin de alcanzar la mayor producción posible. Es así como este concepto básico, es uno de los pilares fundamentales en los que reposa la productividad de las granjas porcinas, y del cual se desprenden diferentes indicadores que nos permiten evaluar los resultados de las distintas etapas que comprenden el ciclo productivo de la porcicultura (Aristizábal, 2022).

La evaluación del impacto de la producción en el tiempo tiene gran utilidad para los sistemas agropecuarios al constituir una herramienta útil para la toma de decisiones y trazar estrategias para alcanzar la máxima eficiencia y productividad (Rodríguez et al. 2015). Ello permite identificar aquellas variables que más aportan a la variabilidad de un sistema e indican los cambios que van ocurriendo en las unidades productivas La producción porcina en Cuba ha tenido sus fluctuaciones desde el siglo pasado, debido a las crisis económicas internacionales que repercuten de forma directa en el país (Izquierdo, 2020). A partir del año 2019 en el país se emprendió un nuevo programa de recuperación de los centros integrales porcinos, eslabón importante para incrementar la producción de carne de cerdo. El integral porcino del Instituto de Ciencia Animal (ICA) no ha estado exento de la situación que ha presentado la producción porcina nacional en los diferentes periodos. Además, se suma al programa de rescate antes mencionado por su importancia para el desarrollo de nuevas investigaciones y en la producción de alimentos. Es por ello que se hace necesario, desde la ciencia, ofrecer un conjunto de acciones que reviertan la actual situación por la que atraviesa la producción porcina en el ICA. Por tal razón el objetivo de este estudio es determinar los factores e impactos que incidieron en los indicadores productivos en los diferentes años en el integral porcino del ICA.

MATERIALES Y MÉTODOS

En este estudio se utilizó una base de datos con 120 observaciones (12 registros por año). Se analizaron 16 rasgos, todos expresados como indicadores por mes: Total de cubriciones (TCUB), reproductoras confirmadas (REPCONF), eficiencia técnica (ET), eficiencia económica (EE), cantidad de partos (CANTPART), total de crías nacidas (TOCRNA), total de crías nacidas vivas (CRNAVI), crías/parto (CxP), peso total de crías (PETOCR), peso promedio de crías (PEPDCR), reproductoras destetadas (REPDES), crías destetadas (CRIDES), crías destetadas/puerca (CRIDES/P), peso total al destetes (PETODE), peso promedio al destete (PEPDDE), mortalidad de las crías (MUDECR).

Para identificar las variables e indicadores que definen los cambios fundamentales en la productividad porcina en la unidad, se empleó la base de datos, por lo que la matriz de información quedó conformada por 120 observaciones. En las filas se situaron los diez años y los doce meses, mientras que en las columnas se ubicaron las 16 variables. La matriz de datos final fue de orden 120 x 16. Se aplicó el Modelo Estadístico Medición de Impacto (MEMI) de Torres *et al.* (2008 y 2013) y se consideró como criterio que el valor propio fuese igual o superior a uno.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se identificaron altas correlaciones (0.8-0.9) entre las variables cantidad de partos, total de crías nacidas, crías nacidas vivas y peso total de las crías. Entre el resto de los rasgos estudiados las correlaciones fueron bajas con valores entre 0.01 y 0.5. Específicamente, entre el peso promedio al destete y la mayoría de los indicadores analizados dicha correlación, además de ser baja también fue negativa (-0.02 a -0.35). Esto también se cumplió para la relación entre la cantidad de partos con las reproductoras destetadas y el peso promedio al destete y el peso total de las crías con el peso promedio al destete (-0.01 y -0.08). Se identificaron, a partir del criterio de presentar valores propios mayores que la unidad, tres componentes principales que determinan la productividad de la unidad integral porcina y explican el 64.1% de la variabilidad total del sistema (tabla 1). El componente más importante y que más varía es el primero (Partos y crías) con el 35.62% de la varianza acumulada que explica el modelo ajustado, mientras que el segundo (Año) contribuye con el 15.42% de la variabilidad y el tercero (Mortalidad de crías) con un 13.06%. Esto se corresponde con el hecho de que los indicadores relacionados con los partos y las crías determinan los principales rasgos económicos en la producción porcina.

Las variables que integran cada componente se seleccionaron a partir de factores de peso superiores a 0.65. El primero lo conforman los indicadores cantidad de partos, total de crías nacidas y vivas y el peso total de las crías al nacer. De estas variables relativas, son la cantidad de partos y el total de crías nacidas por mes, las de mayor factor de peso (0.94-0.95). El segundo lo compone el año con un peso de 0.82. En el tercer y último componente (mortalidad de las crías) está integrado por el peso promedio de las crías al destete y la mortalidad de las crías con un peso relativo de 0.77 y magnitud negativa, lo que sugiere su relación antagónica con el peso promedio de las crías.

Tabla 1. *Determinación de factores que inciden en la productividad de la unidad integral porcina.*

Componente	Variables relativas	Factor de peso	Valor absoluto	Varianza explicada, %
Partos y Crías	Cantidad de partos (CANTPART), No.	0.95	35.62	35.62
	Total de crías nacidas (TOCRNA), No.	0.94		
	Crías nacidas vivas (CRNAVI), No.	0.92		
	Peso total de las crías (PETOCR), kg	0.92		
Año	Año	0.82	15.42	51.04
Mortalidad de crías	Peso promedio al destete (PEPDDE), kg	0.74	13.06	64.10
	Mortalidad de las crías (MUDECR), %	-0.77		

El hecho de que solo se explique el 64% de la variabilidad total obedece a que existen otras causas de variación que no fueron consideradas en el análisis como la calidad y cantidad del alimento suministrado a los animales, las condiciones de las instalaciones y la aptitud maternal, entre otras que afectan el comportamiento de estos indicadores productivos. El impacto o cambios asociados al comportamiento de estas variables que mayor varianza explican, se muestran en las figuras 1 donde los años y meses estudiados, representados en el eje de las x, obtienen una evaluación para cada componente en una escala de valores que indica su situación relativa con respecto al resto de los años analizados, que se representan en el eje de las y por barras.

Se puede apreciar en la figura 1 que para el componente uno (partos y crías) los impactos oscilaron entre -2.5 y 2.5. Los años 2017 y 2018 presentan un patrón diferente al de los otros años en estudio, fundamentalmente, los dos primeros años (2012, 2013) y los dos últimos (2020, 2021) donde la mayoría de los meses tuvo impactos negativos, debido a un bajo comportamiento de las variables que conforman este componente. Si se tiene en consideración la alta correlación encontrada entre las variables que conforman este componente, fundamentalmente entre las de mayor peso para el primer factor, podemos inferir que los impactos positivos (0 a 2.5) alcanzados en los años 2017 y 2018 se deben a la ocurrencia de mayor cantidad de partos y un mayor total de crías nacidas por mes con respecto a los años con impactos negativos.

En estos años también hubo una mayor cantidad de cerdas reproductoras en la unidad con respecto a los demás años. También la alimentación en el periodo 2017-2018 fue mejor en cuanto a calidad y cantidad, lo que favorece un mejor comportamiento de la masa.

Se debe tener en consideración que el efecto del año en una crianza animal es complejo de explicar debido a que implica factores de tipo administrativo, de manejo, reemplazos de animales en la unidad, entre otros, los cuales son difíciles de cuantificar en estudios retrospectivos según Ramírez y Segura (1992). No obstante, su influencia en rasgos de importancia como los que se incluyen en la primera componente (cantidad de partos, total de crías nacidas y el peso de las crías) es referida por varios autores (Deka et al. 2002; Koketsu 2007; Pandey et al. 2010; Chansomboon et al. 2010).

Esta metodología a pesar de todos los beneficios que nos ha aportado para trabajos como este, no ha sido ampliamente utilizada. Los resultados obtenidos en este estudio son comparables con otros informados en la literatura científica por Chivangulula et al. (2013) aunque estos autores lo usaron para caracterizar la producción porcina familiar en Angola. Es importante destacar que en ambos estudios se destacaron dentro de la primera componente (principal) las variables relacionadas con los partos por puercas y crías destetadas que fueron los de mayor peso en la productividad de la unidad, aunque en el estudio realizado en Angola se analizaron otras variables dentro de las componentes como son: producción del criador, cantidad de alimentos, partos por año, total de estadía, área total y área agrícola.

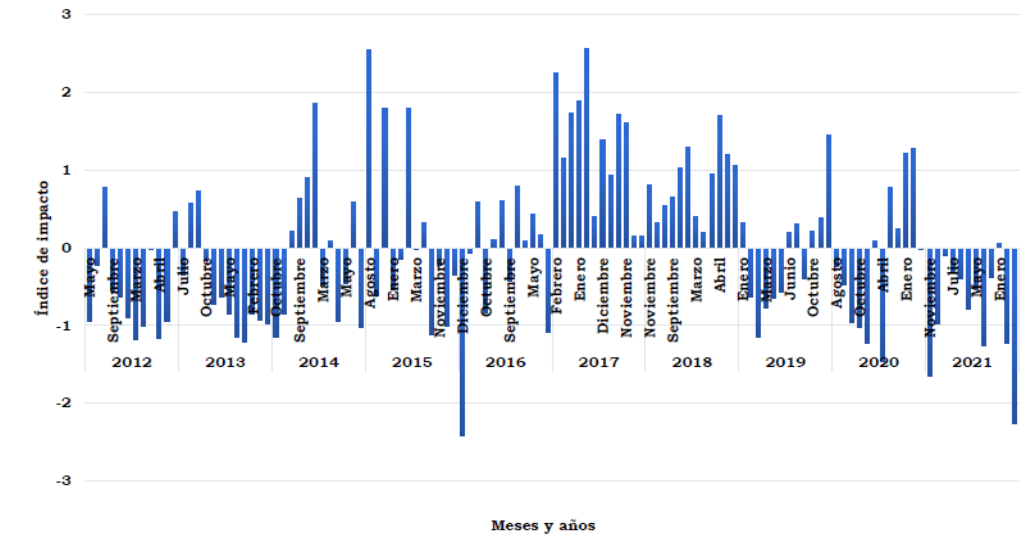


Figura 1. *Índices de impacto de los partos y las crías en el periodo 2012-2021 en la unidad integral porcina del ICA.*

CONCLUSIONES

Los años 2017 y 2018 presentaron impactos positivos para la primera componente, esto se debe a mayor cantidad de partos y un mayor total de crías nacidas por mes. La evaluación del impacto de los indicadores productivos y sus comportamientos en los diferentes años, mostraron cuales fueron las variables y años que marcaron mejorrendimiento productivo en la unidad.

BIBLIOGRAFÍA

Aristizábal, S.L. 2022. Factores asociados a la deficiente ganancia de peso de los cerdos en etapa de lactancia y precebo, y alternativas para aumentar el consumo en una granja porcicola del departamento de Antioquia.Trabajo de Grado para optar por el título de Medicina Veterinaria.Facultad de Ciencias Agropecuarias. Medicina Veterinaria. Caldas-Antioquia, 2022.

Castro, CA.2022. Perspectivas económicas para el mercado porcino mundial en 2022. Disponible en: https://www.3tres3.com/latam/articulos/perspectivas-economicas-para-el-mercado-porcino-mundial-en-2022_13945/ Consultado: 4/04/25

Chansomboon, C, Elzo MA, Suwanasopee, T and Koonawootrittriron, S. 2010. Estimation of genetic parameters and trends for weaningto- first service interval and litter traits in a commercial landrace-large white swine population in northern Thailand. Asian- Australasian Journal of Animal Science.23: 543-555.

Chivangulula, M.; Torres, V; Morais, J.; Nalissimo MJ&Gabriel, R. 2013. Evaluación multivariada del sistema de producción porcino familiar en Kaála, Angola. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, vol. 47, núm. 3, pp. 279-282

Deka, D., Goswami, R.N., Mili, D. Saikia, S. 2002. Effect of some nongenetic factors on litter

Izquierdo, RM., Mainegra D & Miranda, J.2020. La producción porcina familiar: experiencias en la capacitación desde el Centro Universitario Municipal. P.329-348.ISSN 2310-340X RNPS 2349—COODES Vol.8 No. 2(mayo-agosto). Disponible en: http://coodes.upr.edu.cu/index.php/coodes/article/view/306

Koketsu, Y. 2007. Technical note: High-performing swine herds improved their reproductive performance differently from ordinary herds for five years. Journal of Animal Science. 85:3110–3115.

Martín, I. 2021. Productividad numérica de cerdas en España. Trabajo de Grado.Facultad de Veterinaria.

Montané, D., Ganges Y& Álvarez, B. 2023. Efecto de la bioseguridad sobre indicadores bioproductivos en la Unidad Empresarial de Base Génetica Porcina El Lage. Avances, 25(4), 537-550. Disponible en http://avances.pinar.cu/index.php/publicaciones/article/view/789/2115

Pandey, A., Singh, S.K., Pandey, A.K. 2010. Studies on genetic and non-genetic factors affecting reproductive traits in landrace desi and their crossbred pigs. Journal of Ecology and Environmental Sciences.7-10.

Ramírez, G.R y Segura, C.J.1992. Factores que afectan el comportamiento reproductivo de los cerdos en el noreste de México. I. Tamaño de la camada y promedio de peso de los lechones. Técnica Pecuaria México. 30: 53-58.

Rodríguez, I., Torres, V., Martínez, O. & Álvarez, J. 2015. Aplicación del Modelo de Medición de Impacto (MEMI) para evaluar los indicadores que más inciden en la producción de leche en la Granja Genética del Instituto de Ciencia Animal (ICA) Mayabeque Cuba. Livestock Research for Rural Development 27(11). Available: http://lrrd.cipav.org.co/lrrd27/11/rodr27220.html, [Consulted: abril/2024].

Torres, V., Cobo, R., Sánchez, L. & Raez, N. 2013. Statistical tool for measuring the impact of milk production on the local development of a province in Cuba. Livestock Research for rural Development 25:9. Available: http://www.lrrd.cipav.org.co/lrrd25/9/torr25159.htm, [Consulted: Mayo 3, 2025].

Torres, V., Ramos, N., Lizazo, D., Monteagudo, F. & Noda, A. 2008. Statistical model for measuring the impact of innovation or technology transfer in agriculture. Cuban Journal of Agricultural Science, 42(2):131-137, ISSN: 2079-3480.



PAS-47. Una salud. Análisis de vulnerabilidad; impactos y adaptación al cambio climático para la producción ovino-caprino. (JM)

One health. Vulnerability; impact and adaptation analysis to climate change for sheep and goat production. (CUM)

María Caridad González Borlet[1*]*; Madelaine Meriño Lara*[2*]

[1]CUM Jesús Menéndez. Universidad Las Tunas. CP. 77300.

[2]Universidad Las Tunas.

[*]Correspondencia a: mariagb@ult.edu.cu; madealineml@ult.edu.cu

RESUMEN

La presente investigación se desarrolló en el municipio Jesús Menéndez, provincia Las Tunas, Cuba, con el objetivo de favorecer las condiciones de adaptación del ganado ovino-caprino al cambio climático, contribuyendo al desarrollo socioeconómico local mediante el enfoque Una Salud. Se aplicó un diseño experimental completamente aleatorizado (DCA) con tres tratamientos: sistema tradicional sin intervención (T1), aplicación de medidas no farmacológicas (T2), y medidas no farmacológicas combinadas con educación sanitaria comunitaria (T3). La muestra incluyó 30 productores y 150 animales, evaluándose variables productivas y sanitarias como ganancia de peso, incidencia de enfermedades, mortalidad y estado corporal. Los datos fueron procesados mediante INFOSTAT con análisis de varianza y prueba de Duncan. Los resultados evidenciaron diferencias significativas ($p<0.05$) entre tratamientos: T3 mostró la mayor ganancia de peso (180 g/día), menor incidencia de enfermedades (15 %) y mejor estado corporal (4.1), mientras que T1 presentó los peores indicadores. El análisis de vulnerabilidad reveló alta exposición en humanos y animales debido a infraestructuras deficientes, escaso acceso sanitario y prácticas de riesgo, como el contacto sin bioseguridad. Las estrategias de adaptación más efectivas fueron la suplementación natural, sombra y captación de agua. La discusión permitió confirmar la efectividad del enfoque Una Salud para reducir riesgos sanitarios y mejorar la resiliencia climática, en línea con estudios recientes (FAO, 2022; González Borlet, 2025). Se concluye que la integración de medidas participativas, sostenibles y multisectoriales es clave para enfrentar los desafíos del cambio climático en la producción ovino-caprina familiar. Se recomienda escalar estas prácticas a otras comunidades vulnerables.

Palabras clave: *Resiliencia, sostenibilidad, medidas preventivas, agroecosistemas y bienestar animal*

ABSTRACT

This research was conducted in the municipality of Jesús Menéndez, Las Tunas province, Cuba, with the aim of improving the adaptive conditions of sheep and goat livestock to climate change, contributing to local socioeconomic development through the One Health approach. A completely randomized experimental design (CRD) was applied with three treatments: traditional system without intervention (T1), implementation of non-pharmacological measures (T2), and non-pharmacological measures combined with community health education (T3). The sample included 30 producers and 150 animals, evaluating productive and health variables such as weight gain, disease incidence, mortality, and body condition. Data were processed using INFOSTAT with analysis of variance and Duncan's test. The results showed significant differences ($p<0.05$) between treatments: T3 recorded the highest weight gain (180 g/day), lowest disease incidence (15%), and best body condition (4.1), while T1 had the poorest indicators. The vulnerability analysis revealed high exposure in humans and animals due to deficient infrastructure, limited healthcare access, and risky practices such as contact without biosecurity. The most effective adaptation strategies were natural supplementation, shade provision, and water harvesting. The discussion confirmed the effectiveness of the One Health approach in reducing health risks and enhancing climate resilience, consistent with recent studies (FAO, 2022; González Borlet, 2025). It is concluded that integrating participatory, sustainable, and multisectoral measures is key to addressing climate change challenges in family-based sheep and goat production. It is recommended to scale up these practices to other vulnerable communities.

Keywords: *Resilience, sustainability, preventive measures, agroecosystems, and animal welfare.*

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el mundo enfrenta una creciente interdependencia entre la salud humana, la salud animal y el equilibrio ambiental. Esta realidad ha sido ampliamente reconocida por organismos internacionales como la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Organización Mundial de Sanidad Animal (OMSA) y la FAO, los cuales impulsan el enfoque "Una Salud" como estrategia integral ante los desafíos sanitarios globales, particularmente en un contexto marcado por el cambio climático, la degradación de los ecosistemas y la intensificación de enfermedades zoonóticas (OMS, 2022). La pandemia de COVID-19 acentuó la necesidad de fortalecer los sistemas de vigilancia integrados, donde la interacción entre humanos, animales y medio ambiente no solo es inevitable, sino decisiva para prevenir futuras crisis sanitarias (FAO, 2021).

En el contexto nacional, Cuba ha adoptado con fuerza el enfoque "Una Salud", con estrategias articuladas desde el Ministerio de Salud Pública (MINSAP), el Ministerio de la Agricultura (MINAG) y el CITMA. En 2024 se realizó el I Congreso Nacional Una Salud, promoviendo alianzas intersectoriales para abordar problemas sanitarios comunes desde la base comunitaria (Percedo Abreu et al., 2024). Esta visión integrada ha sido clave para mejorar el manejo de las enfermedades zoonóticas, fortalecer la resiliencia ante eventos extremos y diseñar políticas sanitarias sostenibles. No obstante, persisten desafíos significativos en zonas rurales, donde el acceso limitado a servicios veterinarios y humanos, así como la escasa infraestructura, aumentan la vulnerabilidad de las comunidades agropecuarias (MINSAP, 2023).

Particularmente en la región oriental de Cuba, el cambio climático se ha manifestado con mayor severidad: sequías prolongadas, lluvias intensas y temperaturas extremas afectan directamente la salud humana y animal. En la provincia de Las Tunas, uno de los territorios más afectados, se identifican patrones de vulnerabilidad marcados por suelos degradados, alta exposición a vectores, baja cobertura sanitaria y dependencia de la ganadería familiar. En este escenario, el municipio Jesús Menéndez se destaca por su importancia en la producción ovino-caprina, actividad que aporta a la seguridad alimentaria, la generación de ingresos familiares y la sostenibilidad del sistema agroecológico local (González Borlet, 2025).

El análisis realizado en este territorio revela condiciones críticas tanto para los animales como para las personas: falta de sombra en los corrales, escasez de suplementos nutricionales, poca aplicación de medidas preventivas, y contacto directo entre humanos y animales sin medidas de bioseguridad. Estos factores elevan la incidencia de enfermedades zoonóticas, como la brucelosis o la fiebre Q, y comprometen la salud de grupos vulnerables como mujeres, niños y productores de finca familiar (González Borlet, 2025). Asimismo, el cambio climático actúa como amplificador de riesgos, al incrementar la presencia de vectores y provocar desajustes en los ciclos reproductivos y productivos de los animales.

El problema que aborda esta investigación se resume en la insuficiencia de condiciones del entorno del ganado ovino caprino para su adecuada adaptación al cambio climático en el municipio Jesús Menéndez, Las Tunas, lo que afecta la salud animal, humana y el equilibrio del ecosistema local. Esta situación exige soluciones integradas, sostenibles y participativas, bajo el principio de que no puede haber salud animal sin salud humana ni salud humana sin salud ambiental (OMS, 2022).

Por tanto, el objetivo general de este estudio es favorecer las condiciones de adaptación del ganado ovino caprino al cambio climático para contribuir al desarrollo socioeconómico del municipio Jesús Menéndez, mediante la aplicación del enfoque Una Salud. Específicamente, se propone: (1) identificar factores de vulnerabilidad en animales y humanos; (2) evaluar los impactos del cambio climático sobre la producción ovino-caprina; y (3) diseñar estrategias de adaptación integradas y participativas, con enfoque de equidad, sostenibilidad y salud pública.

La relevancia científica y práctica de esta investigación radica en su capacidad para proponer un modelo de intervención territorial adaptado a las condiciones reales del oriente cubano. A través del análisis interdisciplinario y la participación comunitaria, se busca fortalecer la resiliencia agropecuaria y sanitaria ante los efectos del cambio climático, en beneficio de la salud integral de las personas, los animales y los ecosistemas.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se desarrollará bajo un enfoque cuantitativo-cualitativo de carácter descriptivo y experimental, sustentado en la metodología de acción participativa. Se realizará un análisis de vulnerabilidad, impactos y estrategias de adaptación en la producción ovino-caprina en el municipio Jesús Menéndez, provincia Las Tunas, empleando el enfoque de Una Salud como eje integrador entre la sanidad animal, humana y ambiental.

El estudio se ejecuta en fincas familiares ubicadas en la zona norte del municipio Jesús Menéndez, provincia Las Tunas, Cuba. Las coordenadas geográficas aproximadas del área de intervención son 21°09' N y 76°27' O, en una región caracterizada por suelos degradados, estaciones lluviosas intensas y períodos de sequía prolongados. Se trabaja con una población total de 30 productores ovino-caprinos, distribuidos en 5 comunidades rurales: San Juan, Paso Pata, Las Marías, El Sordo y Los Bajos. La muestra es intencionada, seleccionando 6 productores por comunidad, garantizando la participación de mujeres, jóvenes y adultos mayores. Además, se evalúa un total de 150 animales (30 por comunidad), de distintas edades y categorías.

Variables analizadas

A. Variables sanitarias y productivas en animales: Estado corporal (escala 1-5), incidencia de diarreas y enfermedades respiratorias, parasitismo interno y externo, peso vivo al destete (kg), mortalidad pre y pos-destete (%) y ganancia diaria de peso (g/día).

B. Variables humanas y de manejo: Prácticas higiénico-sanitarias, conocimiento sobre zoonosis, cercanía entre viviendas y corrales, frecuencia de asistencia veterinaria y percepción de cambio climático.

C. Variables ambientales: Cobertura vegetal en corrales, calidad del agua (presencia de materia orgánica), Temperatura y humedad relativa (registro mensual) y precipitaciones (datos meteorológicos locales)

Técnicas e instrumentos de recolección

Encuestas semi-estructuradas a productores, enfocadas en conocimientos, prácticas de manejo y percepción de riesgos sanitarios.

Fichas de observación directa sobre condiciones del entorno animal.

Revisión clínica veterinaria de los animales cada 15 días durante un período de 6 meses.

Registro meteorológico local, con apoyo del CITMA y estaciones del INSMET.

Muestreo coprológico y ectoparasitario, para diagnóstico de infestaciones.

Peso individual de los animales mediante balanza portátil.

Se aplicará un diseño completamente aleatorizado con tres tratamientos:

T1: Sistema tradicional de manejo sin intervención.

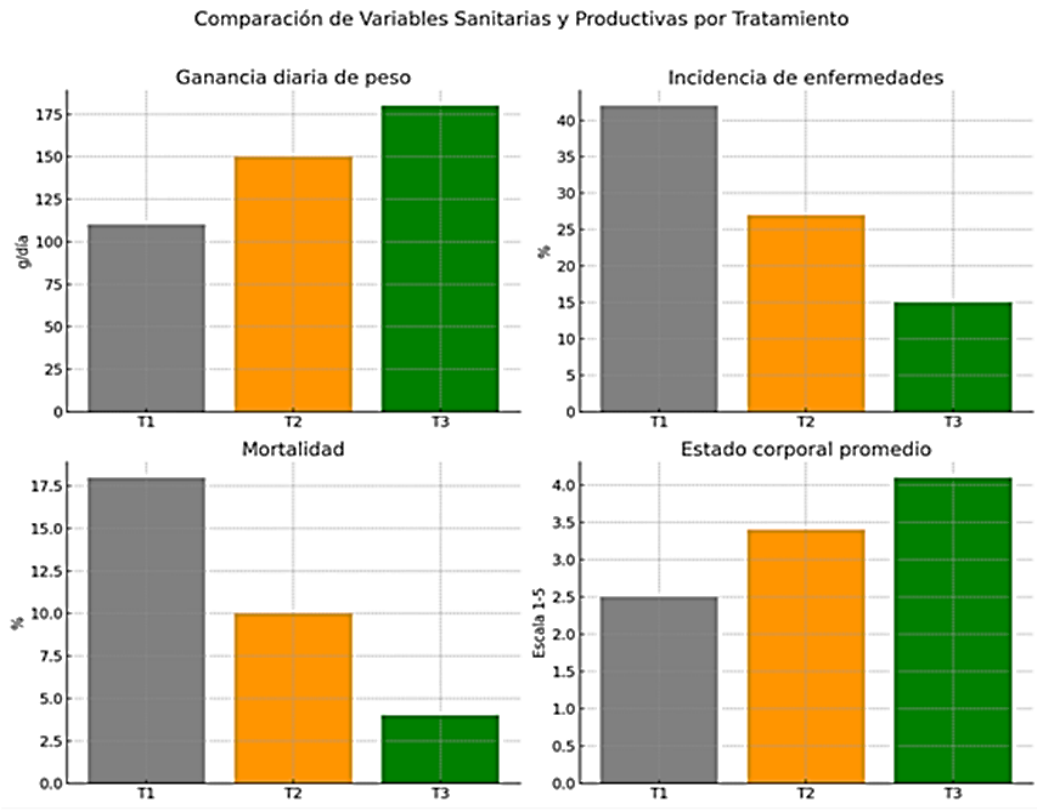
T2: Sistema con aplicación de medidas no farmacológicas (bloques nutricionales, sombra natural, desparasitación natural).

T3: Sistema con medidas no farmacológicas + intervención educativa y sanitaria comunitaria (enfoque Una Salud). Cada tratamiento se aplicará a 10 productores y sus respectivos animales. Se evaluará el efecto en las variables zootécnicas y sanitarias durante un ciclo de 100 días.

Los datos serán procesados con el software INFOSTAT versión 2020 (Di Rienzo et al., 2020). Se realizará un análisis de varianza (ANOVA) de clasificación simple para identificar diferencias significativas entre tratamientos en las variables cuantitativas (peso vivo, ganancia de peso, incidencia de enfermedades, mortalidad). Posteriormente, se aplicará la prueba de comparaciones múltiples de Duncan para identificar diferencias estadísticas entre medias, con un nivel de significación del 5% ($p<0,05$). Para las variables cualitativas (percepciones, prácticas sanitarias, conocimiento de zoonosis), se empleará el análisis de frecuencias y tablas cruzadas, apoyadas por gráficos de barras.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los gráficos 1, 2, 3 y 4 de comparación de variables sanitarias y productivas por tratamientos, se puede observar de manera clara la superioridad del tratamiento T3 en todos los indicadores evaluados. Las diferencias gráficas respaldan los resultados del análisis estadístico, evidenciando la efectividad del modelo integral propuesto.



Gráficos 1,2,3 y 4. *Comparación de variables Sanitarias y productivas por tratamientos.*

El diseño completamente aleatorizado, aplicado con tres tratamientos permitió evaluar el impacto de distintas estrategias de manejo en la producción ovino-caprina, particularmente en contextos vulnerables al cambio climático. La aplicación del enfoque Una Salud en el tratamiento T3 no solo generó beneficios productivos, sino que también permitió establecer sistemas de alerta temprana y prácticas sanitarias que mejoraron la percepción de riesgo en las comunidades.

Se observaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos para las variables ganancia diaria de peso, incidencia de enfermedades, mortalidad y estado corporal, según el análisis de varianza (ANOVA) realizado en INFOSTAT. La prueba de Duncan confirmó que el tratamiento **T3** mostró diferencias altamente significativas respecto a T1 y T2 en todas las variables evaluadas.

Para la ganancia diaria de peso: En el tratamiento T1, los animales presentaron un promedio de 110 g/día, mientras que en T2 se incrementó a 150 g/día y en T3 a 180 g/día. Esto indica una mejora del 63.6% en T3 con respecto al sistema tradicional (T1), lo cual es consistente con estudios previos que destacan el valor de la suplementación natural combinada con educación sanitaria en la productividad animal (Martínez et al., 2020). La incidencia de enfermedades: La reducción fue notable: T1 tuvo 42% de incidencia, T2 descendió a 27% y T3 bajó a solo 15%. Este resultado confirma que la implementación de medidas no farmacológicas, unida a la vigilancia sanitaria comunitaria, reduce significativamente la morbilidad en sistemas rurales (González et al., 2023).

En la mortalidad: El sistema tradicional reportó una mortalidad del 18%, frente al 10% de T2 y solo 4% en T3. Esta mejora sugiere que el enfoque Una Salud contribuye a mejorar las condiciones de bienestar animal y, por tanto, la supervivencia (FAO, 2022). El estado corporal promedio: Los animales del T1 se mantuvieron en una condición deficiente (2.5/5), mientras que en T2 aumentaron a 3.4/5 y en T3 alcanzaron un promedio óptimo de 4.1/5. Estos resultados reflejan una mayor resiliencia productiva en condiciones climáticas adversas.

Los resultados obtenidos coinciden con los hallazgos de Torres y López (2019), quienes demostraron que la incorporación de bloques nutricionales y plantas medicinales mejoran el estado inmunológico del ganado. Asimismo, estudios desarrollados en el oriente cubano por González Borlet (2025) también evidenciaron que el acompañamiento educativo, la vigilancia sanitaria, la vulneravilidad y la participación comunitaria son claves para lograr impactos sostenibles en la salud animal y humana tabla 1.

Tabla 1. *Análisis de vulnerabilidad en humanos y ovinos-caprinos*

Factor	Vulnerabilidad en ovinos-caprinos (1-5)	Vulnerabilidad en humanos (1-5)
Infraestructura deficiente	5	—
Alimentación insuficiente	4	—
Manejo sanitario limitado	5	—
Educación sanitaria deficiente	—	4
Contacto humano-animal sin bioseguridad	—	5
Acceso limitado a salud	—	5

El factor infraestructura deficiente (5/5): La ausencia de sombra, drenaje y ventilación eleva el riesgo de estrés térmico, pododermatitis y enfermedades respiratorias, lo cual ha sido documentado también por Escobar y López (2020) en zonas áridas de Centroamérica. En el caso de la alimentación insuficiente (4/5): Las sequías prolongadas reducen la oferta de pastos, afectando la condición corporal y la inmunidad del rebaño. Según la FAO (2022), el cambio climático ha deteriorado la calidad de la dieta en sistemas de pastoreo tropical. Se presenta un manejo sanitario limitado (5/5): La falta de planes sanitarios y desparasitación favorece brotes de parasitosis e infecciones. Este hallazgo coincide con los de Rodríguez et al. (2021), quienes reportan altas tasas de infecciones digestivas en sistemas sin vigilancia técnica.

En el estudio realizado a productores se observa: Educación sanitaria deficiente (4/5): Los productores, especialmente jóvenes y mujeres, tienen bajo conocimiento sobre enfermedades zoonóticas. Elementos reflejados también por González Borlet (2025), quien resalta la importancia de programas educativos diferenciados.



Sin embargo el contacto humano-animal sin bioseguridad (5/5): La crianza en patios y sin barreras sanitarias incrementa el riesgo de brucelosis, escabiosis y fiebre Q. Tal como lo señala la OMS (2022), estas prácticas son comunes en comunidades rurales y contribuyen a la transmisión cruzada. Po otro lado el acceso limitado a salud (5/5): La atención veterinaria y médica es esporádica, lo cual retarda el diagnóstico de enfermedades y aumenta las consecuencias clínicas. La baja cobertura de servicios ha sido documentada en otras regiones del oriente cubano (Torres & Díaz, 2020).

El análisis revela una alta vulnerabilidad estructural y funcional tanto en animales como en humanos, especialmente en aspectos relacionados con infraestructura, sanidad y educación. Se evidencia la necesidad de implementar medidas integradas con enfoque Una Salud que contemplen: Intervenciones educativas dirigidas a mujeres y jóvenes, acciones comunitarias de bioseguridad y prevención zoonótica, mejoras en la infraestructura básica de manejo animal. Estos resultados fortalecen la hipótesis de que el enfoque multisectorial es indispensable para reducir la exposición al riesgo en sistemas ovino-caprinos familiares vulnerables.

Los resultados muestran que tanto los ovinos-caprinos como los humanos presentan un nivel alto y homogéneo de vulnerabilidad, con una media de 4.67 en ambas categorías y baja variabilidad (CV = 12.5%), como se muestra en la tabla 1. Esto sugiere que los factores de riesgo están generalizados en el sistema de producción evaluado y afectan de manera significativa la salud integral.

Tabla 1. *Análisis estadístico de vulnerabilidad en ovinos-caprinos y humanos*

Factor	Vulnerabilidad en ovinos-caprinos (1-5)	Vulnerabilidad en humanos (1-5)
Infraestructura deficiente	5	—
Alimentación insuficiente	4	—
Manejo sanitario limitado	5	—
Educación sanitaria deficiente	—	4
Contacto humano-animal sin bioseguridad	—	5
Acceso limitado a salud	—	5
Media aritmética	4.67	4.67
Desviación estándar (DE)	0.58	0.58
Coeficiente de variación (CV%)	12.5 %	12.5 %
Máximo	5	5
Mínimo	4	4
Rango	1	1

El grafico 5. Muestra que la mayor vulnerabilidad en el caso de ovinos y caprinos se concentra en: Manejo sanitario limitado (5/5): Relacionado con infecciones digestivas, respiratorias y parasitarias, por la falta de planes preventivos. Esto coincide con Escobar y López (2020), quienes reportan que las infecciones gastrointestinales son comunes en rebaños sin asistencia técnica. La infraestructura deficiente (5/5): Asociada al estrés térmico y enfermedades podales. Se confirma lo observado por FAO (2022), que señala que las instalaciones inadecuadas elevan la susceptibilidad ante eventos climáticos extremos y la alimentación insuficiente (4/5): Aunque no es el punto más crítico, contribuye al deterioro del estado corporal y la inmunidad animal.

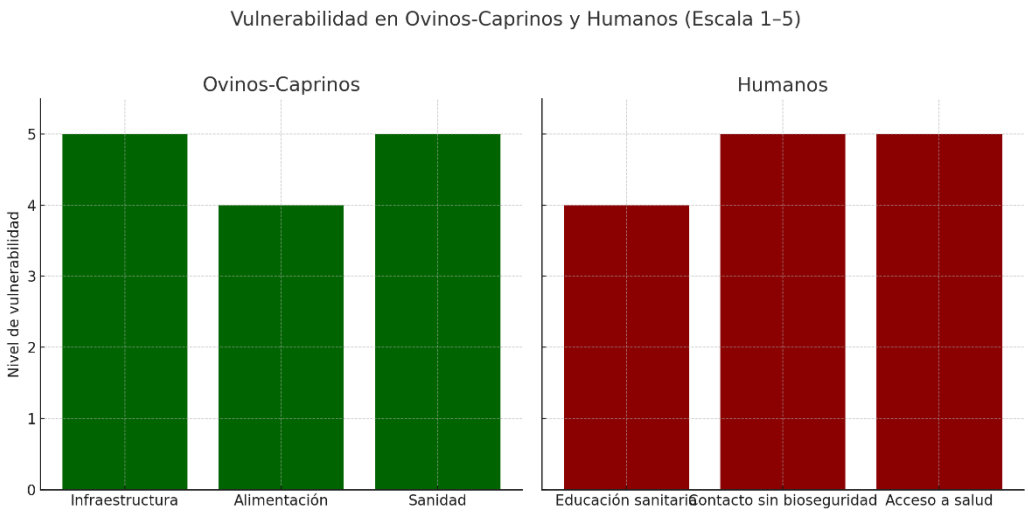


Grafico 5. *Vulnerabilidad en ovinos-caprinos y humanos (Escala 1-5).*

El grafico 1, representa gráficamente los niveles de vulnerabilidad existente en ovinos-caprinos (izquierda) y en humanos (derecha), según los factores analizados. Se puede observar visualmente la alta vulnerabilidad (valores cercanos a 5) en ambos grupos, lo que refuerza la necesidad de intervenciones integradas con enfoque *Una Salud* en las comunidades rurales del municipio Jesús Menéndez.

En productores la mayor afectación se encontró en: contacto humano-animal sin bioseguridad (5/5): Práctica común en zonas rurales que incrementa el riesgo de zoonosis como brucelosis o fiebre Q (OMS, 2022). Acceso limitado a salud (5/5): Condición estructural del territorio que reduce la capacidad de diagnóstico y respuesta ante brotes. Educación sanitaria deficiente (4/5): Especialmente en mujeres y jóvenes. Este resultado es coherente con González Borlet (2025), quien destacó la necesidad de programas de formación sanitaria diferenciados.

Aunque los factores específicos difieren entre animales y personas, ambos comparten una alta vulnerabilidad estructural, con puntos críticos en el acceso a recursos esenciales, la infraestructura y la sanidad. La baja dispersión estadística indica que estas condiciones son sistemáticas en las comunidades analizadas. Estos hallazgos refuerzan la urgencia de aplicar intervenciones integradas con enfoque *Una Salud*, centradas en: Fortalecer la infraestructura mínima en los corrales, implementar educación sanitaria comunitaria diferenciada y mejorar el acceso a servicios veterinarios y médicos en zonas rurales.

En el análisis de Adaptación al Cambio Climático en ovinos-caprinos **s**e analizaron cinco prácticas clave en 30 fincas del municipio Jesús Menéndez, con resultados obtenidos mediante encuestas y observación directa tabla 2.

Tabla 2. *Análisis de la adaptación al cambio climático de ovinos-caprinos.*

Estrategia	Adopción por productores (%)	Efectividad percibida (escala 1–5)
Sombra y ventilación	60%	4.2
Suplementación natural	75%	4.5
Captación de agua	55%	4.0
Calendarios sanitarios	45%	3.8
Plantas medicinales	35%	3.5

La estrategia más adoptada fue la suplementación natural (75%), especialmente mediante el uso de bloques nutricionales y residuos locales, lo cual coincide con estudios recientes de Martínez et al. (2023), quienes concluyeron que estas prácticas mejoran significativamente la ganancia de peso en condiciones de sequía. La sombra y ventilación



natural, adoptada por el 60% de los productores, fue la segunda en efectividad (4.2/5), especialmente útil para reducir el estrés térmico en períodos de altas temperaturas, como también lo reportan Rodríguez & Gómez (2022) en zonas tropicales de México.

La captación de agua de lluvia, aunque menos implementada (55%), mostró una alta efectividad (4.0). Sin embargo, su instalación requiere inversión inicial, lo que puede limitar su adopción. Barrios et al. (2021) destacan que estas tecnologías son cruciales para la resiliencia hídrica en sistemas caprinos. Los calendarios sanitarios comunitarios y el uso de plantas medicinales tuvieron menor adopción y efectividad, aunque su bajo costo y accesibilidad los hacen viables en zonas con bajo acceso veterinario. Esto coincide con lo planteado por Herrera y López (2020), quienes recomiendan integrar la veterinaria como complemento en contextos rurales. La efectividad y adopción de medidas adaptativas en la producción ovino-caprina dependen de su viabilidad económica, conocimiento previo y organización comunitaria. Las estrategias con mayor adopción y efectividad combinan accesibilidad con impacto directo en la productividad animal. Se confirma la necesidad de políticas locales que promuevan estas prácticas mediante capacitación, apoyo técnico y créditos rurales.

CONCLUSIONES

El enfoque Una Salud resultó efectivo para integrar la salud animal, humana y ambiental en la evaluación y mejora de la producción ovino-caprina en condiciones de vulnerabilidad climática, demostrando su aplicabilidad en sistemas agropecuarios familiares del oriente cubano.

BIBLIOGRAFÍA

Barrios, J., Méndez, A., & Rodríguez, C. (2021). *Prácticas resilientes al cambio climático en la ganadería caprina*. Revista de Ciencias Agropecuarias, 58(2), 145–154.

Escobar, D., & López, M. (2020). *Impacto del cambio climático en pequeños rumiantes en zonas semiáridas*. Revista Agroclimática, 15(2), 103–112.

FAO. (2021). *The One Health Approach – Operational framework for strengthening human-animal-environmental health systems*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

FAO. (2022). *Livestock and One Health: Strengthening the livestock-human-environment interface*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

González Borlet, M. C. (2025). *Una Salud. Análisis de vulnerabilidad; impactos y adaptación al cambio climático para la producción ovino caprino en el municipio Jesús Menéndez, Las Tunas*. CUM Jesús Menéndez.

González, D., Pérez, L., & Herrera, I. (2023). *Estrategias comunitarias no farmacológicas en sistemas ovinos bajo condiciones de sequía*. Revista Cubana de Producción Animal, 39(2), 85–93.

Herrera, Y., & López, R. (2020). *Uso de etnoveterinaria para la adaptación sanitaria en comunidades rurales de América Latina*. Ciencia y Agroecología, 7(1), 23–32.

Martínez, H., Ramírez, Y., & Blanco, C. (2020). *Impacto de la suplementación natural en la ganancia de peso y salud de ovinos*. Zootecnia Tropical, 38(3), 101–109.

Martínez, R., Valdés, O., & Pérez, M. (2023). *Suplementación alternativa para la producción ovina en zonas secas de Cuba*. Pastos y Forrajes, 46(1), 35–44.

MINSAP. (2023). *Informe Nacional de Zoonosis y Vigilancia Epidemiológica*. Ministerio de Salud Pública de Cuba.

OMS. (2022). *One Health Joint Plan of Action 2022–2026*. Organización Mundial de la Salud.

Percedo Abreu, M. I., Bravo Téllez, O., & Pomares Pérez, Y. (2024). *Conferencia Nacional UNA SALUD. Dirección Nacional del MINSAP*. Ministerio de Salud Pública de Cuba.

Rodríguez, A., Pérez, Y., & Morales, H. (2021). *Evaluación de la sanidad animal en sistemas caprinos rurales de Cuba*. Zootecnia Cubana, 39(1), 55–67.

Rodríguez, F., & Gómez, J. (2022). *Estrategias de adaptación al estrés térmico en sistemas caprinos extensivos*. Zootecnia Tropical, 40(3), 80–89.

Torres, P., & López, M. (2019). *Manejo integral ovino-caprino con enfoque agroecológico y sanitario*. Pastos y Forrajes, 42(1), 45–54.

PAS-48. Influencia de las pruebas ambientales sobre la productividad de plantas de incubación y calidad del pollito

MT, González Rolo[*]*; Y, Mesa Medina*

Laboratorio de Investigación y Diagnóstico Aviar. Empresa Avícola Matanzas, Cuba.

[*]Correspondencia a: maytegonzalezrolo@gmail.com

RESUMEN

Las plantas de incubación son las responsables de la producción de pollitos con la calidad requerida para el inicio de crianzas intensivas con destino a la producción de huevos; para ello se precisa cumplir adecuadamente, los cuatro mecanismos de incubación sobre todo libres de contaminación. Con este objetivo el Laboratorio de Investigación y Diagnóstico Aviar de Matanzas realizó pruebas ambientales a la Planta de Incubación II Congreso, perteneciente a la Empresa Avícola Matanzas, durante el período correspondiente desde el año 2023 hasta el primer trimestre del año 2024. También se tuvo en cuenta los resultados microbiológicos de los pollitos de 1 día de edad procedentes de la unidad avícola "19 de Abril", emitidos por el propio LIDA. Se obtuvieron resultados que no son favorables para la salud de las aves, ya que los resultados microbiológicos de las pruebas ambientales para dicha planta arrojaron un alto grado de contaminación. En todos los casos de pollitos trabajados de con 1 día de edad, recibidos de la unidad avícola "19 de abril" procedentes de la planta en estudio, se obtuvieron aislamientos y Diagnósticos confirmativos correspondientes con Colibacilosis, Aspergillosis y Septicemia producida por *Aerobacter aerogenes,* por tanto el pollito llega al área de cría con antecedentes de carga microbiana, que se expresara en brotes epizootilógicos por enfermedades bacterianas desde los primeros días de vida, ocasionando afectación en los indicadores bioproductivos esperados y daños económicos considerables.

Palabras clave: *Producción Aerobacter aerogenes, bioproductivos, epizootiológicos*.

ABSTRACT

Hatcheries are responsible for producing chicks with the quality required for the start of intensive rearing for egg production. This requires proper implementation of the four incubation mechanisms, especially those that are free of contamination. To this end, the Matanzas Avian Research and Diagnostic Laboratory conducted environmental tests at the II Congreso Hatchery, part of the Matanzas Poultry Company, from 2023 to the first quarter of 2024. Microbiological results of one-day-old chicks from the "19 de Abril" poultry unit, issued by the LIDA, were also taken into account. The results were not favorable for the health of the birds, as the microbiological results of the environmental tests for said plant showed a high level of contamination. In all cases of 1-day-old chicks received from the "19 de Abril" poultry unit, isolates and confirmatory diagnoses were obtained for colibacillosis, aspergillosis, and septicemia caused by Aerobacter aerogenes. Therefore, the chick arrives at the breeding area with a history of microbial load, which will be expressed in epizootic outbreaks of bacterial diseases from the first days of life, causing impact on the expected bioproductive indicators and considerable economic damage.

Keywords: *Production, Aerobacteria aerogenes, bioproductive, epizootiological*.

INTRODUCCIÓN

El proceso de incubación en una de las actividades más importantes en una empresa avícola por ser capaz de dar continuidad a los movimientos del rebaño. El objetivo final es producir un pollito saludable a partir de cada huevo, para el iniciar crianzas intensivas con destino a la producción de huevos y/o carne; para ello se precisa cumplir adecuadamente, los cuatro mecanismos de incubación sobre todo libres de contaminación, lo que muchas veces no se logra. Raghavan (2020) plantea que en promedio se puede esperar entre 85 a 95 polluelos por cada 100 incubados. Las plantas de incubación son las responsables de la producción de pollitos con la calidad requerida.

Según Deeming (2010) la contaminación microbiana de los huevos es un factor importante en la determinación de la eclosión de los mismos. El huevo en las aves ha desarrollado una serie de mecanismos naturales con el fin de prevenir que los microbios penetren a la cascara para reducir el riesgo de la contaminación microbiana de su contenido. Estos fácilmente son expuestos a bacterias y a otros microorganismos por lo tanto la desinfección de ellos es una parte definitiva en el manejo de la incubadora, además no puede existir un exceso de humedad ya que promueve el crecimiento de hogos (Collins 2019).

El control de enterobacterias debe basarse en la prevención más que en el control de la contaminación. Desafortunadamente varias son las ocasiones que se incuban huevos sucios o que las desinfecciones sean inefectivas, lo cual favorece el sobrecrecimiento bacteriano.

Al analizar resultados de los últimos años sobre la incidencia de brotes epizootiológicos de la Empresa Avícola Matanzas por enterobacterias en el propósito de aves de iniciode reemplazos, nos percatamos de la estrecha relación que existe entre las altas mortalidades por esta causa y los grados de contaminación de los huevos.

En la optimización del proceso de incubación los reproductores son básicamente responsables por el porcentaje de nacimiento, en cambio la planta de incubar es la responsable de la calidad del pollito para así darle un buen comienzo a su vida. Es importante para producir un pollo darle un buen inicio libre de contaminación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la realización de este trabajo fueron utilizados los resultados de las pruebas ambientales efectuadas a la Planta de Incubación II Congreso, con 13 equipos; 9 incubadoras y 4 nacedoras destinada a la producción de pollitos de reemplazo de ponedora de las unidades avícolas en la provincia. Esta planta pertenece a la Empresa Avícola Matanzas. Los resultados recogidos en este trabajo abarcan el año 2023 y el primer trimestre del año 2024 así como los diagnósticos de los huevos y pollitos recibidos en el Laboratorio de Investigación y Diagnostico Aviar con un día de edad antes de ubicar en ruedos.

Las muestras para las pruebas ambientales fueron recolectadas in situ en la planta mencionada, realizando un hisopado a las partes principales de cada equipo (bandeja, pared, puerta) y se colocan una placa con agar Mac Conkey, una con nutriente y otra con Agar Sabouraud para determinar la contaminación ambiental de cada equipo a analizar.Posteriormente se procesaron en el Departamento de Bacteriología utilizando para la prueba ambiental los medios de cultivos Agar nutriente, Mac Conkey, incubándolas 24 horas a 37ºC y las placas con el medio Agar-Sabouraud reposan a temperatura ambiente durante 7 días para determinar la contaminación por hongos.

Posterior al examen macroscópico de la necropsia en pollitos y determinación de lesiones anatomopatológicas, se realizó la siembra de órganos hígado, corazón, bazo e intestino, pulmón, médula ósea y saco vitelino en área de Microbiología, sembrándolos en placas de Petry utilizando los medios de cultivo Agar Mac Conkey, Sabouraud y Agar Nutriente conjuntamente con una Solución Bufferada, que es un medio de pre enriquecimiento para salmonella, incubándolos a 37 º C durante 24 h. Posteriormente se realizó la transferencia desde este medio hacia un Caldo de Rappaport, medio de enriquecimiento, sometiéndolo a incubación durante 48 horas a una temperatura de 43º C, pasándolo posteriormente al Agar SS durante 24 horas a 37 º C. Transcurrido ese tiempo se realiza la prueba bioquímica para la identificación de salmonella, que consiste en enfrentar cepas de dicha enterobacteria con las colonias obtenidas en el medio SS para su identificación y la emisión del diagnóstico.

Para la tabulación de los datos se empleó el software Microsoft Exel 2020 y para la evaluación estadística de los datos se realizó un análisis de regresión simple con el paquete estadístico Statgrafihc plus 5.1.

La interpretación de los resultados se realizó de acuerdo a lo descrito en los Procedimientos Normativos Operacionales (PNO). (Ver anexo 1) y fueron evaluados según análisis de proporciones.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 1 se muestran los resultados de las pruebas microbiológicas realizadas a los huevos fértiles procedentes de la reproductora II Congreso recibidos en Planta para iniciar el proceso incubatorio, donde se aisló hongos del género ***Aspergillus*** en la cáscara de los mismos*;* además se apreció en dicho lote huevos con la clara muy licuada, de color verdoso y con mal olor, síntomas descritos por Lowel (2014) como huevo contaminado y refiere como causas primarias de estos resultados se pueden mencionar la incorrecta selección de los huevos aptos para incubar en la reproductora emisora, esto está dado por la falta de higiene en los nidales, en el almacenamiento y en el traslado de las posturas, además de los problemas de desinfección durante las dos primeras horas.

Tabla 1. *Resultados de las pruebas microbiológicas realizadas a huevos fértiles enviados por las granjas al laboratorio durante el año 2023 y primer trimestre del año 2024.*

Unidad Avícola	Huevos fértiles analizados	Huevos contaminados	%
II congreso	210	50	23.8

Coincidimos con tal criterio y agregamos varias situaciones que se pueden presentar en la propia planta durante la incubación, como carencia de productos químicos desinfectantes para mantenimiento de la higiene o por despreocupación y/o desconocimiento de los operarios que laboran en dichos centros, lo cual determina que se establezcan organismos patógenos resistentes que comprometen los nacimientos con calidad de los pollitos lo que a corto, mediano o largo plazo trae consigo perdidas a la economía de nuestro país

Por otro lado, concordamos con el criterio de Boxmeer (2003) cuando plantea que es conveniente que el transporte de los huevos de la granja a la sala de incubación sea en horas tempranas de la mañana para evitar el exceso de calor, utilizando medios de transporte aptos, con buena amortiguación, con medios isotérmico, velocidades moderadas, sin paradas innecesarias, las vías de comunicación lisas y sin baches. Una vez llegado a la planta se debe hacer una segunda desinfección para evitar cualquier riesgo.

En la Tabla 2 aparecen un total de pruebas ambientales realizadas a la planta de incubación II Congreso durante el año 2023 y primer trimestre del año 2024. Los resultados no fueron favorables para la salud y calidad del pollito al nacer, ya que el 86% de las pruebas resultaron contaminadas con un alto número de Coliformes y hongos patógenos del género *Aspergillus*.

Tabla 2. *Pruebas ambientales realizadas en planta de incubación y resultados microbiológicos.*

Planta de Incubación	Cantidad de pruebas		Total de positivos por contaminación		% de positividad	RESULTADOS
	2012	2013	2012	2013		
II Congreso	2	4	2	3	83.3	Muy contaminado por coliformes y Aspergillus

Estos resultados coinciden con lo planteado por Sardá (2021) pues es muy recomendable realizar pruebas ambientales durante el período incubatorio para llegar a conocer la situación bacteriológica o fúngica general existente y que pueda ser fuente de contaminación de los equipos y por ende de los pollitos lo cual afecta directamente su calidad integral en el momento de la eclosión. Estos elementos concuerdan con lo referido por Salazar (2015) pues claramente esto significa que el pollito llega al área de crianza con una carga contaminante que se expresará posteriormente en brote de enfermedad en los primeros días de vida, ocasionando daños económicos considerables como se muestra en la tabla 3.

Tabla 3. *Resultados diagnósticos confirmativos de los pollitos de un día de edad.*

Unidad	Total de casos	Positivos	%	Diagnóstico
19 abril	5	5	100	Colibacilosis, Aspergillosis, Septicemia por *Aerobacter aerogenes*
II Congreso	10	6	60	Colibacilosis, Aspergillosis
Total	15	11	73.3	Enterobacteriosis

Coincidimos con Sardá (2021) cuando plantea que la incubación artificial es el medio ambiente ideal para el desarrollo del embrión, pero también provee de excelentes condiciones para el crecimiento microbiano en especial en incubadoras que estén sucias o con mantenimiento deficiente. En nuestros resultados se puede constatar que los pollitos de un día de edad procedente de la planta de incubación tomados como material de estudio mostraron afectaciones por Enterobacterias de acuerdo al diagnóstico confirmativo emitido por el departamento de Anatomía Patológica del Laboratorio de Investigación y Diagnóstico Aviar. Se analizaron un total de 10 casos de pollitos recibidos directamente de la planta II Congreso en el periodo que se evalúa, de ellos 6 casos resultaron positivos con crecimiento de *Aspergillus. sp* y *Echerichea coli*, ocasionando Aspergillosis y Colisepticemia en ellos.

En la tabla 4 podemos observar los valores de regresión obtenidos para contaminación de la planta y enfermedad de los pollitos donde la correlación encontrada fue alta y directa, expresando que a medida que se incrementan los niveles de contaminación en la planta de incubación se incrementaran los casos de pollitos enfermos. Por su parte el índice de regresión encontrado fue de 77.25% lo que significa que el aproximadamente el 77 % de los casos de pollitos enfermos encontrados se puede explicar por los grados de contaminación de la planta de incubación. De esta manera podemos decir que existe una estrecha relación entre las condiciones higiénico- sanitarias de la planta de incubación y la calidad de los pollitos al nacer.

Tabla 4. *Análisis de regresión entre contaminación de la planta de incubación y enfermedad de los pollitos.*

Factores	r	R^2 (%)
Contaminación de la planta	0.751	77.25
Enfermedad de pollitos		

CONCLUSIONES

Los huevos fértiles destinados a la incubación presentaron contaminación en su cáscara con hongos del género *Aspergillus.*

La prueba ambiental a la Planta de Incubación II Congreso presenta un 83.3 % de positividad (Contaminación) por los microorganismos mencionados anteriormente.

Los pollitos de un día de edad procedentes de la Planta II Congreso presentaron el 60% de afectación por enterobacterias y hongos.

Existe una relación positiva entre los análisis de contaminación ambiental y la calidad del pollito de un día lo cual incide en sus resultados bioproductivos futuros.

RECOMENDACIONES

Realizar acciones de desinfección antes de incubar, encaminadas a evitar contaminaciones de los huevos con microorganismos patógenos presentes fundamentalmente en los nidales, camada, bandejas y recipientes, así como en las manos de los trabajadores que los manipulan.

Capacitación de los operarios en el proceso de higienización de la planta de incubación.

Realizar envíos de pollitos de un día de edad directamente desde la planta para conocer el grado de contaminación microbiana antes de su traslado para la granja de inicio con el objetivo de realizar descontaminaciones oportunas.

ANEXOS

Anexo No 1. *Criterios para evaluar la contaminación de las plantas en las pruebas ambientales según Norma Cubana 585: 2017.*

Evaluación	Conteo total (Nutriente)	Hongos saprofitos (Sabouraud)	Conteo de organismos coliformes (Mac Conkey)	Hongos Patógenas (Sabouraud)
Negativo	1-10	0-2	0	0
Conteo muy ligero (+)	11-20	3-10	1-3	1-3
Conteo ligero (++)	21-100	11-20	4-10	4-10
Conteo significativo (+++)	101-500	21-50	11-20	11-20
Muy contaminados (++++)	+500	+50	+21	+21

BIBLIOGRAFÍA

Boxmeer. B.V. "Las enfermedades más importantes de las aves. Internet internacional. Holanda, Industria Avícola. Volumen 7. No. 3, 2003.

Collins, J.2019 "Logrando una buena ventilación". Vol.20, No1.

Deeming, D.C. 2010. "Vulnerabilidad del embrión a la desinfección de los huevos". Centro de Investigación Avícola. Holanda. Volumen 17. No.1

Lowel, E. 2014. "El Diseño de una planta de incubación para el siglo XXI. Desde la perspectiva de un embrión". Laboratorio Biológico. Industria Avícola. Vol 16. No2.

MINSAP. "Guía de estudio de Microbiología". Pag.123-132,2000.

NC 585:2017. CONTAMINANTES MICROBIOLOGICOS EN ALIMENTOS Requisitos sanitarios. edición 5. Oficina nacional de normalozacion . sept 2017.

Nrmag. No454." Conteo de Coliformes". La Habana. 2002.

Raghavan,V. 2020. "Darles el mejor inicio a los pollitos de un día". Avicultura Profesional. Vol.16, No2,

Sarda, R. 2021. "Manejo del huevo para incubación". Revista de Avicultura. Vol.19.No1,

Salazar. A. I. 2015. "Proceso de incubación". Avicultura profesional. Vol.18. No4.

PAS-49. Valoración de un factor que influye en la calidad del agua de bebida de las aves

MT, González Rolo

Laboratorio de Investigación y Diagnóstico Aviar. Empresa Avícola Matanzas, Cuba.

Correspondencia a: mayglez66@gmail.com

RESUMEN

El agua transporta los nutrientes del cuerpo determinando el proceso de digestión, regula la temperatura corporal y elimina los desperdicios tóxicos manteniendo el estado de salud e influyendo en los resultados productivos. Ledoux y Lines (2020). La medicación en el agua es un sistema flexible para tratar a las aves enfermas, sin embargo, se pueden presentar resultados inferiores a los esperados por deficiente calidad de las mismas. A partir de los resultados obtenidos de la investigación cualitativa de las aguas procedentes de unidades avícolas, se evidenció la mala calidad de las mismas. Se diseño una experiencia en unidades avícolas donde la cloración del agua se realizaba en los tanques de las naves, en ellas se valoró el papel que sobre la calidad de las mismas tiene la limpieza mecánica. Se concluyó que la limpieza mecánica incide directamente en la calidad higiénico-sanitaria de las aguas en unidades avícolas con sistema cerrado de distribución aun cuando se cloren las mismas, lo cual garantiza la salud de las aves.

Palabras claves: *Echerichia coli, biocapa, clorar.*

ABSTRACT

Water transports nutrients from the body, determining the digestion process, regulates body temperature, and eliminates toxic waste, maintaining health and influencing production results. Ledoux and Lines (2020). Medication in water is a flexible system for treating sick birds; however, results may be lower than expected due to poor quality. Based on the results obtained from qualitative research on water from poultry units, its poor quality was evident. An experiment was designed in poultry units where water chlorination was carried out in the tanks of the houses. In these experiments, the role that mechanical cleaning plays in water quality was assessed. It was concluded that mechanical cleaning directly affects the hygienic and sanitary quality of water in poultry units with a closed distribution system, even when the water is chlorinated, which guarantees the health of the birds.

Keywords: *Escherichia coli, biofilm, chlorinate*.

INTRODUCCIÓN

En ocasiones se subestima la importancia de un agua potable, ésta transporta los nutrientes en el cuerpo determinando así el proceso de digestión, regula la temperatura corporal y elimina los desechos tóxicos, lo que repercute en la salud y la producción avícola al existir relación directa entre el consumo de agua y los alimentos ingeridos. Ledoux y Lines (2020). Cuando el agua se ve clara y sabe bien generalmente se da por sentado que es de buena calidad, sin embargo, se debe estar consciente que no es posible juzgar la misma si no es a través de la prueba de laboratorio. Para mejorar la calidad higiénico-sanitaria se han utilizado diferentes productos como el cloro, yodo o peróxido de hidrogeno, hipoclorito de calcio, hidrato de cal etc. La adición de vitaminas, medicinas, vacunas etc. Crea una capa de polisacáridos en los sistemas de agua conocidos como biocapa en la que suelen desarrollarse los microorganismos. Sluis (2021) plantea que esta película que se forma constituye un sustrato muy fértil para microorganismos como la Echerichia coli, salmonella entre otras y si estos no se controlan están en una posición ventajosa para penetrar en el ave. Antes de tratar de desinfectar el agua se hace necesario limpiar primeramente las líneas de distribución horizontal en la que la inclinación de jaulas y pisos representa un desafío para la distribución pareja, así como por las posibilidades de acumulación de sedimentos pudiendo en ocasiones tupir las válvulas y aun cuando se suministre agua de buena calidad llegará al ave contaminada. Existen diferentes métodos de laboratorio para valorar la calidad sanitaria de las aguas tanto cuantitativas como cualitativas siendo estos últimos los más usados por su sencillez.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el estudio de la calidad sanitaria de las aguas se tomaron en cuenta 54 muestras de agua recibidas de unidades de ponedora en jaulas, así como 62 muestras de una experiencia realizada en dos unidades avícolas. Dicha experiencia consistió en analizar 21 muestras de agua con sistema cerrado de distribución horizontal que no estaban cloradas y a las que posteriormente se dosificó el cloro. A un grupo de ellas se le realizó limpieza mecánica de los tanques (fregado y cepillado con desagüe posterior) en el tanque auxiliar y en el tanque de las tetinas. Tomándose 20 muestras de estas y 21 de las que no se le realizó limpieza mecánica. A las muestras tomadas se le realizo una investigación cualitativa de la calidad sanitaria realizándose pruebas presuntivas y confirmativas de acuerdo con los PNO.



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Partiendo de los resultados obtenidos en nuestro estudio coincidimos con Counatte (2019) que señala que a pesar de ser el agua el nutriente más importante no siempre se suministra un agua de buena calidad al no incluir inspecciones periódicas de limpieza en los sistemas de suministro cerrados, así como con Ledoux y Lines en el 2020 que plantean que primero debemos limpiar las líneas eliminando la biocapa y el sarro antes de clorar ya que este no las elimina, aspecto que consideramos influyo en los resultados de este trabajo. Tabla No 1.

Tabla 1. *Resultados del análisis bacteriológico realizado a muestras de agua procedentes de unidades avícolas de ponedoras en jaula.*

Total de muestras	Muestras satisfactorias	E : S	Muestras en las cuales bajo el NMP x 100 ml	E : S	Muestras no satisfactorias	E : S
54	8a	0.047	12[a]	0.056	34[b]	0.065

[a,b] *Letras diferentes difieren significativamente para P< 0,01*

Según señalan Curtis et al, (2001) cuando hay existencia de biocapa el cloro no solo no mata las bacterias, sino que ocasiona que minerales como el hierro y el manganeso se combinen con el oxígeno y formen un precipitado sólido, por lo que valoramos que la limpieza como el punto clave y fundamental después de haber medicado, vacunado, etc. Así como l necesidad de mantener lo más nivelado posible las líneas de distribución.

Coincidimos con Ledoux y Lines (2020) en la importancia de lavar y drenar el sistema periódicamente durante el ciclo de producción y también con Pey (2017) en que hay ocasiones en que la calidad del agua puede perderse por estar presente residuos de minerales y microorganismos y aunque la cloración es un buen procedimiento de desinfección no se obtienen los resultados deseados. Tabla No 2.

Tabla 2: *Resultados de las muestras antes de clorar y después de clorar con realización de limpieza mecánica y sin ella.*

Muestreos		NMP x100ml (Antes de clorar)					
	Total	-2.2	2.2	5.4	9.2	16	+16
Tanque de nave	6	-	-	-	-	-	6
Muestra de las líneas	15	-	-	-	-	-	15
	21	-	-	-	-	-	21
		NMP x100ml (después de clorar sin limpieza mecánica)					
Tanque de nave	9	1	1	2	1	1	2
Muestra de las líneas	12	-	1	3	1	2	5
	21	-	-	-	-	-	-
		NMP x100ml (Después de clorar con limpieza mecánica)					
	Total	-2.2	2.2	5.4	9.2	16	+16
Tanque de nave	8	6	2	1	-	-	-
Muestra de las líneas	12	5	3	2	1	-	-
	20	-	-	-	-	-	-

NMP x 100 ml = número más probable de gérmenes en 100 ml

Este tratamiento con cloro tiene un gasto de 54.40 CUC y 75.95 MN y en una crianza de ponedoras se utilizan 490 litros que se pierden al no suministrar a las aves un agua de buena calidad a pesar de la inversión realizada.

CONCLUSIONES

Que no toda el agua suministrada a nuestras aves tiene la calidad higiénico-sanitaria adecuada a pesar de utilizar el cloro.

La utilización del cloro es efectiva cuando se realiza la limpieza mecánica periódica al sistema de suministro de agua e influye directamente en la salud animal.

RECOMENDACIONES

Recomendamos incluir en manuales tecnológicos la realización de la limpieza mecánica en los tanques de nave y tetinas después de cualquier tratamiento oral para evitar la formación de biocapa que impida la acción del cloro

Posterior a cada medicación, vacunas, suministro de vitaminas y aditivos en los tanques debe realizarse limpieza mecánica y desagüe de los sistemas de suministro.

BIBLIOGRAFÍA

Counette, G. 2019. Conocer la calidad del agua de bebida Rev de Industria Avícola. Vol. 20. No 9.

Curtis, L.; Harriston, J.; Donald, J.; Eckman, M. 2001.Factores claves del agua en la producción de pollos. Rev. Industria Avícola. Vol. 48. No 7.

Ledux., L Y Lines, C. 2020.Tratamiento de agua potable Rev. Industria Avícola. Vol 47. No7.

Pey, J. Dudas usuales en el manejo de un sistema de niples. Rev Avicultura Profesional. Vol. 21. No 7. 2017

Sluis, W. 2021. Los sistemas de bebederos dependen de la calidad de la presión del agua. Rev. Avicultura Profesional Vol. 19. No 6.



PAS-50. Potencialidades de los residuos de poscosecha de zanahoria (*Daucus carota* L.) como alimento alternativo animal

Potential of carrot (*Daucus carota L.*) post-harvest residues as alternative animal feed

G. M. Soldado Soldado[1]; Y. García Hernández[2]; E. C. Valiño Cabrera[2]; M. A. Osorio Rivera[1]*

[1]Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH). Sede Morona Santiago. Don Bosco y José Félix Pintado, Macas, Ecuador.

[2]Instituto de Ciencia Animal (ICA). Carretera Central km 47 ½, Apartado Postal 24, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

[*]Correspondencia a: giosoldado11@gmail.com

RESUMEN

Large volumes of postharvest carrot (*Daucus carota L.*) waste are generated and can be reused for the agricultural sector. Therefore, the objective of this study was to determine the chemical characteristics of carrot waste for use in alternative animal feed. For this purpose, we used rejected yellow carrots, Chantenay variety, with stems and leaves, aged 4.5 months and not meeting market standards. The percentages of dry matter, ash, crude protein, total carbohydrates, total fat, crude fiber, neutral detergent fiber, acid detergent fiber, lignin, and metabolizable energy were determined. Position and dispersion statistics (mean, minimum, maximum, standard deviation, and coefficient of variation) were determined from these data. The mean values for the postharvest residue samples were 90.84% dry matter, 8.71% ash, 5.50% crude protein, 9.43% crude fiber, 16.97% neutral detergent fiber, 1% acid detergent fiber, 3.27% lignin, 74.97% total carbohydrates, 0.82% total fat, and a metabolizable energy of 3.0 Mcal/kg. The results indicate that postharvest residues of this vegetable, with stems and leaves, are a source with high carbohydrate and fiber content that can be reused and incorporated into the diet of animals as an alternative source of nutrients, according to their requirements.

Palabras clave: *producción animal, composición química, hortaliza*

Keywords: *animal production, chemical composition, vegetable*

INTRODUCCIÓN

La zanahoria (*Daucus carota* L) es una raíz que se cultiva en la mayoría de los países del mundo, fundamentalmente en regiones tropicales y subtropicales. Esta es ampliamente conocida y se considera un importante alimento funcional (Tanumihardjo *et al*. 2016). Según FAOSTAT (2023), el 64,1 % de la producción mundial de zanahoria corresponde al continente asiático, donde los principales países productores son China (18,4 Mt) y Uzbekistán (3,4 Mt). Sin embargo, en Las Américas se obtienen producciones considerables que representan el 8,8 % de la producción mundial y los principales productores son Estados Unidos, Argentina, Colombia, Venezuela, Perú, Chile, Bolivia, Ecuador, Paraguay y Uruguay.

A partir de las producciones anteriores, anualmente se generan grandes volúmenes de la hortaliza en descarte, que incluye toda aquella que no cumpla las normas (tamaño, forma y peso) que establecen los mercados nacionales e internacionales para consumo humano. Esto se conoce como vegetal de rechazo o residuos poscosecha de la zanahoria, que se puede convertir en un contaminante ambiental, de no ser utilizado con otros fines y de forma adecuada. Sin embargo, estos residuos pueden ser revalorizados para el sector agropecuario pues son una fuente rica en nutrientes y sustancias bioactivas con acciones en la salud de humanos y animales (Bun-Ng *et al*., 2016 y Natarajmurthy *et al*. 2016).

En las condiciones climáticas del Ecuador, la zanahoria se cultiva prácticamente todo el año en 2 932 ha, registra una producción de 18 794 Tm y ventas de 18 120 Tm, teniendo como desperdicio de 674 Tm. En tanto que el consumo per cápita es de 1,64 kg/año, según Bastidas y Valencia (2015). Las provincias con mayores volúmenes de producción son Chimborazo (8 666 t), Cotopaxi (4 555 t), Tungurahua (4 240 t) y en menor escala Pichincha, Loja, Azuay (INEC ESPAC 2000). A pesar de estas producciones, los residuos poscosecha de la hortaliza son poco o nada utilizados, quizás porque se desconoce su valor nutricional o porque el material vegetal se conserva por poco tiempo (Fonseca *et al*. 2018). En este contexto, resulta de interés revalorizar tales residuos y profundizar en sus características para exponer sus potencialidades en el sector agropecuario. Por tanto, el objetivo del presente trabajo fue determinar las características químicas de residuos de zanahoria (*Daucus carota L.*) para su uso como alimento alternativo de animales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización y características del área experimental. El estudio se realizó en el cantón Riobamba, Ecuador. Los residuales poscosecha de zanahoria se recolectaron en la finca Guaslán, con una hectárea de extensión perteneciente a la parroquia San Luis. Esta se ubica en el kilómetro 6, vía Riobamba-Macas (Ecuador). El área presenta un terreno franco arenoso, con 3% de pendiente y sus coordenadas de ubicación geográfica son 78º 38' 39" de longitud Occidental, y 1° 42´ 19" de latitud sur, a 2669 msnm (PDOT 2023). Sus características climáticas promedio son las siguientes:

temperatura anual 14ºC, humedad relativa 77%, precipitación anual de 520 mm y una velocidad del viento de 2,3 m/s (PDOT 2023).

Material biológico. Se utilizó el vegetal de rechazo de zanahoria como residuo de poscosecha, según lo propuesto por Fonseca *et al*. (2018). Este consistió en la zanahoria amarilla (*Daucus carota* L) con tallo y hojas, variedad Chantenay, con una edad de 4,5 meses y que no cumpliera las normas (tamaño, forma y peso) de los mercados nacionales e internacionales para consumo humano. El cultivo de la hortaliza se realizó en época de lluvia y recibió fertilización orgánica (gallinaza).

Procedimiento experimental. Los residuos se recolectaron en cubetas de plástico, según método aleatorio descrito por Herrera *et al*. (1980), en un período de 0-24 h de haber culminado las labores de cosecha manual, bajo condiciones climáticas normales (Riobamba, a 14 °C) y aproximadamente de 9:00-10:00 am. En total se recolectaron muestras de 2 kg de residuos poscosecha en cinco puntos equidistantes del campo experimental, se picaron en una picadora de pasto (Cremasco Ec Mini) con tamaño de partícula de 1-2 cm y, posteriormente, se mezclaron para conformar una muestra homogénea. Las muestras (n=6) se trasladaron al laboratorio donde se secaron en estufa a 60 ºC, se procesaron en un molino de martillo (Stihl, Ecuador) a tamaño de partículas de 0,5 mm y se conservaron hasta la realización de los análisis químicos correspondientes.

Análisis químico. Los análisis se realizaron en el laboratorio de Nutrición Animal, del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) ubicado en la Panamericana Sur km 1, sector Cutuglagua, provincia de Pichincha, Ecuador. Los indicadores en estudio fueron: materia seca, cenizas, proteína bruta, carbohidratos totales, según AOAC (2005). Además, se determinó fibra bruta, fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente ácida (FDA) y lignina (LIG) según Van Soest *et al*. (1991) y la energía metabolizable (EM) Mcal/kg se calculó mediante las ecuaciones de predicción propuesta por Di Marco (2011).

Análisis estadístico. Los datos experimentales se procesaron con el sistema estadístico INFOSTAT (Di Rienzo *et al*. 2012). Se determinaron los estadígrafos de posición y dispersión (media, mínimo, máximo, desviación estándar y coeficiente de variación) para todos los indicadores.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las características químicas de los residuos de zanahoria después de culminadas las labores de cosecha manual se presentan en la tabla 1. Los valores de humedad, proteína y fibra son similares a los informados por Díaz *et al*. (2018). Según los autores, estos indicadores disminuyen a medida que la planta se desarrolla o envejece, tomando en consideración que este fenómeno es menor en leguminosas y tubérculos, en comparación con gramíneas. Resaltaron, además, que en suelos con altos contenidos en nitrógeno se eleva el contenido proteico en el follaje de las plantas que allí crecen.

Tabla 1. *Características químicas de residuos poscosecha de zanahoria (D. carota L).*

Indicador	Media	DE	CV (%)	Mínimo	Máximo
Materia seca, %	90,84	0,02	0,02	90,82	90,86
Cenizas, %	8,71	0,17	2,00	8,47	8,86
Proteína bruta, %	5,50	0,86	15,65	4,45	6,27
Fibra cruda, %	9,43	0,44	4,65	8,95	10,26
FDN, %	16,97	0,44	2,58	16,49	17,80
FDA, %	21,48	0,44	2,04	21,00	22,31
Lignina, %	3,27	0,44	13,47	2,80	4,11
Carbohidratos totales, %	74,97	2,19	2,92	72,78	77,56
EM (Mcal/kg)	3,4	3,00	0,86	3,4	3,5

Por otra parte, Fonseca *et al*. (2018) indicaron valores superiores del porcentaje de humedad, fibra detergente neutra y fibra detergente ácida para la raíz de zanahoria, mientras que el contenido de materia seca y proteína fueron inferiores a los de la presente investigación. Los resultados reflejan que la composición química de los residuos varía según la parte que se utilice de la hortaliza o la planta integra.

En cuanto a la concentración de EM se encontró en el rechazo de la zanahoria un valor promedio de 3,4 Mcal/kg lo cual es importante cuidar dentro de los requerimientos nutricionales de un animal, las proteínas son el componente fundamental del tejido muscular, ciertas hormonas y todas las enzimas (Halls, 2010), en tanto que la energía se asocia con la ganancia

de peso, la madurez sexual, la presencia de estros, fertilidad y peso al nacer de los gazapos. Asegurar un suministro adecuado de proteína y energía es esencial para que los cuyes alcancen su máximo potencial productivo (Ramos Obando, 2013). De forma clásica, los requerimientos de los animales se han discriminado en requerimientos para el mantenimiento, crecimiento, producción y reproducción (de Blas & Wisewan, 2020; Kassa Zewdie, 2019), así como el metabolismo visceral está relacionado con la eficiencia en la utilización de la energía metabolizable (EM) para el mantenimiento y la ganancia de peso (Kozloski *et al.* 2001).

En general al tener en cuenta los resultados de la presente investigación, se demuestra que los residuos de poscosecha de zanahoria son fuentes de nutrientes que pueden ser utilizadas en la producción animal. Sin embargo, se considera necesario profundizar en la detección y cuantificación de sustancias bioactivas y antinutrientes, que pudieran incidir en la digestibilidad y absorción de nutrientes y en la respuesta animal. Aspectos que deben estudiarse posteriormente.

CONCLUSIONES

Los residuos de poscosecha de zanahoria, con tallo y hojas, poseen alto contenido de carbohidratos y fibra y cantidades apreciables de otros nutrientes que brindan potencialidades para su uso en la producción animal como alimento alternativo.

BIBLIOGRAFÍA

AOAC. 2005. Official Methods of Analysis 17th. Ed. Assoc. Off. Agric. Anal. Chem. Arlington, Virginia. p 580.

Bastidas, R., Valencia, S. 2015. Estudio del efecto de la aplicación de sanitizantes en la calidad de zanahoria (*Daucus carota* L.) de IV gama. Rev. Iberoam. Tecnol. Post cosecha 16(2):307-312.

Bun-Ng, T., Fei-Fang, E., Li, X., Lu, Q., Ho-Wong, J., Gou, H. 2016. Carrot (*Daucus carota*) Oils. In: V.R. Preedy, editor, Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety. Academic Press, Londos GBR. p. 303-308. DOI:10.1016/B978-0- 12-416641-7.00034-1.

Di Rienzo, A., Casanoves, F., Balzarini, G., González, L., Cuadroda, M., Robledo, W. 2012. InfoStat versión 2012. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, ARG.

Díaz-Monroy, B., Chacha, E., Baquero, F. 2018. Zanahoria amarilla (*Daucus carota L.*) como alimento biotecnológico para vacas. Ciencia y Agricultura*,* 15 (2), 83-97. Disponible: http://doi.org/10.19053/01228420.v15.n2.2018.8442.

Di Marco, O. (2011). Estimación de calidad de los forrajes. Producir XXI. Buenos Aires Argentina. Facultad de Ciencias Agrarias, sitio Argentino de Producción Animal 20(240): 24-30.

FAOSTAT. 2023. Cultivos de zanahorias. Mundo (total y lista). Disponible: http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC. Consulta: 4 junio 2025.

Fonseca, D., Saavedra, G., Rodríguez, C. 2018. Elaboración de un alimento para ganado bovino a base de zanahoria (*Daucus carota* L.) mediante fermentación en estado sólido como una alternativa ecoeficiente. Rev. Colomb. Cienc. Horti., 12(1), 175-182.

Herrera, R., González, S., Hardy, C., Pedroso, D. 1980. Análisis químico del pasto. Metodología para las tablas de su composición, p 8. La Habana, Cuba.

Natarajmurthy, S., Askari, M., Pullabhatla, S., Dharmesh, S. 2016. A novel β- carotene-associated carrot (*Daucus carota L.*) pectic polysaccharide. Nutrition 32:818-826. Disponible: 10.1016/j.nut.2016.01.002.

PDOT (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial). 2023. Gobierno autónomo descentralizado parroquial rural de San Luis: Chimborazo-Ecuador. Gobierno Nacional de la República de Ecuador, ECU. http://app.sni.gob.ec/snilink/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/0660823500001_PDYOT%20SAN%20JUAN%202015_15-05-2015_17-41-49.pdf. Consulta: 20 julio 2024.

INEC-ESPAC (Instituto Nacional de Estadística y Censos) – (Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua). 2000. Superficie, producción y ventas según cultivos permanentes. Tabla 20. Disponible www.ecuadorencifras.gob.ec. Consultado: 5 junio, 2025.

Tanumihardjo, S., Suri, D., Simon, P., Goldman, I.. 2016. Vegetables of Temperate Climates: Carrot, Parsnip, and Beetroot. Food Science. Encyclopedia of Food and Health. 387–392.

Van Soest, P., Robertson, J. B., Lewis, B. A.1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. J. Dairy Sci. 74:3583-3597. Disponible:10.3168/jds.S0022-0302 (91)78551-2

PAS-51. Primeras evidencias del análisis del genoma del Siboney de Cuba y comparación con otros bovinos del mundo

First evidence from the genome analysis of Siboney de Cuba and comparison with other cattle in the world

Cendron F[1], Ledesma-Rodríguez A[2,3], Mastrangelo S[4], Sardina M.T[4], Díaz- Herrera D.F[2,5], Uffo O[2], Cassandro M[1,6] y Penasa M[1]*

[1]Department of Agronomy, Food, Natural Resources, Animals and Environment, University of Padova, Padua, Italy,

[2]Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA), Laboratorio de Ensayo para el control de la Calidad de los Alimentos (CENLAC), San José de las Lajas, Cuba

[3]Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Veracruzana, Veracruz, México,

[4]Department of Agricultural, Food and Forest Sciences, University of Palermo, Palermo, Italy,

[5]Faculté des Sciences, Université de Sherbrooke, Sherbrooke, QC, Canada,

[6]Federazione delle Associazioni Nazionali di Razza e Specie, Roma, Italy
*Correspondencia a: ouffor@gmail.com

ABSTRACT

Crossbreeding has been employed to address environmental challenges. One successful example is the Siboney de Cuba, developed in response to economic challenges in the 1960s. The aim of this study was to perform the first genomic characterization of the Siboney de Cuba breed, a successful hybrid breed resulting from the crossbreeding of Cuban Zebu and Holstein, using SNP array chip. For this purpose, 48 Siboney de Cuba cattle samples were collected and genotyped with the GGP Bovine 100k BeadChip, resulting in 83,314 SNPs after quality control. The genetic diversity was investigated using observed and expected heterozygosity, inbreeding coefficient, and minor allele frequency. Runs of homozygosity (ROH) analysis provided insights into molecular inbreeding. Additionally, the study investigated copy number variants (CNV), identifying CNV regions and their distribution. The genetic relationship and population structure of Siboney de Cuba were analyzed in comparison with worldwide cattle populations using ADMIXTURE, multidimensional scaling, and phylogenetic analysis. Six ROH islands containing a total of 50 genes were discovered, some of which were uncharacterized loci. Furthermore, 792 CNV with higher occurrence of genetic material loss were observed. The overall genome coverage for CNV regions was 2.16%. The Siboney de Cuba exhibited a good level of genetic variability with high heterozygosity and low inbreeding when compared with other cattle breeds worldwide. Also, the breed shared genetic similarity to hybrids from America and Bos indicus from Africa and highlighted a moderate level of genetic isolation with some overlaps with Bos taurus from America. The breed showed a complex genetic composition, influenced by historical factors. Overall, findings of the present study contribute to the understanding of genomic structure of Siboney de Cuba cattle breed.

Keywords: *cattle, genetic diversity; composite race; copy number variant*

Palabras clave: *ganado vacuno, diversidad genética, raza compuesta, variante del número de copias*

INTRODUCCIÓN

La domesticación del ganado ha impactado significativamente la dinámica social y económica de numerosas poblaciones humanas en todo el mundo. Mediante una combinación de deriva genética y selección natural y artificial, han surgido diversas razas que presentan una gama de fenotipos, como color de pelaje, tamaño corporal, comportamiento y características de producción (Diamond, 2002; Gautier et al., 2010). Desde el advenimiento de la Primera Revolución Industrial, la diversidad genética del ganado, en Europa y Asia, se ha visto influenciada por la cría selectiva y la adaptación a condiciones ambientales específicas. Sin embargo, ha habido casos en los que ha surgido la necesidad de desarrollar cruces que pudieran afrontar circunstancias ambientales muy adversas (Felius et al., 2014; Pitt et al., 2019). Un ejemplo de una raza híbrida que abordó con éxito las exigencias ambientales, económicas y sociales es el Siboney de Cuba. A principios de la década de 1960, la población ganadera cubana estaba compuesta predominantemente por cebúes (96%), criados principalmente para la producción de carne (Ledesma-Rodríguez et al., 2022). Sin embargo, los desafíos económicos llevaron a la sustitución progresiva de la población cebú predominante por una raza capaz de alcanzar una mayor producción para satisfacer la creciente demanda de leche en Cuba (Acosta et al., 2013).
Mediante la inseminación artificial, el Cebú Cubano se cruzó con la raza más especializada para la producción de leche, la Holstein. Esto dio lugar al desarrollo del Siboney de Cuba, compuesto por 5/8 Holstein y 3/8 Cebú Cubano (Uffo et al., 2013). El Siboney de Cuba se incluyó oficialmente en el Registro de Razas Puras de Cuba en 1984, con un total de 1792 machos y 68 171 hembras inscritos en el libro genealógico. Un estándar oficial de la raza describe los criterios de identificación estándar y obligatorios para el Siboney de Cuba mediante características morfológicas para determinar si los animales son elegibles para el registro.



La raza demostró una adaptabilidad excepcional y una productividad satisfactoria incluso en condiciones climáticas extremas (Hernández y Ponce, 2008). El programa de crianza Siboney de Cuba se ha basado fundamentalmente en el mejoramiento de la producción lechera mediante la identificación de los mejores toros para su uso en la población, sin considerar otras características importantes como la calidad de la leche, la fertilidad y la longevidad.

Varios estudios se han centrado en el análisis del rendimiento productivo y reproductivo de esta raza, con el objetivo de identificar los mejores animales para su utilización en programas de cruzamiento y mejoramiento genético (Portales et al., 2012; Acosta et al., 2016; García-Díaz et al., 2019). Sin embargo, hasta donde sabemos, ningún estudio ha intentado evaluar la estructura genética de la raza Siboney de Cuba utilizando marcadores moleculares de tipo SNP para proporcionar un perfil genético completo y facilitar comparaciones directas con razas globales. La aparición de plataformas de genotipado de SNP de alto rendimiento ha permitido la implementación de escaneos de alta densidad utilizando un gran número de marcadores SNP, que pueden estar distribuidos en todo el genoma o concentrados en regiones específicas tanto en Bos taurus como en Bos indicus.

Los SNP sirven como herramientas valiosas para investigar la diversidad genética, los antecedentes y la estructura poblacional del ganado y así evaluar la biodiversidad de la raza (McKay et al., 2008; Lin et al., 2010).

El objetivo del presente estudio es explorar la diversidad de la raza Siboney de Cuba, proporcionando el primer análisis de su estructura poblacional a través del array SNP.

MATERIALES Y MÉTODOS

Genotipificación. Se recolectaron 48 muestras de sangre de animales Siboney de Cuba (35 hembras y 13 machos, con edades comprendidas entre 24 y 30 meses). El ADN se extrajo de las muestras de sangre mediante el protocolo estándar de fenol-cloroformo. Los animales se seleccionaron según su viabilidad en el rebaño experimental del Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA, Cuba).

Todos los animales fueron genotipados utilizando el GGP Bovine 100K BeadChip (*B. taurus* × *B. indicus*) que contiene aproximadamente 100.000 SNP (Illumina, San Diego, CA, Estados Unidos). Las coordenadas genómicas para cada marcador se obtuvieron utilizando el genoma bovino ensamblado (ARSUCD 1.2). Los SNP asignados a cromosomas sexuales o sin posición fueron descartados. Se utilizó el software PLINK v.

1.9 (Chang et al., 2015) para realizar el filtrado y control de calidad en el conjunto de datos, utilizando los siguientes criterios: i) frecuencia de alelos menores (MAF) ≥ 0,05; ii) tasa de llamada de genotipo para un SNP ≥ 0,95; y iii) tasa de llamada individual ≥ 0,90. Después del control de calidad, se conservaron 48 animales y 83.314 SNP.

Los datos brutos se fusionaron con los datos genotípicos de razas bovinas a nivel mundial para investigar la relación genética entre el Siboney de Cuba y otras razas. Se recuperaron los genotipos de 212 razas de Mastrangelo et al. (2020) para crear un conjunto de datos mundial. Todos los individuos recuperados se genotiparon utilizando el BeadChip Bovine SNP50K (v1 y v2). Tras la fusión, el conjunto de datos final consistió en 3331 animales, 16 102 SNP comunes (entre el BeadChip Bovine 100K de GGP y el conjunto de datos mundial) y 213 poblaciones (divididas según su origen geográfico).

Índices de diversidad genética. Se utilizó el software PLINK v1.9 (Chang et al., 2015) para estimar la heterocigosidad observada (HO) y esperada (HE), el coeficiente de endogamia (FHOM) y el MAF para comparar los resultados con los informado en la literatura (p. ej., Decker et al., 2014; Makina et al., 2016; Mastrangelo et al., 2020).

Corridas de homocigosidad (ROH). Se realizaron análisis de corridas de homocigosidad (ROH) para obtener una estimación de la endogamia molecular utilizando PLINK v1.9 (Chang et al., 2015). Para definir la ROH, se establecieron los siguientes parámetros: i) la longitud mínima se fijó en 1 Mb (– homozig-kb); ii) se permitieron dos SNP faltantes y hasta un posible genotipo heterocigoto en la ROH (–homozyg-window-missing 50 y –homozyg-window-het 1); iii) el número mínimo de SNP que constituían la ROH se fijó en 50 (–homozyg-snp 50); iv) la densidad mínima de SNP por ROH se estableció en un SNP cada 100 kb (–homozyg-density 100); y v) la brecha máxima entre SNP homocigotos consecutivos fue de 1000 kb (–homozyg-gap 1000). Se estimaron el coeficiente de endogamia basado en ROH (FROH) para cada animal, el número medio de ROH por individuo y la longitud media de ROH por individuo. El porcentaje total de SNP que se agruparon dentro de ROH se determinó contando el número de veces que cada objetivo apareció en ROH y dividiendo este resultado por el número total de animales (n = 48). Para identificar regiones de alta homocigosidad, llamadas islas ROH, se seleccionó el 0,999 % superior de SNP en el rango de homocigosidad del *locus*. Posteriormente, también se realizó la anotación del mapeo genético dentro de las islas ROH utilizando la lista del autosoma de vaca ARS-UDC 1.2 *B. taurus* de la base de datos UCSC Genome Browser (https://genome.ucsc.edu/).

Identificación de variantes y regiones del número de copias

La identificación de variantes del número de copias (CNV) se realizó con el software PennCNV (Wang et al., 2007), utilizando el Log R ratio (LRR) y la frecuencia del alelo B (BAF) (Kumar et al., 2021) obtenidos a partir de los archivos de intensidad de genotipado. La determinación de CNV a nivel individual se realizó mediante los parámetros predeterminados del modelo oculto de Markov: desviación estándar de LRR <0,30, deriva de BAF <0,01, valor del factor de ondulación entre −0,05 y 0,05, y un mínimo de tres SNP para definir CNV. La distribución de CNV por individuo abarcó de 0 a >100. Para evitar la detección de CNV falsos positivos o negativos, así como valores atípicos, se utilizaron dos archivos ".hmm" diferentes (agre.hmm y hh550.hmm) para ejecutar PennCNV, como se describe en Gorla et al. (2017). De hecho, el archivo ".hmm" puede afectar sustancialmente las tasas de falsos positivos y falsos negativos.

Para obtener una CNV válida, se consideraron las llamadas comunes de todos los modelos ocultos de Markov (Gorla et al., 2017). Esto resolvió la crucial decisión sobre el archivo .hmm correcto para mapear la CNV y controlar las llamadas de falsos positivos y negativos.

El paquete R HandyCNV (Zhou et al., 2021) se utilizó en los archivos de salida de PennCNV para resumir las CNV y definir las regiones de CNV (CNVR). Se imputaron al análisis los siguientes comandos del paquete: i) la función cnv_clean() para convertir los resultados de CNV a un formato estándar y generar un resumen básico [las CNV mayores de 5 MB se descartaron siguiendo a Pinto et al. (2011)]; ii) cnv_summarise_plot() para crear el gráfico de distribución, frecuencia y grupo de longitud de las CNV; y iii) call_cnvr() para definir las CNVR y su frecuencia (fusionando las CNV con solapamiento de al menos 1 pb) (Zhou et al., 2022). En el mapa y la definición de CNVR, se utiliza la expresión "gain" (ganancia) de CNVR que indica las regiones que contienen más de dos copias de CNV, "loss" (pérdida) indica las regiones que contienen CNV eliminadas, y "mixed" (mixto) indica las regiones que contienen al menos una CNV duplicada y una eliminada. Las CNVR de consenso se generaron con el comando call_cnvr(), combinando las CNVR identificadas y las regiones superpuestas en el mapa de distribución de CNVR final (Zhou et al., 2022).

Estructura poblacional y relación genética del Siboney de Cuba con poblaciones bovinas mundiales

La estructura poblacional se investigó aplicando el algoritmo de agrupamiento basado en modelos ejecutados en ADMIXTURE para K = 2–50 (Alexander y Lange, 2011). Se utilizó el procedimiento de validación cruzada para estimar el número más probable de poblaciones. El valor K que minimiza el error de predicción de la validación cruzada se asumió entonces como el más probable. El paquete BITE R se utilizó para representar gráficamente los resultados a través de la función membercoef. circos y estimar el número más probable de clústeres después del procedimiento de validación cruzada (Milanesi et al., 2017). Las relaciones genéticas por pares dentro y entre las razas se estimaron utilizando una matriz de distancias genéticas de identidad por estado de todo el genoma en PLINK v1.9 (Chang et al., 2015) y se graficaron utilizando un gráfico de escalamiento multidimensional (MDS) que representó los componentes C1 y C2. Las relaciones filogenéticas entre las razas se analizaron determinando las distancias genéticas de Reynolds con el paquete ape de R (Paradis y Schliep, 2019). Se construyeron redes de vecinos a partir de las distancias genéticas estimadas con FigTree (Huson y Bryant, 2006). La representación gráfica se creó con el software R (R Core Team, 2020).

RESULTADOS

Diversidad genética

Se obtuvieron índices de diversidad genética mediante diferentes enfoques para identificar los niveles de variabilidad de la raza Siboney de Cuba. Las estadísticas descriptivas se presentan en la Tabla 1. La heterocigosidad esperada y observada mostró altos niveles de diversidad (0,404 ± 0,103 y 0,409 ± 0,404, respectivamente), mientras que F_{HOM} y F_{ROH} mostraron bajos niveles de endogamia en la población (−0,013 ± 0,033 y 0,004 ± 0,002, respectivamente).

Tabla 1. *Media y desviación estándar de los índices de diversidad genética estimados en la raza bovina Siboney de Cuba.*

MAF	H_E	H_O	F_{HOM}	F_{ROH}
0.317 ± 0.120	0.404 ± 0.103	0.409 ± 0.404	−0.013 ± 0.033	0.004 ± 0.002

MAF, frecuencia de alelos menores; HE, heterocigosidad esperada; HO, heterocigosidad observada; FHOM, coeficiente de endogamia basado en el exceso de homocigosidad; FROH, coeficiente de endogamia basado en corridas de homocigosidad

Corridas de islas de homocigosidad (ROH)

Se identificaron 1202 ROH, con un rango de 3 a 48 por individuo. El promedio de ROH por animal fue de 25,04, con una longitud promedio de 4,4 Mb. Se seleccionaron los SNP del 0,999 % superior de la distribución percentil y se utilizaron para definir las islas genómicas de ROH. En detalle, los SNP adyacentes por encima del umbral se fusionaron en las regiones genómicas correspondientes a las islas de ROH en el Siboney de Cuba (Figura 1). El gráfico de Manhattan mostró pocos picos por encima del valor mínimo, considerando cada marcador significativo con un porcentaje de ocurrencia >18 %.

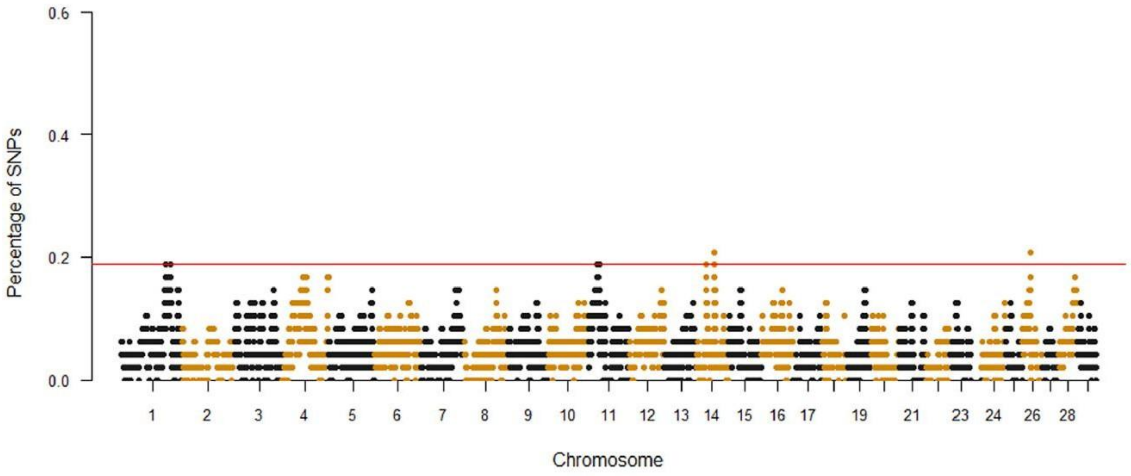


Figura 1. *Diagrama de Manhattan de la significancia de cada polimorfismo de un solo nucleótido (SNP) en series de homocigosidad. La línea roja indica el 0,999 % superior de los SNP.*

La Tabla 2 proporciona una descripción completa de las islas ROH identificadas. Se reportaron la posición cromosómica (Chr), el inicio y el final, y el número de SNP de las islas con los genes anotados. Se detectaron un total de seis islas: una en *B. taurus* Chr 1, dos en Chr 11 y Chr 14 y una en Chr 26. Las islas tenían un rango de 0,03 Mb (Chr 1) a 1,8 Mb (Chr 26). Se identificaron un total de 50 genes, de los cuales 20 fueron *loci* no caracterizados (LOC). La región del cromosoma 26 incluye 55 SNP, mientras que tres marcadores moleculares están presentes en Chr 1.

Tabla 2. *Ejes de islas de homocigosidad identificadas en la raza bovina Siboney de Cuba.*

Inicio del cromosoma	(pb)	Fin (pb) SNP	(norte)	Longitud (pb)	Gene
1	126.716.497	126.746.747	3	30.250	Ninguno
11	23.918.407	25.131.113	47	1.212.706	LOC113901130, LOC113901129, PKDCC, LOC113901132, LOC113901133, EML4, LOC113901135, KCNG3, MTA3, LOC113902003, OXER1, HAAO, LOC113900702, y TRNAI-UAU
11	26.235.778	27.587.137	50	1.351.359	PPM1B, LOC113900814, SLC3A1, PREPL, LOC113901158, LOC113901969, CAMKMT, TRNAE-UUC, LOC113901160, SEIS3, LOC113901161, SEIS2, LOC113901163, TRNAC-GCA, LOC113901999, LOC113900723, SRBD1 y LOC113901165
14	24.955.077	25.541.189	30	586.112	LOC113904194, TRNAG-CCC, LOC113904515, SDCBP, NSMAF, LOC113904197, LOC113903947, TOX y TRNAC-GCA
14	47.385.049	48.145.874	26	760.825	SLC30A8, AARD, RAD21, UTP23, EIF3H y LOC113904528
26	21.138.161	22.939.258	55	1.801.097	MIXI1, ADD3, LOC113884315 y XPNPEP1

CNV y CNVR

Se detectaron un total de 792 CNV en el genoma del Siboney de Cuba (Tabla 3). El mayor número de CNV se asoció con la pérdida de material genético (tipo 0 y 1) que cubre también la mayor longitud del genoma. En la Tabla 3, también se presentan las CNVR identificadas, asociadas con la longitud total, la longitud media, mínima y máxima, y la cobertura total del genoma según los 29 autosomas. Se identificaron 364 CNVR y, en cuanto a la CNV, el mayor número se asoció con la pérdida de regiones genómicas (269), seguida de la ganancia (57) y la mixta (38). La cobertura total estimada del genoma es del 2,16 %, frente al 3,41 % obtenido mediante la CNV. En la Figura 2, se presenta un resumen de la distribución de la CNVR en los 29 cromosomas, divididos para cada tipo (pérdida, ganancia y mixta). En la Tabla Suplementaria S1 se presenta una descripción detallada de la distribución de la CNVR en los cromosomas de la raza estudiada, donde las CNVR se dividen considerando el inicio y el final, y se anotan los genes dentro de las regiones.

Tabla 3. *Estadísticas descriptivas de las variantes del número de copias (CNV) y regiones CNV en la raza bovina Siboney de Cuba.*

CNV						
Tipo	---	Longitud total (pb)	Media (pb)	Mínimo (pb)	Máximo (pb)	Cobertura del genoma (%)
0	213	21.550.466	101.176	100	413.084	0.84
1	374	49.125.222	131.351	100	2.386.977	1.91
3	199	16.674.995	83.794	100	812.454	0.65
4	6	640.363	106.727	134	444.340	0.02
Totala	792	87.991.046	423.048	434	4.056.855	3.42
CNVR						
Tipo	---	Longitud total (pb)	Media (pb)	Mínimo (pb)	Máximo (pb)	Cobertura del genoma (%)
Pérdida	269	40.788.349	151.630	100	1.020.336	1.58
Ganar	57	4.367.383	76.621	100	444.340	0,17
Mezclado	38	10.480.310	275.798	4.934	2.874.709	0.41
Totala	364	55.636.042	504.049	5.134	4.339.385	2.16

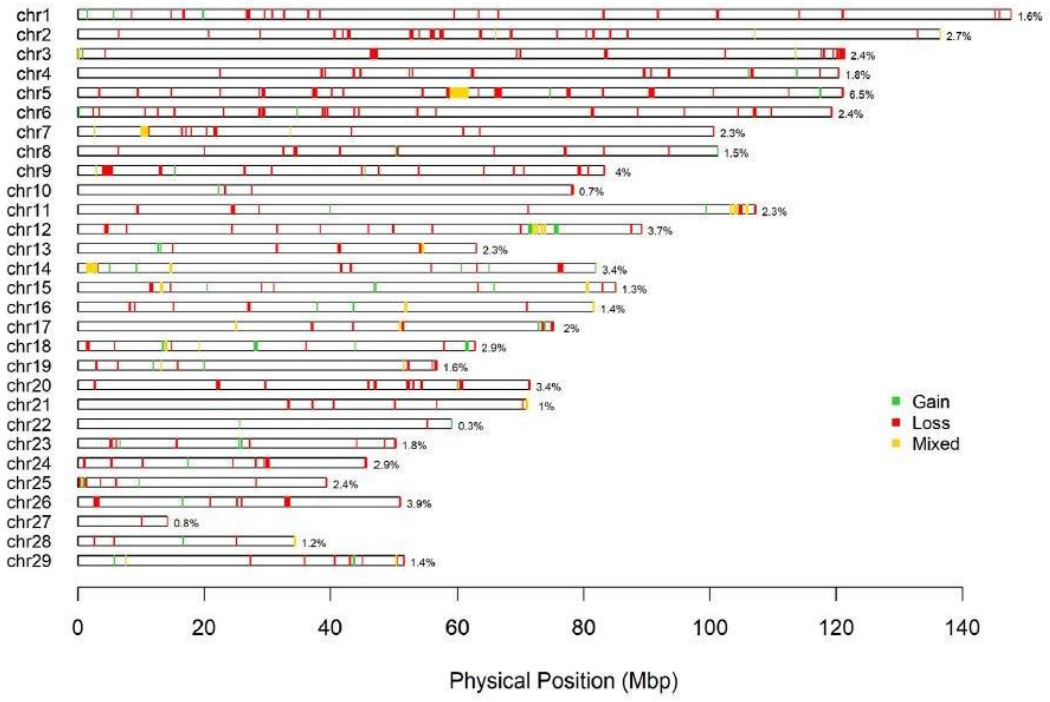


Figura 2. *Distribución física de las regiones variantes del número de copias en los cromosomas según el estado (verde: ganancia;rojo: pérdida; amarillo: mixto).*

Estructura poblacional y relación genética y del Siboney de Cuba con poblaciones de todo el mundo

El "análisis de mezcla", utilizando un rango de 2 a 50 K, proporcionó información sobre la estructura poblacional para identificar componentes ancestrales compartidos entre diferentes poblaciones bovinas a nivel mundial (Figura 4). Para comprender mejor el componente ancestral y la relación genética, las razas se agruparon considerando su distribución geográfica. Los resultados con K = 2 resaltaron las subdivisiones entre las poblaciones domesticadas al separar el ganado *B. taurus* del *B. indicus*. El Siboney de Cuba comparte el acervo genético con *B. indicus* de Asia, África y América.

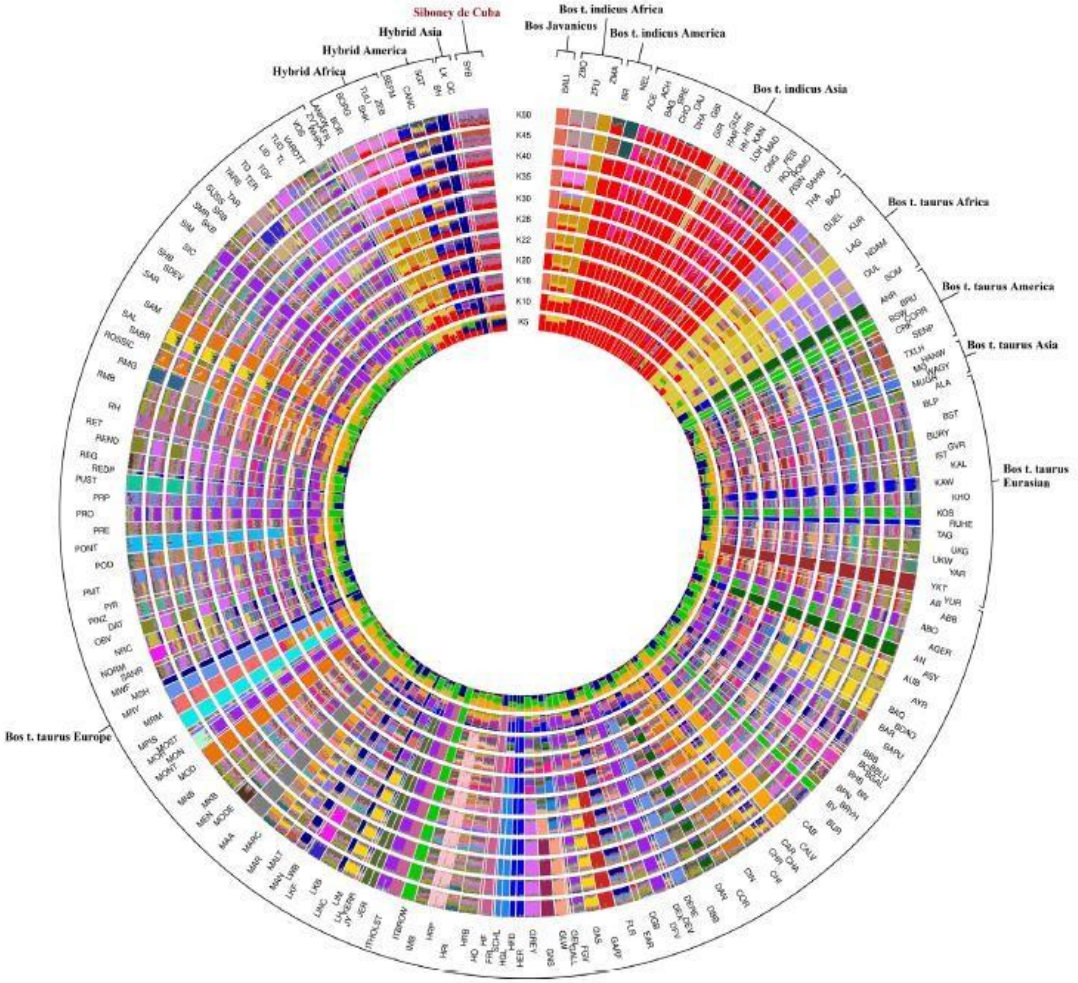


Figura 3. *Estimación de máxima verosimilitud calculada mediante el algoritmo de mezcla. Los grupos inferidos (K) se reportaron para K = 2-50. Para la definición completa de los acrónimos de las razas, véase la Tabla Suplementaria S2 (Mastrangelo et al., 2020).*

En K = 12, el trasfondo genético del Siboney de Cuba muestra las características de *B. indicus* en general, mezcladas con *B. taurus* de Europa, en particular con Holstein. Sin embargo, en K = 50, el Siboney de Cuba se agrupó de forma aislada de las demás razas, mostrando todos los individuos una ascendencia y composición genética mixtas.

El gráfico MDS, graficado para los componentes C1 y C2, mostró un nivel moderado de aislamiento genético para la raza bovina Siboney de Cuba, lo que generó un grupo bastante cerrado. Es evidente una mayor superposición con las razas Santa Gertrudis, Beefmaster y Canchim, pertenecientes a híbridos de América (Figura 4).

Para obtener información adicional sobre las relaciones y los patrones de divergencia, se construyó una red vecinal basada en las distancias de alelos compartidos (Figura 5). En consonancia con el gráfico MDS, la red vecinal muestra varios grupos entre las razas de todo el mundo, donde el Siboney de Cuba se mantiene cercano a los híbridos de América.

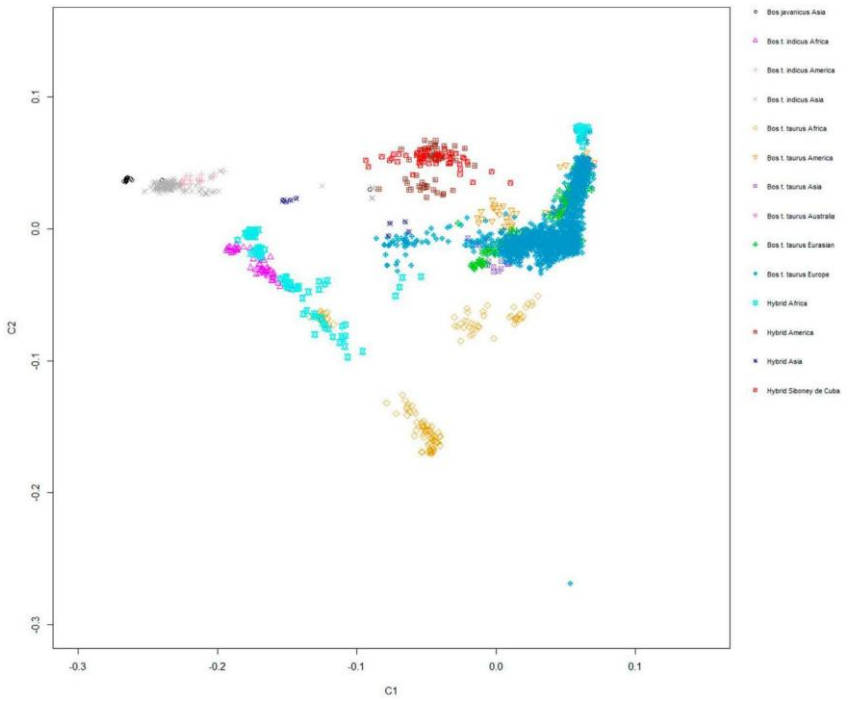


Figura 4. *Relación genética entre el Siboney de Cuba y las razas bovinas mundiales, inferida mediante el análisis MDS a través de los componentes C1 y C2. Los puntos se colorean según el origen geográfico de las razas.*

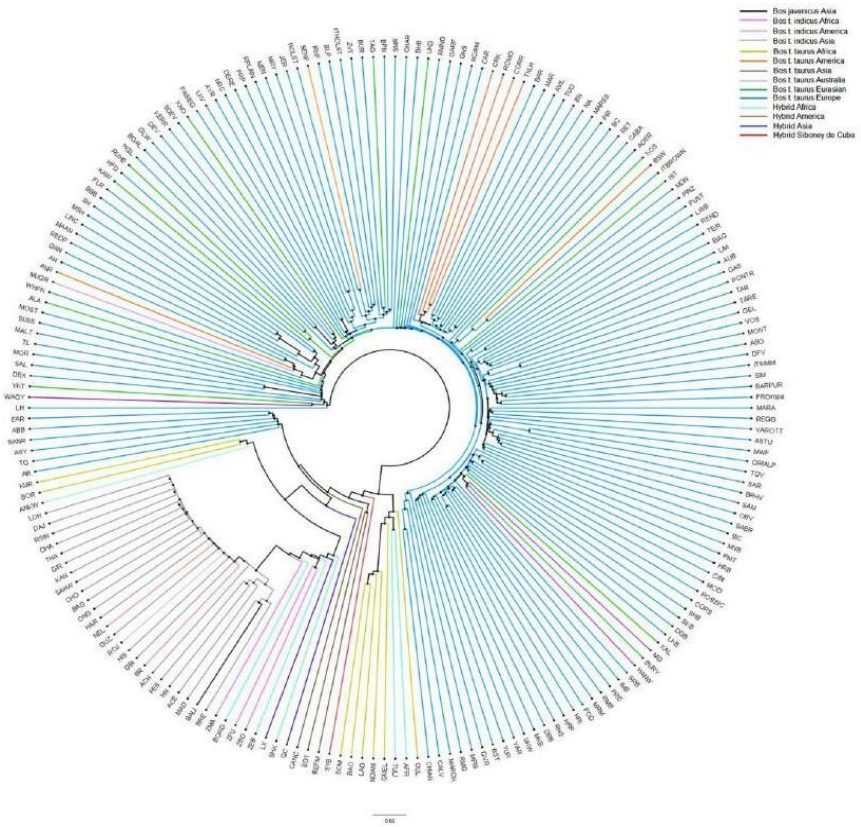


Figura 5. *Árbol de unión de vecinos construido a partir de las distancias de compartición de alelos para el Siboney de Cuba y las razas mundiales. Los colores representan las razas y su distribución geográfica. Para la definición completa de las siglas de las razas, véase la Tabla Suplementaria S2 (Mastrangelo et al., 2020).*



DISCUSIÓN

Antecedentes genéticos del Siboney de Cuba

La diversidad genética de las poblaciones híbridas es un recurso importante para la seguridad alimentaria, el desarrollo rural sostenible y la mitigación del cambio climático (Strandén et al., 2019; McIntosh et al., 2023). La capacidad de crear nuevas razas híbridas capaces de adaptarse a las variaciones ambientales y a la demanda de productos es fundamental para satisfacer las necesidades humanas. Sin embargo, las razas híbridas pueden presentar deficiencias o variaciones genéticas diferentes a las de las razas puras o autóctonas (McIntosh et al., 2023).

En el presente estudio se presenta una caracterización genética completa de la raza bovina Siboney de Cuba. ***Según nuestro conocimiento este es el primer estudio sobre la estructura genómica de esta raza.*** Anteriormente, el Siboney de Cuba fue caracterizado genéticamente por Acosta et al. (2013) mediante marcadores moleculares microsatélites. El uso de chips SNP mejora la caracterización genómica en comparación con los marcadores moleculares microsatélites por varias razones. Los chips SNP ofrecen una mayor densidad de marcadores en todo el genoma, lo que proporciona una visión más completa y detallada de las variaciones genéticas, lo que permite un mapeo más preciso de los rasgos genéticos y una resolución más fina en la identificación de variaciones asociadas con rasgos específicos. Además, los SNP son marcadores bialélicos, lo que ofrece una interpretación más simple y directa de los datos genéticos en comparación con la naturaleza multialélica de los marcadores microsatélites, que pueden ser más difíciles de analizar con precisión (Bovine HapMap Consortium et al., 2009).

Los índices de diversidad genética (Tabla 1) destacan una buena variabilidad asociada con la historia reciente del Siboney de Cuba (Acosta et al., 2013). Sin embargo, las estimaciones de H_E y H_O mediante SNP mostraron valores inferiores a los reportados por Acosta et al. (2013) mediante microsatélites. Los valores más bajos de los índices estimados a partir de SNP suelen deberse a diferencias inherentes en las características de los marcadores. Los SNP bialélicos generalmente presentan una diversidad alélica menor que los microsatélites multialélicos, lo que conlleva una menor heterocigosidad. Además, factores como la distribución genómica de los SNP, los sesgos técnicos, los errores de genotipado y las variaciones en el tamaño de las muestras o en las poblaciones estudiadas influyen en las discrepancias observadas en los valores de heterocigosidad (Zimmerman et al., 2020).

Los índices de diversidad genética presentados en el presente estudio son comparables con los publicados en estudios previos para ganado compuesto (Marson et al., 2005; Decker et al., 2014) y razas puras (Engelsma et al., 2012; Senczuk et al., 2020). Makina et al. (2014), en un estudio sobre razas compuestas (*B. taurus* x *B. indicus*), informaron índices de diversidad genética inferiores en comparación con el Siboney de Cuba, con menor H_E, lo que sugiere que el Siboney de Cuba ha mantenido un mayor nivel de diversidad genética, probablemente debido a su historia más reciente.

Considerando que el ganado Siboney de Cuba es una raza híbrida con características genéticas tanto de *B. taurus* como de *B. indicus*, se anticipó que el MAF promedio sería mayor al incluir SNP derivados de *B. indicus*. En este estudio, el MAF promedio (0,317) fue mayor que el MAF de razas compuestas reportado por Edea et al. (2015). El uso de SNP derivados de *B. indicus* pareció reducir el sesgo de verificación, ya que el BeadChip Bovino GGP se desarrolló intencionalmente para incorporar un mayor número de SNP de origen *indicus*, como se reporta en Edea et al. (2020) y Ferraz et al. (2020).

Monitorear y controlar la endogamia es importante para limitar el impacto potencial de alelos deletéreos, la depresión endogámica y la pérdida de variación genética. Actualmente, el método basado en ROH se considera uno de los enfoques más eficaces para estimar la endogamia genómica (Mastrangelo et al., 2017). La endogamia genómica mostró una baja homocigosidad relevante, de acuerdo con Acosta et al. (2013). Mantener bajos niveles de endogamia también es deseable en razas compuestas, ya que una ventaja del cruzamiento es la heterosis.

En general, los resultados indican una fuerte variabilidad genética en el ganado Siboney de Cuba, lo que corrobora los hallazgos de Uffo et al. (2013) sobre la misma raza mediante microsatélites. Estos resultados son útiles para considerar la posible respuesta de esta raza al someterse a programas de selección genética. Por lo tanto, el presente estudio sobre la caracterización genómica de la raza Siboney de Cuba proporciona información sobre los esfuerzos exitosos para mantener bajo el nivel de endogamia en la población.

Las ubicaciones genómicas de ROH constituyen importantes huellas genómicas de información sobre la historia demográfica de las especies ganaderas (Bosse et al., 2012). Las islas ROH podrían indicar regiones genómicas que sufrieron selección natural o artificial. Cinco de las seis islas permitieron identificar diferentes genes conocidos, potencialmente seleccionados. Se observaron varios genes LOC no caracterizados, lo que refleja la acción de la selección sobre regiones reguladoras no caracterizadas o simplemente la fijación de ADN no codificante por deriva genética debido a una selección leve (Bosse et al., 2012). Por el contrario, varios genes codificantes se encuentran dentro de las islas ROH.

Algunos de estos genes merecen mención porque muestran una relación particular con los caracteres productivos. El gen PPM1B (proteína tirosina fosfatasa, dependiente de Mg2+/Mn2+1B) en el cromosoma 11 se asoció negativamente con la atrofia muscular. De hecho, la expresión de PPM1B disminuye gradualmente al aumentar la atrofia muscular (Wei y Liang, 2012). En el cromosoma 14, el gen NSMAF (factor asociado a la activación de la esfingomielinasa neutra) parece estar involucrado en el crecimiento, desarrollo, eficiencia alimentaria y características de la canal del ganado de la raza Red Angus (Smith et al., 2022). El gen TOX (caja de grupo de alta movilidad asociada a la selección de timocitos) actúa como factor de transcripción en el hipotálamo y desempeña un papel clave en el desarrollo de la pubertad en el ganado Brahman (Fortes et al., 2012). Las variantes causales de TOX se asociaron con características reproductivas en el ganado Nellore (De Camargo et al., 2015); sin embargo, parece desempeñar un papel en la calidad de las características de la canal en el ganado Hanwoo coreano (Bhuiyan et al., 2018).

El gen RAD21 (componente del complejo de cohesión RAD21) también se identificó en el Siboney de Cuba y sus resultados se asociaron con el peso de la canal y el desarrollo del área del músculo ocular en el ganado. El gen se encuentra en el cromosoma 14 y pertenece a la sexta isla en el análisis de ROH. Dentro de la última región identificada, se identificó el gen ADD3 (aducina 3) en el cromosoma 26, relacionado con las características de desarrollo y crecimiento en el ganado (Huang et al., 2019). También se encontró un gen interesante en el cromosoma 26, XPNPEP1 (X-prolil aminopeptidasa 1), relacionado con las características de producción de leche (Ibeagha-Awemu et al., 2016). En detalle, Ibeagha-Awemu et al. (2016) realizaron un GWAS y descubrieron que este gen está relacionado con la presencia de ácido tridecílico (C13:0) en la leche.

Se observó un menor número de duplicaciones (estado de ganancia) que de deleciones (estado de pérdida) en el Siboney de Cuba. Este hallazgo corroborºa informes previos basados en análisis de SNP (Jiang et al., 2013) y estudios de secuenciación del genoma completo (Gao et al., 2017), lo que indica la presencia de una variabilidad genética sustancial en la raza bovina en investigación. Algunos de los genes candidatos identificados en las islas ROH también se encuentran en CNVR, como PKDCC y EML4 en CNVR 176 y SLC3A1 en CNVR 281 (Tabla Suplementaria S1). Esto respalda la posibilidad de una mayor presión selectiva sobre estos genes; sin embargo, su función está asociada con varios procesos biológicos marginales no relacionados con caracteres cuantitativos/cualitativos. Por ejemplo, el gen PKCDD (que contiene el dominio de la proteína quinasa, citoplasmático) parece estar involucrado en la fosforilación de la peptidil- tirosina y el desarrollo del sistema esquelético (Vitorino et al., 2015). EML4 (proteína similar a la microtúbulo asociada a equinodermo es un miembro de la familia de proteínas similares a la microtúbulo asociada a equinodermo, conservada en diferentes especies como el ratón, el mono, el ser humano y el ganado vacuno (Sabir et al., 2017). Finalmente, el gen SLC3A1 (familia de transportadores de solutos 3, proporciona instrucciones para producir una parte (subunidad) de una proteína producida principalmente en los riñones. Durante el proceso de formación de orina en los riñones, este complejo proteico absorbe ciertos componentes básicos de la proteína (aminoácidos) y los devuelve a la sangre. En particular, los aminoácidos como la cisteína, la ornitina, la arginina y la lisina se absorben nuevamente en la sangre a través del mecanismo en el que participa la proteína codificada (Calonge et al., 1995).

Comparación genética entre el Siboney de Cuba y razas mundiales en relación con su distribución geográfica

El análisis de la estructura poblacional permitió distinguir el Siboney de Cuba de otras poblaciones de ganado. El gráfico MDS (Figura 5) muestra una fuerte superposición con las razas del grupo de híbridos americanos y proximidad con B. taurus de América. Este resultado era previsible debido a la situación histórica y política en Cuba (Portes, 2007). La presencia de un embargo probablemente ha limitado la posibilidad de desarrollar un reservorio genético compuesto por animales de otras partes del mundo (Carucci, 2000). La situación genética del Siboney de Cuba se confirma mediante el árbol filogenético que corrobora los resultados del gráfico MDS. Curiosamente, la influencia de *B. taurus* de África es evidente en el árbol filogenético. Sin embargo, los componentes C1 y C2 del gráfico MDS clasifican por separado las poblaciones africanas del Siboney de Cuba. Probablemente, algunos rastros genéticos de *B. taurus* de África puedan estar presentes en el Siboney de Cuba debido a los acontecimientos del siglo XVII (Guerra, 2020).

El análisis de mezcla corrobora los resultados del gráfico MDS; sin embargo, también muestra que *B. indicus* de América parece contribuir al origen genético de la raza investigada, al igual que el de la Holstein de Europa.

Como lo describen Mastrangelo et al. (2020), algunas poblaciones híbridas de América mostraron una estrecha correlación con las razas europeas. La presencia de componentes genéticos de la ascendencia Holstein europea en el ganado Holstein americano y su integración en el genoma del Siboney de Cuba sugiere la posibilidad de flujo migratorio o intercambio comercial entre Europa y América. Este fenómeno resalta las interacciones históricas y los intercambios genéticos que han influido en la composición genética del ganado Siboney de Cuba; de hecho, debido al embargo cubano que restringe la importación de ganado Holstein de América, y considerando que este ganado contiene elementos genéticos de origen europeo, sus rastros persisten en el genoma del Siboney de Cuba. Cabe destacar que un estudio de los flujos migratorios podría explicar la mayoría de estos hallazgos, como lo reportan Scheu et al. (2015).

Curiosamente, como describen Acosta et al. (2013), el Siboney de Cuba presenta una fuerte correlación con las demás razas, tanto locales como híbridas, de la población ganadera cubana, lo que pone de manifiesto un sistema de crianza cercano, limitado a la isla. Si bien este aspecto era previsible, los resultados mostraron que los animales pertenecientes al grupo de híbridos americanos presentan una fuerte superposición con el Siboney de Cuba; sin embargo, el análisis de mezclas mostró que el trasfondo genético difiere entre estas poblaciones. De esta manera, el Siboney de Cuba se encuentra lejos de las razas del contexto europeo y asiático, y parece tener una relación genética más estrecha con las razas de África y América.

CONCLUSIONES

La mayoría de los esfuerzos para mejorar el potencial genético del Siboney de Cuba se han basado tradicionalmente en enfoques convencionales. En el presente trabajo, se realizó la caracterización genómica del Siboney de Cuba mediante marcadores moleculares SNP. No obstante, la aplicación de técnicas genómicas tendrá un impacto positivo en el mejoramiento genético de la raza, ya que contribuirá a reducir el intervalo generacional y la endogamia. Sin duda, la selección genómica es una de las herramientas cruciales que la industria ganadera cubana necesita para explotar al máximo las características deseadas de la raza. Al aprovechar los datos genómicos, es posible diseñar estratégicamente

programas de mejoramiento genético dirigidos a seleccionar individuos que puedan contribuir a mejorar los rasgos de interés para la industria. Además, los conocimientos obtenidos de la caracterización genómica permiten la implementación de medidas para monitorear y controlar los niveles de endogamia en la población. Por lo tanto, la aplicación de técnicas genómicas no solo contribuye a una mejor caracterización de la raza Siboney de Cuba, sino que también tiene el potencial de contribuir eficazmente al mejoramiento de caracteres de relevancia económica en la industria ganadera cubana.

BIBLIOGRAFÍA

Acosta, A., Sanz-Fernández, A., Ronda-Martínez, R., Osta-Pinzolas, R., Rodellar- Penella, C., Martin-Burriel, I., et al. (2016). Efecto de polimorfismos genéticos en la producción de leche del ganado Siboney de Cuba. Rev. Salud Anim. 3, 142–148.

Acosta, A. C., Uffo, O., Sanz, A., Ronda, R., Osta, R., Rodellar, C., et al. (2013). Genetic diversity and differentiation of five Cuban cattle breeds using 30 microsatellite loci. J. Anim. Breed. Genet. 130, 79–86. doi:10.1111/j.1439-0388.2012.00988.x

Alexander, D. H., and Lange, K. (2011). Enhancements to the ADMIXTURE algorithm for individual ancestry estimation. BMC Bioinform 12, 246. doi:10.1186/ 1471-2105-12-246

Bhuiyan,M. S., Lim, D., Park, M., Lee, S., Kim, Y., Gondro, C., et al. (2018). Functionale partitioning of genomic variance and genome-wide association study for carcass traits in Korean Hanwoo cattle using imputed sequence level SNP data. Front. Genet. 9, 217. doi:10.3389/fgene.2018.00217

Bosse, M.,Megens, H. J.,Madsen, O., Paudel, Y., Frantz, L. A., Schook, L. B., et al. (2012). Regions of homozygosity in the porcine genome: consequence of demography and the recombination landscape. PLoS Genet. 8, e1003100. doi:10.1371/journal.pgen.1003100

Bovine HapMap Consortium Gibbs, R. A., Taylor, J. F., Van Tassell, C. P., Barendse, W., Eversole, K. A., et al. (2009). Genome-wide survey of SNP variation uncovers the genetic structure of cattle breeds. Science 324 (5926), 528–532. doi:10.1126/science.1167936

Calonge, M. J., Volpini, V., Bisceglia, L., Rousaud, F., de Sanctis, L., Beccia, E., et al. (1995). Genetic heterogeneity in cystinuria: the SLC3A1 gene is linked to type I but not to type III cystinuria. PNAS 92, 9667–9671. doi:10.1073/pnas.92.21.9667

Carucci, A. (2000). Environmental effects of economic sanctions: the Cuban xperience. Honors Theses. Available at: https://digitalcommons.colby.edu/honorstheses/49.

Chang, C. C., Chow, C. C., Tellier, L. C., Vattikuti, S., Purcell, S. M., and Lee, J. J. (2015). Second-generation PLINK: rising to the challenge of larger and richer datasets. Gigascience 4, 7. doi:10.1186/s13742-015-0047-8

De Camargo, G. M., Costa, R. B., de Albuquerque, L. G., Regitano, L. C., Baldi, F., and Tonhati, H. (2015). Polymorphisms in TOX and NCOA2 genes and their associations with reproductive traits in cattle. Reprod. Fertil. 27, 523–528. doi:10.1071/RD13360

Decker, J. E., McKay, S. D., Rolf, M. M., Kim, J., Molina Alcalá, A., Sonstegard, T. S., et al. (2014). Worldwide patterns of ancestry, divergence, and admixture in domesticated cattle. PLoS Genet. 10, e1004254. doi:10.1371/journal.pgen.1004254

Diamond, J. (2002). Evolution, consequences and future of plant and animal domestication. Nature 418, 700–707. doi:10.1038/nature01019

Durán Aguilar, M., Román Ponce, S. I., Ruiz López, F. J., González Padilla, E., Vásquez Peláez, C. G., Bagnato, A., et al. (2017). Genome-wide association study for milk somatic cell score in holstein cattle using copy number variation as markers. J. Anim. Breed. Genet. 134, 49–59. doi:10.1111/jbg.12238

Edea, Z., Bhuiyan, M. S. A., Dessie, T., Rothschild, M. F., Dadi, H., and Kim, K. S. (2015). Genome-wide genetic diversity, population structure and admixture analysis in African and Asian cattle breeds. Animal 9, 218–226. doi:10.1017/S1751731114002560

Edea, Z., Jung, K. S., Shin, S. S., Yoo, S. W., Choi, J. W., and Kim, K. S. (2020). Signatures of positive selection underlying beef production traits in Korean cattle breeds. J. Anim. Sci. Technol. 62 (3), 293. doi:10.5187/jast.2020.62.3.293

Engelsma, K. A., Veerkamp, R. F., Calus, M. P. L., Bijma, P., and Windig, J. J. (2012). Pedigree-and marker-based methods in the estimation of genetic diversity in small groups of Holstein cattle. J. Anim. Breed. Genet. 129, 195–205. doi:10.1111/j.1439-0388. 2012.00987.x

Felius, M., Beerling, M. L., Buchanan, D. S., Theunissen, B., Koolmees, P. A., and Lenstra, J. A. (2014). On the history of cattle genetic resources. Diversity 6, 705–750. doi:10.3390/d6040705

Ferraz, J. B. S., Wu, X. L., Li, H., Xu, J., Ferretti, R., Simpson, B., et al. (2020). Development and evaluation of a low-density single-nucleotide polymorphism chip specific to Bos indicus cattle. Anim. Prod. Sci. 60, 1769–1776. doi:10.1071/AN19396

Fortes, M. R. S., Lehnert, S. A., Bolormaa, S., Reich, C., Fordyce, G., Corbet, N. J., et al. (2012). Finding genes for economically important traits: Brahman cattle puberty. Anim. Prod. Sci. 52, 143–150. doi:10.1071/AN11165

François, L.,Wijnrocx, K., Colinet, F. G., Gengler, N., Hulsegge, B.,Windig, J. J., et al. (2017). Genomics of a revived breed: case study of the Belgian campine cattle. PLoS One 2, e0175916. doi:10.1371/journal.pone.0175916

Gao, Y., Jiang, J., Yang, S., Hou, Y., Liu, G. E., Zhang, S., et al. (2017). CNV discovery for milk composition traits in dairy cattle using whole genome resequencing. BMC Genom 18, 265. doi:10.1186/s12864-017-3636-3

García-Díaz, J. R., Noval-Artiles, E., Quiñones-Ramos, R., Pérez-Bello, A., and Hernández-Barreto, M. (2019). Principales indicadores reproductivos y factores ambientales que afectan a vacas de los genotipos Siboney y Mambí de Cuba. Rev. Argent. Prod. Anim. 2, 34–43.

Gautier, M., Laloë, D., and Moazami-Goudarzi, K. (2010). Insights into the genetic history of French cattle from dense SNP data on worldwide breeds. PLoS One 6, 10.w doi:10.1371/journal.pone.0013038

Gorla, E., Cozzi, M. C., Román-Ponce, S. I., Ruiz López, F. J., Vega-Murillo, V. E.,Cerolini, S., et al. (2017). Genomic variability in Mexican chicken population using copynumber variants. BMC Genet. 18, 61. doi:10.1186/s12863-017-0524-4

Guerra, R. (2020). Historia de Cuba, 1–296.

Hernández, R., and Ponce, P. (2008). Caracterización de la curva de lactancia ycomponentes lácteos del genotipo Siboney de Cuba en una granja ganadera de laprovincia de la Habana. Rev. Cient. (Maracaibo) 18, 291–295.

Huang, Y. Z., Qian, L. N., Wang, J., Zhang, C. L., Fang, X. T., Lei, C. Z., et al. (2019).Genetic variants in ADD1 gene and their associations with growth traits in cattle. Anim.Biotechnol. 30, 7–12. doi:10.1080/10495398.2017.1398754

Huson, D. H., and Bryant, D. (2006). Application of phylogenetic networks inevolutionary studies. Mol. Biol. Evol. 23, 254–267. doi:10.1093/molbev/msj030

Ibeagha-Awemu, E. M., Peters, S. O., Akwanji, K. A., Imumorin, I. G., and Zhao, X.(2016). High density genome wide genotyping-by-sequencing and association identifies common and low frequency SNPs, and novel candidate genes influencing cow milk traits. Sci. Rep. 6, 31109. doi:10.1038/srep31109

Jiang, L., Jiang, J., Yang, J., Liu, X., Wang, J., Wang, H., et al. (2013). Genome-wide detection of copy number variations using high-density SNP genotyping platforms in Holsteins. BMC Genom 14, 131. doi:10.1186/1471-2164-14- 131

Keel, B. N., Lindholm-Perry, A. K., and Snelling, W. M. (2016). Evolutionary andfunctional features of copy number variation in the cattle genome. Front. Genet. 7, 207.doi:10.3389/fgene.2016.00207

Kumar, H., Panigrahi, M., Saravanan, K. A., Rajawat, D., Parida, S., Bhushan, B., et al.(2021). Genome-wide detection of copy number variations in Tharparkar cattle. Anim.Biotechnol. 34, 448–455. doi:10.1080/10495398.2021.1942027

Ledesma-Rodríguez, A., Cendron, F., Díaz-Herrera, D. F., Fonseca-Rodríguez, Y.,Reinosa, O. U., and Penasa, M. (2022). The Siboney de Cuba cattle: a review of studies conducted on the breed. Livest. Res. Rural. Dev. 34, 101.

Lin, B. Z., Sasazaki, S., and Mannen, H. (2010). Genetic diversity and structure in Bos taurus and Bos indicus populations analyzed by SNP markers. Anim. Sci. J. 81, 281–289.doi:10.1111/j.1740-0929.2010.00744.x

Makina, S. O., Muchadeyi, F. C., van Marle-Köster, E.,MacNeil, M. D., and Maiwashe, A. (2014). Genetic diversity and population structure among six cattle breeds in South Africa using a whole genome SNP panel. Front. Genet. 5, 333. doi:10.3389/fgene.2014. 00333

Makina, S. O., Whitacre, L. K., Decker, J. E., Taylor, J. F., MacNeil, M. D., Scholtz, M. M., et al. (2016). Insight into the genetic composition of South African Sanga cattle using SNP data from cattle breeds worldwide. Genet. Sel. Evol. 48, 88. doi:10.1186/ s12711-016-0266-1

Marson, E. P., Ferraz, J. B. S., Meirelles, F. V., Balieiro, J. D. C., Eler, J. P., Figueiredo, L. G. G., et al. (2005). Genetic characterization of European-Zebu composite bovine using RFLP markers. Genet. Mol. Res. 4, 496–505.

Mastrangelo, S., Sardina, M. T., Tolone, M., Di Gerlando, R., Sutera, A. M., Fontanesi, L., et al. (2018). Genome-wide identification of runs of homozygosity islands and associated genes in local dairy cattle breeds. Animal 12, 2480–2488. doi:10.1017/ S1751731118000629

Mastrangelo, S., Tolone, M., Ben Jemaa, S., Sottile, G., Di Gerlando, R., Cortés, O., et al. (2020). Refining the genetic structure and relationships of European cattle breeds through meta-analysis of worldwide genomic SNP data, focusing on Italian cattle. Sci. Rep. 10, 14522. doi:10.1038/s41598-020-71375-2

Mastrangelo, S., Tolone, M., Sardina,M. T., Sottile, G., Sutera, A. M., Di Gerlando, R., et al. (2017). Genome-wide scan for runs of homozygosity identifies potential candidate genes associated with local adaptation in Valle del Belice sheep. Genet. Sel. Evol. 49, 84. doi:10.1186/s12711-017-0360-z



McIntosh, M. M., Spiegal, S. A., McIntosh, S. Z., Sanchez, J. C., Estell, R. E., Steele, C. M., et al. (2023). Matching beef cattle breeds to the environment for desired outcomes in a changing climate: a systematic review. J. Arid. Environ. 211, 104905. doi:10.1016/j. jaridenv.2022.104905

McKay, S., Schnabel, R.,Murdoch, B., Matukumalli, L., Aerts, J., Coppieters, W., et al. (2008). An assessment of population structure in eight breeds of cattle using a whole genome SNP panel. BMC Genet. 9, 37. doi:10.1186/1471- 2156-9-37

Milanesi, M., Capomaccio, S., Vajana, E., Bomba, L., Garcia, J. F., Ajmone-Marsan, P., et al. (2017). BITE: an R package for biodiversity analyses. BioRxiv, 181610. doi:10.1101/ 181610

Paradis, E., and Schliep, K. (2019). Ape 5.0: an environment for modern phylogenetics and evolutionary analyses in R. Bioinform 35, 526–528. doi:10.1093/bioinformatics/ bty633

Pinto, D., Darvishi, K., Shi, X., Rajan, D., Rigler, D., Fitzgerald, T., et al. (2011). Comprehensive assessment of array-based platforms and calling algorithms for detection of copy number variants. Nat. Biotechnol. 29, 512–520. doi:10.1038/nbt.1852

Pitt, D., Sevane, N., Nicolazzi, E. L., MacHugh, D. E., Park, S. D., Colli, L., et al. (2019). Domestication of cattle: two or three events? Evol. Appl. 12, 123–136. doi:10.1111/eva.12674

Portales, A., González-Peña, D., Guerra, D., Évora, J. C., and Acosta, M. (2012). Parámetros genéticos de las características de leche, incorporación y parto en ganado Siboney de Cuba. Cienc. Tecnol. Ganad. 1, 27–33.

Portes, A. (2007). "The Cuban-American Political Machine: reflections on its origins and perpetuation," in In debating Cuban exceptionalism (New York: Palgrave Macmillan US), 123–137.

Ramljak, J., Bunevski, G., Bytyqi, H., Marković, B., Brka, M., Ivanković, A., et al. (2018). Conservation of a domestic metapopulation structured into related and partly admixed strains. Mol. Ecol. 27, 1633–1650. doi:10.1111/mec.14555

R Core Team (2020). R: a language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing.Available online: https://www.R-project.org/ (accessed on July 1, 2023).

Sabir, S. R., Yeoh, S., Jackson, G., and Bayliss, R. (2017). EML4-ALK variants: biological and molecular properties, and the implications for patients. Cancers 9, 118. doi:10.3390/cancers9090118

Scheu, A., Powell, A., Bollongino, R., Vigne, J. D., Tresset, A., Çakırlar, C., et al. (2015). The genetic prehistory of domesticated cattle from their origin to the spread across Europe. BMC Genet. 16, 54. doi:10.1186/s12863-015-0203-2

Senczuk, G.,Mastrangelo, S., Ciani, E., Battaglini, L., Cendron, F., Ciampolini, R., et al. (2020). The genetic heritage of Alpine local cattle breeds using genomic SNP data. Genet. Sel. Evol. 52, 40. doi:10.1186/s12711-020-00559-1

Smith, J. L., Wilson,M. L., Nilson, S.M., Rowan, T. N., Schnabel, R.D.,Decker, J. E., et al. (2022).Genome-wide association and genotype by environment interactions for growth traits in US Red Angus cattle. BMC Genom 23, 517. doi:10.1186/s12864-022-08667-6

Strandén, I., Kantanen, J., Russo, I. R. M., Orozco-terWengel, P., Bruford, M. W., and Climgen, C. (2019). Genomic selection strategies for breeding adaptation and production in dairy cattle under climate change. Heredity 123, 307–317. doi:10.1038/s41437-019-0207-1

Strillacci, M. G., Gorla, E., Cozzi, M. C., Vevey, M., Genova, F., Scienski, K., et al. (2018). A copy number variant scan in the autochthonous Valdostana Red Pied cattle breed and comparison with specialized dairy populations. PLoS One 13, e0204669. doi:10.1371/journal.pone.0204669

Uffo, O., Acosta, A., Ribot, A., Ruiz, K., Ronda, R., and Martínez, S. (2013). Molecular characterization of the Siboney de Cuba cattle. Biotecnol. Apl. 30, 232–233.

Upadhyay, M., Bortoluzzi, C., Barbato, M., Ajmone-Marsan, P., Colli, L., Ginja, C., et al. (2019). Deciphering the patterns of genetic admixture and diversity in southern European cattle using genome-wide SNPs. Evol. Appl. 12, 951– 963. doi:10.1111/eva. 12770

Upadhyay, M. R., Chen, W., Lenstra, J. A., Goderie, C. R. J., MacHugh, D. E., Park, S. D. E., et al. (2017). Genetic origin, admixture and population history of aurochs (Bos primigenius) and primitive European cattle. Heredity 118, 169–

176. doi:10.1038/hdy. 2016.79

Vitorino, M., Silva, A. C., Inacio, J. M., Ramalho, J. S., Gur, M., Fainsod, A., et al. (2015). Xenopus Pkdcc1 and Pkdcc2 are two new tyrosine kinases involved in the regulation of JNK dependent Wnt/PCP signaling pathway. PloS One 10, e0135504. doi:10.1371/journal.pone.0135504

Wang, K., Li, M., Hadley, D., Liu, R., Glessner, J., Grant, S. F., et al. (2007). PennCNV: an integrated hidden Markov model designed for high-resolution copy number variation detection in whole-genome SNP genotyping data. Genome Res. 17, 1665–1674. doi:10.1101/gr.6861907

Wei, J., and Liang, B. S. (2012). PPM1B and P-IKKβ expression levels correlated inversely with rat gastrocnemius atrophy after denervation. Braz. J. Med. Biol. 45, 711–715. doi:10.1590/s0100-879x2012007500080

Yurchenko, A., Yudin, N., Aitnazarov, R., Plyusnina, A., Brukhin, V., Soloshenko, V., et al. (2018). Genome-wide genotyping uncovers genetic profiles and history of the Russian cattle breeds. Heredity 120, 125–137. doi:10. 1038/s41437-017-0024-3

Zhou, J., Liu, L., Lopdell, T. J., Garrick, D. J., and Shi, Y. (2021). HandyCNV: standardized summary, annotation, comparison, and visualization of copy number

variant, copy number variation region, and runs of homozygosity. Front. Genet. 12, 731355. doi:10.3389/fgene.2021.731355

Zhou, J., Liu, L., Reynolds, E., Huang, X., Garrick, D., and Shi, Y. (2022). Discovering copy number variation in dual-purpose XinJiang Brown cattle. Front. Genet. 12, 747431. doi:10.3389/fgene.2021.747431

Zimmerman, S. J., Aldridge, C. L., and Oyler-McCance, S. J. (2020). An empirical comparison of population genetic analyses using microsatellite and SNP data for a species of conservation concern. BMC genom 21, 382–416. doi:10.1186/s12864-020-06783-9



PAS-52. Indicadores zootécnicos en la crianza de pollos de engorde alimentados parcialmente con harina de (*Hibiscus rosa-sinensis*)

José Luis Alcívar Cobeña[*], *Ámbar Rodríguez, Adriana Salazar Moran*

[1]Universidad Estatal del Sur de Manabí, Jipijapa, Manabí, Ecuador.

[*]Correspondencia a: jose.alcivar@unesum.edu.ec

RESUMEN

Las alternativas alimenticias representan una oportunidad de disminución de los costos de producción en la explotación de pollos de engorde. El objetivo de la investigación es evaluar los indicadores zootécnicos de la crianza de pollos de engorde alimentados parcialmente con harina de Hibiscos rosa "HHR". Metodológicamente, se aplicaron métodos teóricos y empíricos. Para el análisis de los datos se utilizó el diseño experimental de bloques al azar. Los resultados establecieron que, a nivel de ganancia de peso, en la semana 3 no se encontró diferencias entre tratamientos, no así en las semanas 4 y 5 donde se observa diferencias estadísticas a favor del tratamiento 2 con el 2% de HHR, en la semana 6, no se establecen diferencias estadísticas, sin embargo, se evidencia un mejor comportamiento del tratamiento 2 con un peso de 2755, 54 g. Con respecto a la conversión alimenticia, en la semana 3 no se identifica diferencias estadísticas, en las semanas 4 y 5 las diferencias estadísticas señalan al T 2 con el índice más alto, y en la semana 6 aunque no existen diferencias entre tratamientos, se evidencia el índice más alto en el T2 (2,14) y el más bajo y por tanto más conveniente al tratamiento testigo (1,84). En análisis económico determina que los tratamientos más rentables son los que contienen el 2% y el 4% de HHR, y con un costo unitario del T2 de 0,73 dólares, inferior a los demás tratamientos. Se concluye que la HHR en dosis de 2% incide favorablemente en los parámetros productivos del pollo de engorde.

Palabras clave: *Parámetros productivos, conversión alimenticia, rentabilidad, producción*.

INTRODUCCIÓN

La avicultura en el país se ha consolidado como una de las principales y más relevantes ramas de la producción animal en los últimos años. La alimentación es uno de los mayores gastos por ave, por lo que es crucial proporcionar el balanceado adecuado en cada etapa de producción, asegurando un contenido suficiente de energía y proteínas para obtener buenos resultados en la conversión alimenticia. Es importante mencionar que cuando aumenta la temperatura, las aves consumen menos alimento y, por lo tanto, reciben menos nutrientes. Por el contrario, cuando la temperatura baja, las aves consumen más alimento y obtienen más nutrientes (Macias, 2024).

Entre los productos alimenticios alternativos para las aves, y con un contenido de proteína de las hojas del cayeno (*Hibiscus rosa-sinensis*) del 21 % y digestibilidad es del 72 al 79%, que lo convierte en una alternativa viable para la alimentación de los pollos de engorde. El follaje comestible del cayeno, incluye hojas y tallos tiernos, que contiene un 39.9% de fibra detergente neutra (FDN) y un 14.2% de proteína bruta (PB), además, tiene una concentración de taninos totales entre 13 y 19 gramos por kilogramo de materia seca (MS) y una concentración de polifenoles de aproximadamente 0,2 gramos por kilogramo en verde (Peñafiel, 2024; citando a *Lara et al.*, 2012).

La *Hibiscus rosa-sinensis* representa una buena opción alimenticia para aves y otras especies animales, por sus compuestos químicos farmacológicos para humanos y animales. La tecnología de forraje hiperproductor de *Hibiscus rosa-sinensis* rinde de 10 a 20 t MS/ha/año (t de materia seca/ha/año), dependiendo de las condiciones agronómicas. La composición química de la harina de forraje de hibisco es similar a la de los forrajes de alfalfa, moringa, tithonia y yuca debido a su contenido de proteína, minerales, compuesto de fibra y energía metabolizable. (Valdivié & Martínez, 2022).

MATERIALES Y MÉTODOS

Animales y dietas

Se utilizaron 200 pollos de ceba machos de la línea Cobb 500 y edad 1 días, con peso inicial promedio de 38 ± g. Los animales se alojaron en el galpón al suele con la ayuda de alambre galvanizado de 40 x 40 x 80 cm de manera aleatoria. Cada una contó con un comedero y dos bebederos.

Los tratamientos experimentales consistieron en cuatro mezclas de alimentos (dietas) las cuales se formularon según los requerimientos establecidos por la Cobb500 (2015) para esta categoría de aves. La harina de *Hibiscus rosa-sinensis* sustituyó parcialmente la soya en 2, 4 y 6 % respecto al control donde no se utilizó. Las dietas fueron isoproteicas e isoenergéticas.

Procedimiento experimental

Preparación del galpón: El galpón se preparado 15 día antes de recibir las aves, desinfectándolo El galpón se desinfectó con cloro en dosis de 4 ml por litro de agua y yodo en dosis de 5ml por litro de agua, y con cal en el piso previo a la ubicación del tamo de arroz, que fue la cama de los pollos.

Los comederos y bebederos fueron lavados con detergente y se eliminaba constantemente restos fecales con el fin de mantener los equipos limpios. Las camas de tamo de arroz se cambiaron diariamente y se desinfectaban con creso.

Los pollos fueron albergados en un área de 2m2 por un metro de elevado con mallas para eludir que las aves salgan de su respectivo corral, previo a la recepción de los pollos bebe, se precalentó el galpón 24 horas antes con una temperatura ambiente de 32°C.

Recepción de pollos bebé: los pollos bebes, fueron presados en su recepción, obteniendo un peso promedio de 50g y se recibieron en el galpón solo con agua más vitaminas con electrolitos disueltos en dosis de 1g/l de agua, después de una hora de hidratación, se les suministro alimento en los comederos especializados según su edad.

Alimentación de las aves: Durante las dos primeras semanas de vida, los pollos fueron alimentados con balanceado comercial inicial, cuyo porcentaje de proteína es de 23%. A partir de la tercera semana de edad se empezó a suministrar a los pollos las dietas experimentales a base de harina de *Hibiscus rosa-sinensis* para la fase de crecimiento. A partir de la tercera semana, se suministro las dietas señaladas en la metodología, respetando de esta manera las dosis establecidas.

Plan de vacunación: Los pollos fueron vacunados con Gumboro y Newcastle a los siete días de edad, a los 14 días de edad se aplicó refuerzo de esta vacuna.

Sacrificio: A los 42 días finalizando el período de estudio, se llevó a cabo el sacrificio de los pollos en el campo de estudio, siguiendo los protocolos establecidos para garantizar un sacrificio humanitario y respetar las normativas de bienestar animal. Se realizaron las prácticas adecuadas para minimizar el estrés y el sufrimiento de los animales durante el proceso de sacrificio.

Diseño experimental y análisis estadístico

Se utilizó diseño completamente aleatorizado con cuatro tratamientos y cinco repeticiones. Cada tratamiento contempló 50 animales. Para el análisis de los resultados se utilizó el paquete estadístico computarizado INFOSTAT (Di Rienzo et al., 2012). Los valores medios se compararon mediante la dócima de Tukey (1949) para $p<0.05$, en los casos necesarios.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como parte del análisis de los datos, se efectuó una revisión de la distribución y varianza de los mismos, en la tabla 1 se observa que el coeficiente de Asimetría es ± 1 y la Curtosis es ± 3, lo confirma que los datos tienen una distribución normal, y la homogeneidad de la varianza se determina con la prueba de Shapiro Will. Estos estudios previos de los datos justifican el uso de estadística paramétrica propuesta en la metodología.

Mariño- Guerrero y Roa Vega (2021), es estudios efectuados con *Hibiscus Rosa* con inclusión de hasta el 12%, señalan que los pollos de engorde, tiene una gran aceptación por parte de las aves, agregan que la digestibilidad de la proteína oscila entre el 72 y 79%. Agregan además que el follaje de cayeno comestible (tallos tiernos y hojas) contiene 14.2% de proteína bruta (PB), 39.9% de FDN, mientras que la concentración de polifenoles es alrededor de 0.2 g /kg en verde, y de taninos totales, entre 13 al 19/g de materia seca.

Estudios realizados por Roa Vega (2016), concluye que la harina *Hibiscus rosa* puede reemplazar en las dietas para pollos de engorde hasta en un 12%, puesto que no afectó negativamente los parámetros productivos, y más bien observó un mejoramiento de los niveles de incremento productivo. Estos resultados no guardan coincidencia con los obtenidos en nuestro trabajo, donde se probó inclusión hasta el 6%, sin embrago, el mejor resultado se apreció en el tratamiento 2 con el 2% de inclusión de Hibiscos rosa. La única coincidencia presentada, es que la inclusión sin importar la dosis, motivo una mejor respuesta productiva.

La inclusión de harina de *Hibiscus rosa-sinensis* afecta significativamente algunos pesos de los órganos del tracto gastrointestinal (TGI) en los pollos. Específicamente, se observaron diferencias en el peso de la molleja llena, el intestino delgado vacío y el saco ciego izquierdo lleno. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en el peso de otros órganos del TGI. En un sistema de producción de pollos enfocado en ganar peso en carne magra, es recomendable tener un TGI menos pesado para mejorar la eficiencia alimenticia.

En estudio realizado por Barreto (2024), menciona que la inclusión de harina de *Hibiscus rosa-sinensis* pudiera afecta significativamente algunos pesos de los órganos del tracto gastrointestinal (TGI) en los pollos. Se observó diferencias en el peso de la molleja llena, el intestino delgado vacío y el saco ciego izquierdo lleno. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en el resto de las partes del TGI. En un sistema de producción de pollos enfocado en ganar peso en carne magra, es recomendable tener un TGI menos pesado para mejorar la eficiencia alimenticia.

Tratamiento	Variable	Media	E.E.	CV	Mín	Máx	Asimetría	Kurtosis	Shapiro-Wilks
TESTIGO	Peso Ganancia kg	1,04	0,17	89	0,1	2,99	0,81	-0,7	< 0,01
TESTIGO	Consumo alimento acumulado.	2,18	0,32	79	0,1	5,04	0,47	-1,18	< 0,00
TESTIGO	Conversión	2,18	0,09	21	1,4	3,17	0,28	-0,7	< 0,01
2% H.R	Peso Ganancia kg	1,11	0,18	88	0,11	3,03	0,71	-0,92	< 0,02
2% H.R	Consumo alimento acumulado.	2,16	0,32	79	0,1	5,01	0,49	-1,15	< 0,01
2% H.R	Conversión	2,06	0,08	20	1,4	2,95	0,53	-0,8	< 0,01
4% H.R	Peso Ganancia kg	1,06	0,17	87	0,11	3	0,77	-0,71	< 0,01
4% H.R	Consumo alimento acumulado.	2,18	0,32	79	0,1	5,04	0,48	-1,17	< 0,01
4% H.R	Conversión	2,13	0,08	19	1,4	3,15	0,39	-0,45	< 0,01
6% H.R	Peso Ganancia kg	1,03	0,16	86	0,11	3,05	0,76	-0,7	< 0,01
6% H.R	Consumo alimento acumulado.	2,16	0,31	79	0,1	4,99	0,48	-1,17	< 0,01
6% H.R	Conversión	2,15	0,0	21	1,4	3,15	0,48	-0,48	< 0,01

Por su parte Mendoza Delgado y Mendoza Rivadeneira, (2019) agregan que la inclusión de harina de *Hibiscus rosa-sinensis* en la dieta de pollos de engorde no cambia de manera significativa la calidad sensorial de la carne, manteniendo atributos como color, sabor, textura y aceptación general dentro de niveles comparables a dietas convencionales.

Lo que es corroborado por Sánchez et al. (2010), quienes aseguran que la inclusión a la dieta de *Hibiscus rosa* específicamente, puede influir en la coloración de la carne (por ejemplo, una coloración amarilla o rosada), pero sin afectar la aceptación sensorial general ni otros atributos como sabor o textura.

CONCLUSIONES

La inclusión de la harina de *Hibiscus rosa*, en pollos de engorde, se observó valores distintos en la ganancia de peso en la primera semana y la última semana, no se establecen diferencias estadísticas, sin embargo, se evidencia un mejor comportamiento del tratamiento 2 con un peso de 2755, 54 g. Con respecto a la conversión alimenticia, no se identifica diferencias estadísticas, pero se evidencia el índice más alto en el T6 (2,14) y el más bajo y por tanto más conveniente al tratamiento con inclusión del 2% de harina de *Hibiscus rosa* (1,84).

BIBLIOGRAFÍA

Macias, J. (2024). FAO.org. Obtenido de https://www.fao.org/poultry-production-products/production/poultry-species/chi ckens/es/

Mariño- Guerrero Iván E., María L. Roa-Vega. (2021). Parámetros productivos y digestibilidad de pollos, utilizando cayeno (Hibiscus rosa-sinensis) y probiótico (Lactobacilius acidophilus) más pectina. ORINOQUIA, núm. 1, pp. 35-46, 2021. DOI: https://doi.org/10.22579/20112629.654

Mendoza Delgado Mauricio Alain; Mendoza Rivadeneira Freddy Alain. (2019). Comportamiento productivo y análisis sensorial de la carne de pollo alimentados con harina integral de zapallo (*Cucurbita moschata*) variedad macre Revista Arbitrada Interdisciplinaria KOINONIA. Año IV. Vol IV. N°8. Hecho el depósito de Ley: FA2016000010. ISSN: 2542-3088. http://dx.doi.org/10.35381/r.k.v4i8.495

Lara PE, Itzá MF, Sanguinés JR, Magáña MA. (2012). Morus alba o Hibiscus rosa-sinensis como sustituto parcial de soya en dietas integrales para conejos. Av Investig Agropecu. 2012;16(3):9-19.

Valdivié, M., & Martínez, Y. (2022). Hibiscus rosa-sinensis Forage as a Potential Feed for Animals: A Review. Animals: an open access journal from MDPI, 12(3), 288. https://doi.org/10.3390/ani12030288

PAS-53. Reemplazante lechero RELAC. Características físico-químicas

Milk replacer RELAC. Physicochemical characteristics

M. Dominguez Lima[*]*; B B. Chongo García; A. Mejías Caba*

Instituto de Ciencia Animal, Apartado Postal 24, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

[*]Correspondencia a: melanisdlima@gmail.com

RESUMEN

Se evaluaron las características físico - química del lactoreemplazantes para terneros RELAC con levadura torula obtenida en sustrato con vinazas en sustitución de la miel final**.** Para la elaboración del lactoreemplazantes se utilizaron como materias primas: Levadura torula 57%, maíz molido 25%, azúcar 10%, Sebo 5%, premezcla de vitaminas y minerales 3%. En la evaluación física se ensayaron los referidos a la forma y la presentación del producto terminado: forma, aspecto, color, olor, sabor y solubilidad, se seleccionaron a cinco voluntarios que actuaron como panelistas. Para los análisis químicos se determinó el contenido de MS, PB, P, Ca, Mg, K, Fe, Mn, Zn. Como resultado, el 60 % de los panelistas evaluaron la forma como de fino mientras que el resto de muy fino. El aspecto harinoso del alimento tuvo esta clasificación en el 80% de los panelistas. Mientras que en la coloración el 40% lo evaluaron de carmelita y el 60% de beige. Tanto el olor como el sabor se relacionan con los panelistas, donde el 80% declararon un olor sui generis a levadura torula y en el sabor el 60% refiere sabor con similar definición. La solubilidad fue catalogada de poco soluble (80%) e indefinido el 20%. La composición química mostró para MS 89.37, C 5.45, MO 83.91, DMO* 74.43, PB 17.28, P 0.84, Ca 0.53, Mg 0.07, K 0.43, Fe 0.34, Mn 0.29, Zn 0.11. Las características físico-químicas del LR RELAC indicaron resultados similares con respecto a otros lactoreemplazantes de producción nacional.

Palabras clave: *ternero, alimentación, consumo*

ABSTRACT

The physicochemical characteristics of the RELAC calf milk replacer were evaluated using torula yeast obtained from a substrate with vinasse as a replacement for the final molasses. The raw materials used to prepare the milk replacer were: 57% torula yeast, 25% ground corn, 10% sugar, 5% tallow, and 3% vitamin and mineral premix. The physical evaluation included aspects related to the shape and presentation of the finished product: shape, appearance, color, odor, flavor, and solubility. Five volunteers were selected to act as panelists. Chemical analyses determined the DM, CP, P, Ca, Mg, K, Fe, Mn, and Zn contents. Sixty percent of the panelists rated the shape as fine, while the remainder rated it as very fine. Eighty percent of the panelists rated the mealy aspect of the feed as floury. While in color, 40% evaluated it as brown and 60% as beige. Both the smell and flavor are related to the panelists, where 80% declared a unique smell of torula yeast and in flavor, 60% reported a flavor with a similar definition. The solubility was classified as slightly soluble (80%) and indefinite 20%. The chemical composition showed for MS 89.37, C 5.45, MO 83.91, DMO * 74.43, PB 17.28, P 0.84, Ca 0.53, Mg 0.07, K 0.43, Fe 0.34, Mn 0.29, Zn 0.11. The physicochemical characteristics of LR RELAC indicated similar results with respect to other nationally produced milk replacers.

Keywords: *Calf, feeding, consumption*

INTRODUCCIÓN

La crianza del ternero joven, como en la mayoría de las especies mamíferas, requiere del consumo de leche, alimento costoso, que compite con el consumo de la población humana. Desde la década del 50 del siglo pasado, surgen los reemplazadores lecheros, lácteos reemplazantes o sustitutos lecheros como suelen llamarse. Estos lácteos reemplazantes, constituyen un alimento en polvo que en su formulación utilizan leche descremada en polvo, suero lácteo en diversas variantes y fuentes de grasa animal o vegetal; una vez reconstituidos en agua, pueden sustituir parcial o totalmente la leche materna con buenos resultados, en correspondencia con su composición y calidad (Moreno, 2004).

Con el de cursar del tiempo, la composición de estos lactoreemplazantes ha evolucionado, ya en la actualidad, se sustituye la leche descremada por otras fuentes. Así, se incorpora en su formulación diferentes fuentes de proteínas en sustitución a la leche descremada y medianas cantidades de carbohidratos de fácil digestibilidad; cada vez se utilizan más las grasas vegetales. También se utilizan aditivos y probióticos que beneficien el comportamiento productivo y de salud de los terneros.



En Cuba, la levadura torula crecida sobre mieles de caña de azúcar constituyó una fuente de proteína utilizada en la alimentación de diferentes especies de ganado con buenos resultados. Diversas investigaciones realizadas con su utilización en terneros lactantes demostraron que es posible su incorporación como componente de reemplazadores lecheros (Chongo, 1983). En la búsqueda de formulaciones ajustadas a las condiciones de la ganadería cubana, en el Instituto de Ciencia Animal el equipo de investigación liderado por Plaza y colaboradores (1996), formularon el RELAC que contiene la Levadura torula, como fuente de proteína fundamental de esta formulación, lo que permitió reportar ganancias de peso vivo atractivas y un buen comportamiento productivo en terneros predestete.

En la actualidad, la levadura torula se desarrolla sobre vinazas de destilería de diferentes producciones de alcohol, con características similares a la crecida sobre mieles, por lo que resulta factible su uso en la fabricación del RELAC, con resultados promisorios en el lactoreemplazante para terneros (Guevara *et al*., 2012).

A partir de lo anteriormente descrito, se trazaron estrategias de fabricación y evaluaciones físicas y químicas del RELAC con el uso de esta levadura crecida sobre vinazas. De ahí que el objetivo de este trabajo fue describir el proceso seguido en la elaboración del alimento y determinar sus características físicas y químicas una vez formulado.

MATERIALES Y MÉTODOS

Elaboración del RELAC

Localización de la planta de fabricación del LR RELAC

El LR RELAC fue elaborado en la planta de fabricación de alimento animal desarrollada en la UEB Derivados, ubicada próxima al CAI Manuel Fajardo, en Quivicán, instalaciones que pertenecen a la Empresa AZCUBA. Esta planta ofrece la infraestructura mínima necesaria para la fabricación del RELAC de modo que pueda satisfacer las necesidades de este alimento para el ternero en la etapa predestete con buenos resultados. De esta forma, se produce un ahorro de leche para otros destinos, así como ahorro de importaciones de leche en polvo y de lactoreemplazante foráneos.

Procedimiento y proceso de mezclado del LR RELAC

El sustituto lechero se elaboró a partir de la fórmula descrita en la (tabla 1) en este caso la levadura utilizada, (en igual nivel de incorporación), fue la levadura torula (*C. utilis*) crecida sobre vinazas.

Tabla 1. *Componentes del RELAC*

Componentes	%
Levadura torula	57
Maíz molido	25
Azúcar	10
Sebo	5
Premezcla de vitaminas y minerales	3

El sebo procedente de mataderos de bovinos, de AZCUBA Quivicán, se fundió a fuego lento de forma rústica, previa limpieza y separación de los desechos sólidos.

Para conformar el producto se utilizó una mezcladora horizontal, a la cual se le incorporó el sebo lentamente, de forma manual ya que no se contaba con un dosificador. En esta, ya se encontraban mezclados la levadura torula (*C. utilis*) y el azúcar. Después se adicionó el resto de los ingredientes de la fórmula: el maíz y la premezcla de minerales-vitaminas. La mezcladora se mantuvo en marcha de forma automática, hasta lograr una mezcla homogénea por un tiempo de 10-15 minutos, este proceso es importante para garantizar que una vez terminada la mezcla al ser reconstituida, tenga una adecuada suspensión y el producto alcance la calidad deseada. Posteriormente se procedió a su ensacado.

Proceso de envasado del LR RELAC

Para mantener su vida útil y con esto su calidad, no se contó con envases multicapas que contienen nylon en su interior. Por lo que fue necesario envasar el sustituto lechero producido, en sacos nuevos de los que se destinan a envasar cemento que no poseían nylon en su interior.

Envío a la EPG "Camilo Cienfuegos"

Transporte

La transportación hacia la empresa donde se realizó el estudio de evaluación se efectuó en un camión con las mantas adecuadas para impedir posible ataque de vientos fuertes o lluvia.

Recibo

La EPG "Camilo Cienfuegos", además de lo indicado, cuenta con una nota, donde consta la razón social y ubicación del establecimiento solicitante; fórmula solicitada; especie y categoría de animales; ingredientes; responsable técnico de la elaboración de la fórmula.

Almacenamiento

El área de almacenamiento destinada para el LR RELAC estuvo bien delimitada y los sacos correctamente identificados. Se mantuvo una altura de 10-15 cm para evitar el contacto con el piso. Asimismo, el almacenamiento del RELAC en correspondencia con lo establecido por normas estuvo físicamente separado de los demás alimentos de la instalación y de otros productos terminados. Las instalaciones mantuvieron buen estado de conservación e higiene.

Procedimiento experimental

Indicadores físicos del producto terminado RELAC

Se ensayaron los referidos a la forma física y la presentación del producto en estudio. El mismo día en que se realizó la primera producción de RELAC se seleccionaron a cinco personas voluntarias que actuaron como panelistas para efectuar la evaluación de algunos indicadores físicos del producto terminado.

Clasificación:

Cada panelista anotó de acuerdo a su apreciación, las características del producto tal como se indica a continuación.

Forma: Muy fino, fino, medianamente fino

Aspecto: Harinoso u otro apreciado

Color: Apreciado por observación

Olor: Por apreciación de olfato

Sabor: En correspondencia con le especie de destino (Terneros)

Solubilidad: Resultado de un test donde el LR se prepara al 10, 12, 14 % de sólidos totales (100, 120, 140 g/L).

Procedimiento para el análisis de laboratorio

Toma de muestras de los alimentos

A continuación, se indica el procedimiento seguido para la toma de muestras de los alimentos utilizados. Se particulariza en el muestreo *in situ* del Relac en el proceso de fabricación. El análisis de las muestras se realizó en la Unidad Central de Laboratorio (UCELAB) del Instituto de Ciencia Animal, ubicado en el Municipio de San José de las Lajas, provincia Mayabeque.

Muestreo del LR RELAC en la fábrica y en la empresa

Se tomaron seis muestras en el propio proceso fabril para los análisis iniciales del producto terminado previo al ensacado.

Las muestras del Relac en el transcurso del experimento fueron tomadas en tres momentos, en la empresa. Los muestreos se realizaron por calado, en 8 puntos del mismo saco por abrir, posteriormente se realizó un pool para los análisis químicos correspondientes, que se describieron en el capítulo de materiales y métodos generales, ya que las limitaciones de recursos no permitieron realizar los análisis independientes de las muestras en el laboratorio (10% de los sacos producidos).

Almacenamiento

Las muestras para el estudio, se almacenaron en frascos sellados, en un ambiente alejado de fuentes de emisión de calor y de condiciones de humedad a temperatura de 25 ºC en el laboratorio UCELAB para su análisis bromatológico primario, se realizaron análisis cada 60 días hasta el final del estudio de comportamiento productivo.

Análisis químico del RELAC

Métodos utilizados

Se determinó el contenido de materia seca (MS) (método 930.04), proteína bruta (PB) (método 955.04), extracto etéreo (EE), cenizas (Calcinación a 6000) y Fibra Bruta (FB) (método 920.39), descritos por la AOAC (2019). La fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), hemicelulosa y lignina se determinaron según Van Soest *et al.* (1991). Los microelementos luego de la mineralización de las muestras se determinaron en un Espectrómetro de Absorción Atómica WFX-100 (Rayleigh, China), según el Manual de Procedimientos (Rayleigh, 2015). La DIVMO (Kesting, 1970), se calculó la EM por fórmulas por los métodos establecidos de la AOAC (2016).

Análisis estadístico

Se calcularon los valores promedios, la media y la mediana de las variables (MS, C, MO, DMO*, PB, P, Ca, Mg, K, Fe, Mn, Zn) mediante el paquete estadístico Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2016)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la siguiente tabla se indican los resultados de la evaluación física del producto elaborado respecto a la forma física, el 60 por ciento de los panelistas la evaluaron de fino mientras que el resto de muy fino.

El aspecto harinoso del alimento tuvo esta clasificación en el ochenta por ciento de los panelistas. Mientras que en la coloración el cuarenta por ciento lo evaluaron de carmelita y el sesenta por ciento de beige.

Si tenemos en cuenta lo indicado por Plaza, (1996) estas características pudieran estar asociadas a la naturaleza de los ingredientes empleados a escala industrial en los que la levadura torula no estaba bien pulverizada y el molinaje del maíz al parecer no coincide con lo indicado por este autor.

Tanto el olor como el sabor se relacionan con los panelistas, donde el ochenta por ciento declararon un olor sui generis a levadura torula y en el sabor el sesenta por ciento refiere sabor con similar definición.

La solubilidad fue catalogada de poco soluble (ochenta por ciento) e indefinido el 20 por ciento. Los trabajos relativos a estos alimentos desarrollados por Chongo, (2001) coinciden con estos resultados.

Tabla 2. Indicadores de la forma física y la presentación del producto en estudio

Indicadores Físicos	Panelistas					
	1	2	3	4	5	% de Coincidencia
Forma	Fino	Fino	Muy fino	Fino	Muy fino	Fino 60% Muy fino 40%
Aspecto	Harinoso	Harinoso	Harinoso	Harinoso	otro	Harinoso 80 %
Color	Carmelita claro	Beige	Beige	Carmelita claro	Beige	Carmelita Claro 40% Beige 60%
Olor	Indefinido	Parecido a la torula y algo de sebo	Como torula y sebo	Entre torula y sebo	Propio de torula mezclada	Olor relacionado con la torula 80%
Sabor	Dulzón grasiento	Sabor a torula	Sobresale la torula mezclada	Parecido a la torula y algo más	Aceptable para la especie	Sabor relacionado con la torula 60%
Solubilidad	Más o menos soluble	Parcialmente soluble	Poco soluble	Poco soluble	Poco soluble	Poco soluble 80% Indefinido 20%

En la tabla 3 se indican la composición química del producto terminado resultados con valores similares a los otros lactoreemplazantes nacionales. En trabajos realizados por Plaza e Ybalmea (1994-2015) en diferentes experimentos reportaron resultados similares en la composición química de este alimento. Sin embargo, la literatura al alcance no muestra la composición de Calcio y Fósforo.

La digestibilidad de la materia orgánica, es baja si se compara con la de los lactoreemplazantes de fabricación internacional (Codex alimentario 2018), mientras que se corresponde con los reportados por Chongo *et al.*, (2001) al utilizarse fuentes no convencionales en su elaboración.

Tabla 3. *Composición química del lactoreemplazante RELAC*

Estadígrafos / Variables %	Media	DE	CV	Min	Max	Mediana
MS	89.37	0.21	0.23	89.05	89.69	89.43
C	5.45	0.22	4.03	5.13	5.72	5.47
MO	83.91	0.31	0.37	83.60	84.56	83.82
DMO*	74.43	0.28	0.37	74.15	75.00	74.35
PB	17.28	0.34	1.95	16.95	17.87	17.20
P	0.84	0.09	10.63	0.62	0.89	0.87
Ca	0.53	0.22	42.12	0.19	0.86	0.55
Mg	0.07	0.02	24.73	0.03	0.08	0.07
K	0.43	0.09	20.65	0.25	0.49	0.47
Fe	0.34	0.14	42.30	0.04	0.56	0.37
Mn	0.29	0.03	9.75	0.23	0.32	0.29
Zn	0.11	0.03	26.77	0.04	0.13	0.12

**Calculada a partir de la ecuación informada por Chongo et al., 2001*

Los sustitutos lecheros por sus riquezas nutricionales son las más importantes fuentes de proteína y energía y simulan a la leche natural (Moreno, 2004).

Un buen sustituto debe tener un 25 % de proteínas, 15% de grasas, 53% de carbohidratos y un 7% de cenizas, deben ser solubles en agua, ansiosamente consumidos por los terneros, poseer una digestibilidad alrededor de un 90 – 95 %, un adecuado contenido de aminoácidos esenciales y no tener efecto adverso para el crecimiento y la tasa de conversión (Mella y González, 2015), resultados similares fueron reportado por (Reyes-Otero, 2017).

Los sistemas de crianza más comunes son convencional e intensivo. El primero utiliza sustitutos con contenidos de proteína bruta entre 20 a 22% y 15 a 20% de grasa, reconstituidos al 12,5% de sólidos. En el sistema intensivo, se emplean sustitutos con al menos 25% de proteína y contenido de grasa similar al convencional, donde se alcanzan niveles de sólidos entre 12,5 y 17,5% (Raeth *et al.,* 2009)

El aumento del contenido de proteína en los sustitutos desde 16% hasta 26%, ajustado a la vez la relación proteína:energía, se ha traducido en un incremento lineal de la tasa de crecimiento de los animales (Blome *et al.*, 2003). Los resultados obtenidos en el presente trabajo están en el rango indicado por este autor.

Los sustitutos de leche ofrecen ventajas sobre la leche entera, ya que pueden incluir probióticos que benefician la salud del animal y tienen un precio más bajo en comparación con la leche entera (Araujo y Rurick, 2017).

Se debe considerar que los factores más relevantes que afectan el costo y la calidad de los sustitutos lácteos, son el nivel y la fuente de proteína que se utiliza en su formulación. Por lo tanto, a un mayor contenido de proteína de buena

calidad, mayor será el costo que exhiba el sustituto (Mella y González, 2015) siempre que los resultados productivos no lo respalden. Sobre esto, (Pineda y Valiente 2019) plantean que el uso de sustitutos lácteos beneficia el crecimiento y desarrollo de los terneros al presentar indicadores financieros rentables, pudiendo utilizarse hasta el destete.

CONCLUSIONES

Las características físico-químicas del LR RELAC indicaron resultados similares con respecto a otros lactoreemplazantes de producción nacional.

BIBLIOGRAFÍA

AOAC (Association of Official Analytical Chemists). (2019). Cap. 4: Animal Feed, Vol. 1. Official Methods of Analysis of AOAC International. 21th Ed. Latimer Jr, G.W. (ed). Ed. AOAC International, Rockville M.D, USA, ISBN: 9780935584899

Araujo, S. B., Y Rurick, B. G. (2017). Evaluación del sistema de crianza intensivo de terneras con leche entera y el sistema convencional con lactoreemplazador [Tesis de Grado]. Escuela Agrícola panamericana «Zamorano».

Blome R. M., Drackley, J. K., Mckeith, F. K., Hutjens M. F and. Mccoy. G. C. (2003). Growth, nutrient utilization, and body composition of dairy calves fed milk replacers containing different amounts of protein. J. Anim. Sci. 81(6): 1641-1655.

Chongo, B. (2001). Crianza del ternero. Conferencia 3 del curso "Cría, manejo y explotación de bovinos en el trópico. Diplomado Estrategias de alimentación de bovinos en el trópico. Ediciones Tantakin. FIRA México.

Chongo, B. and Suau, E. (1983). Digestibility of nutrients in calves fed different levels of torula yeast (Torulopsis utilis) in the milk. Cuban J. Agric. Sci. 17:137.

Codex alimentarius, FAO. (2018). [En línea]. Available: http://www.fao.org/fao-whocodexalimentarius/about-codex/es/.

Di Rienzo, J.A., Casanoves, F., Balzarini, M.G., González, L., Tablada, M. & Robledo, C.W. (2016). InfoStat version 2016 [Windows]. Grupo InfoStat, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Available: http://www.infostat.com.ar.

FAO. (2019). El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2019. Protegerse frente a la desaceleración y el debilitamiento de la economía. Roma. ISBN:978-92-5-131600-9.

Guevara-Rodríguez, CA; Rodríguez-Domínguez, V; Rodríguez-Medina, A; Rodríguez-Acosta, L. (2012). Validación del uso de la levadura (C. utilis NRRL Y-600), en la fabricación de los sustitutos lecheros ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar, vol. 46, núm. 3, septiembre-diciembre, 2012, pp. 45-51 Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar Ciudad de La Habana, Cub. ISSN: 0138-6204

Kesting, V. (1977). Sektion Tiavevnagrung Vortragstagung der Gesellschaff Fur Ernahungdder. DDR. p. 306

Mella C, González H, (2015). Crianza artificial de hembras de reemplazo: sustitutos vs leche entera. Departamento de Producción Animal, Universidad de Chile.

Moreno, J. (2004). Bases fisiológicas y nutricionales que apoyan las formulaciones actuales de sustitutos lecheros. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad Pontífica Católica de Chile. Disponible: http://www.puc.cl

Pineda, V; Valiente, O. (2019). Efecto de la suplementación sobre el peso del ternero y la preñez y condición corporal de vacas del Bajo Chaco Paraguayo (en línea). Revista Veterinaria 30(2):46-51. Disponible en https://revistas.unne.edu.ar/index.php/vet/article/viewFile/4134/3771

Plaza J., Ybalmea R y Martínez Y. (2009). Manejo del alimento fibroso en la alimentación de terneras de reposición. Rev. Cubana Cienc. Agríc. 43:19

Plaza, J. Ybalmea, R. (2008). Efecto de la leche entera y los reemplazadores lecheros en el comportamiento de terneras de reposición. Rev. Cubana Cien. Agric.42:04.

Plaza, J.; Hernández, J.L (1996). Reemplazadores lecheros para terneros. 3. Utilización del Sebo bovino. Rev. Cubana Ciencia. Agrícola.30:3

Raeth, M., Chester, H., Hayes, J., LinnJ., Larson, D., Ziegler, B and Broadwater N. (2009). Impact of conventional or intensive milk replacer programs on Holstein heifer performance through six month of age and during first lactation. J. Dairy Sci. 92:799-809.

Rayleigh. (2015). Manual de Procedimientos Rayleigh WFX-210. Beijing Beifen-Ruili Analytical Instrument (Group) Co., Ltd, Bejing, China.

Reyes-Otero, J. E. M. (2017). Uso de pasta de algodón (Gossypium barbadense L.) de bajo nivel de gosipol en la alimentación de terneras Holstein [Tesis Maestría, Universidad Agraria La Molina]. https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/2888/L02-R496-T.pdf?sequence=1 YisAllowed=y

Van Soest, P.J., Robertson, J.B. y Lewis, B. (1991). Methods for dietary fiber, neutral, detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. J. Dairy Sci. 74:3583-3597. DOI: 10.3168/jds. S0022-0302(91)78551-2.



PAS-54. Torta de sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L) tratada por métodos físico-químicos para su uso como alimento animal alternativo

Sacha inchi cake (*Plukenetia volubilis* L) treated by physicochemical methods for its use as an alternative animal feed

D. Sanabria Rodríguez[1]; Y. García Hernández[1]; M. Martínez Pérez[1]; L. Pérez Ortega[1]; I. Fiallo Pérez[1]; D. Herrera Varela[1]; S. K. Hernández Lemus[1]; N. Albelo Dorta[1]; G. González Mora[2]; J. C. Dustet Mendoza[2]*

[1]Instituto de Ciencia Animal (ICA). Carretera Central km 47 ½ San José de las Lajas, C.P. 32700, Apartado Postal 24, Mayabeque, Cuba.

[2]Universidad Tecnológica de La Habana "José Antonio Echeverría" (CUJAE), Facultad de Ingeniería Química. Ave. 114, No. 11901, entre Ciclovía y Rotonda, Marianao, La Habana, Cuba

[*]Correspondencia a: danielasr078@gmail.com

RESUMEN

Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L) cake is a valuable source of protein, thanks to its nutritional and functional characteristics that can enrich other foods. However, its composition also includes dietary fiber and secondary metabolites, which limits its use. Therefore, the objective of this work was to determine the chemical composition of sacha inchi cake subjected to physical-chemical treatments. For this, the solutions with acetic acid and sodium bicarbonate were used. The indicators such as moisture content, ash, crude protein, ethereal extract, crude fiber and nitrogen-free extract were evaluated. These indicators varied depending on the treatment applied, except the protein content. Among the solutions used, sodium bicarbonate proved to be the most effective in treating the cake, where the crude fiber content is reduced and the fat content in sacha inchi cake is improved.

Palabras clave: *producción animal, maní del inca, composición química*

Keywords: *animal production, Inca peanut, chemical composition*

INTRODUCCIÓN

Las tortas de oleaginosas y plantas proteicas constituyen una fuente alternativa de nutrientes, cuyo aprovechamiento en el sector agropecuario incrementa de forma continua. Esto se debe a que su empleo en la alimentación animal contribuye a la sustitución de importaciones, reduce la competitividad con la alimentación humana y preserva el medio ambiente (Arrutia et al., 2020).

En el caso de sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L), la planta se introdujo en Cuba en el año 2015 y a partir de ahí comenzó su desarrollo y procesamiento para la extracción de aceite. Se debe resaltar que es una oleaginosa que pertenece a la familia de las *Euphorbiaceae* y proviene de las selvas tropicales peruanas (Follegatti-Romero et al., 2009). Sus frutos son en forma de estrellas con un número variable de lóbulos. Las semillas son de color marrón oscuro, ovaladas y contienen alrededor del 54 % de aceite y 60 % de proteínas (González et al., 2022). El aceite de estas semillas se extrae con fines farmacéuticos y para la industria cosmética, generándose la torta como subproducto del proceso (Gomes et al., 2021).

En la investigación de Scull et al. (2022), se caracterizó la torta de sacha inchi, a partir de las semillas cosechadas en el Occidente de Cuba, y posteriormente procesadas en el Centro de Investigaciones de Plantas Proteicas (CIPB). Los autores informaron que esta torta residual presentó elevado contenido de proteína bruta (54,41 %), moderados de fibra (FDN=30,97 % y FDA=11,84 %) y adecuados de cenizas (5,05 %), lo que indica su gran valor nutricional como alimento alternativo. Sin embargo, aún es limitado su uso en los sistemas ganaderos a causa de la presencia de metabolitos secundarios y fibra dietética, los que se pudieran reducir o eliminar al aplicar tratamientos físicos, químicos y biológicos o sus combinaciones y a la par estimular la salud intestinal de los animales, dependiendo de la concentración en que se encuentren.

Recientemente, Hernández (2024) estudió la composición nutricional de la torta de sacha inchi tratada por métodos físicos y demostró que el remojo, la cocción y el tostado influyeron en la composición química de la torta, excepto en el contenido de proteína. Además, se encontró que con el tostado se redujo cualitativamente la presencia de saponinas y los grupos α aminos, lo que pudiera ser beneficioso para su inclusión en la alimentación de animales monogástricos. Sin embargo, la combinación de métodos físicos y químicos pudiera tener una mayor incidencia en el mejoramiento del valor nutricional de la torta de sacha inchi. De ahí que, el objetivo del presente trabajo fue determinar la composición química de la torta de sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L) tratada por métodos físico-químicos para su uso como alimento animal alternativo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el Instituto de Ciencia Animal (ICA), municipio de San José de las Lajas, provincia Mayabeque, Cuba. Este centro se encuentra ubicado entre los 22º 53 LN y los 82º 02 LO y a 80 m.s.n.m.

Obtención de la torta de sacha inchi. La torta de sacha inchi utilizada en la experimentación se obtuvo de semillas cosechadas en la provincia Mayabeque (Cuba), con un intervalo de tiempo siembra-cosecha de siete meses. Estas se procesaron en el Centro de Investigaciones en Plantas Proteicas y Productos Bionaturales mediante el método de extracción de aceite por prensado en frío, con la utilización de una prensa cilindro extractora. Se empleó el PNO: PO.III.49 establecido en la planta de procesamiento. La torta residual se almacenó en sacos, separados del suelo por pallets, en cuarto refrigerado y debidamente identificados hasta el momento de la toma de muestras.

Toma de muestras de la torta. Para conformar las muestras de la determinación de la composición química de la torta, se esparció el contenido del saco sobre una superficie limpia y plana. Se tomaron las muestras de aproximadamente 1 kg, que incluyeron el contenido de las cuatro esquinas y el centro de la superficie. Las mismas se entregaron a la Unidad Central de Laboratorios del Instituto de Ciencia Animal (UCELAB) para su posterior procesamiento.

Diseño y tratamientos experimentales. Se utilizó diseño completamente aleatorizado con tres tratamientos y cuatro repeticiones por tratamiento. Los tratamientos experimentales consistieron en: 1) Control (torta sin procesar); 2) Solución de ácido acético anhidro a razón de 200 mL/L y pH=3,0; 3) Solución de bicarbonato de sodio (NaHCO3) al 0,2 % y pH=8,6

Procedimiento experimental. Se pesaron cuatro muestras de 200 g cada una, por tratamiento, y se colocaron en erlenmeyers de 1 000 mL de capacidad. Según el tratamiento experimental, las muestras se remojaron en las soluciones antes mencionadas por 24 h, en una relación 1:4 (p:v). Transcurrido este tiempo, se lavaron con agua, se cocieron después de la ebullición por 30 min y se lavaron nuevamente con agua. Posteriormente, se secaron en estufa a 60 °C por 48 h, se molieron en molino de martillos y se conservaron hasta su análisis químico.

Determinación de la composición química. Los indicadores porcentaje de humedad, cenizas, proteína bruta, fibra bruta, extracto etéreo y extracto libre de nitrógeno se determinaron en un Espectrofotómetro de Reflectancia en el Infrarrojo Cercano en el rango de longitud de onda de 700-2500 nm. Se utilizó el equipo NIRS VIS BUHLER adaptado a un software quimiométrico BCAP Versión 6.0 (Buhler Chemical Analytic Package).

Análisis estadístico. Los datos experimentales se procesaron con el programa estadístico INFOSTAT (Di Rienzo et al., 2012). Se realizó un análisis de varianza y los valores medios se compararon mediante la dócima de Duncan (1955) para $p<0,05$, en los casos necesarios.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 1 se muestra la composición química de la torta de Sacha inchi tras someterse a los diferentes métodos físico-químicos en estudio. Los indicadores, excepto la proteína bruta, difirieron entre los tratamientos que se emplearon y el control. La humedad fue menor con el ácido acético respecto al control y el tratamiento con bicarbonato de sodio. Los valores de humedad obtenidos son adecuados dado que es importante considerar que un alto contenido de humedad en la torta (mayor que 10 %) propicia el deterioro por parte de microorganismos y, por ende, a la disminución de su calidad y valor nutricional (Sánchez et al., 2020).

Tabla 1. *Composición química de la torta de Sacha inchi procesada por métodos físico-químicos*

Indicadores (%)	Tratamientos			EE±	p-valor
	Control	Ácido acético	Bicarbonato de sodio		
Humedad	9,01[a]	8,21[b]	8,84[a]	0,09	0,0002
Cenizas	4,01[b]	2,99[c]	4,18[a]	0,23	0,0077
Proteína bruta	45,71	46,73	48,28	0,72	0,0708
Fibra bruta	5,17[b]	5,63[a]	4,50[c]	0,12	0,0002
Extracto etéreo	24,03[b]	27,28[a]	28,43[a]	0,83	0,0065
Extracto libre de nitrógeno	1,28[b]	2,30[a]	1,00[b]	0,26	0,0118

[a,b,c]Por fila, medias distintas difieren a $p<0,05$ (Duncan 1955)

El contenido de cenizas que representa la composición de minerales en la torta, fue similar entre el control y el bicarbonato de sodio e inferior para el ácido acético. Rakita et al. (2023) reportaron valores del indicador para diferentes oleaginosas entre 4,2 a 8,1 %, por lo que es muy probable que ocurra un proceso de lixiviación de muchos minerales al aplicar los lavados y la cocción posterior a los tratamientos químicos.

La proteína bruta no difirió entre tratamientos, similar al efecto que observó Hernández (2024) al aplicar procedimientos físicos. Los valores de la presente investigación se consideran elevados si se comparan con la soya (42 %) según datos de Terrien (2017). Asimismo, son inferiores al 54,41 % que informó Scull et al. (2022). Las diferencias pudieran estar relacionadas con la época de cosecha y la región donde se obtuvieron. A diferencia de estos autores quienes adquirieron la torta en el segundo semestre del año 2020 de la provincia Pinar del Río, en el presente experimento se trabajó con la semilla procesada proveniente de la provincia Mayabeque, cosechada en el mes de mayo de 2023.



Por otra parte, el contenido de proteína bruta que se obtuvo fue superior al informado por Alcívar et al. (2020) en la torta de Sacha inchi que se obtuvo en Ecuador (41,49 %). En este caso, los autores utilizaron el método de extracción de aceite por prensa cilindro extractora a altas temperaturas a diferencia del que emplea el CIPB que se realizó en frío. Lo anterior contradice lo expresado por Mannucci et al. (2019) sobre la disminución del contenido de proteína de las tortas que se extraen en frío, en comparación con los procesamientos que emplean altas temperaturas, donde las concentraciones suelen ser superiores. Es posible que las diferentes condiciones edafoclimáticas del cultivo de las plantas entre ambos países, hayan influido en los niveles de proteína de cada torta.

La reducción del contenido de fibra bruta con la solución de bicarbonato de sodio en relación con el resto de los tratamientos es beneficiosa para poder incluir la torta de sacha inchi en la alimentación de animales monogástricos. Se conoce que la pared celular que presentan las células vegetales, en esencia, está constituida por hemicelulosa, lignina y celulosa. Estas estructuras le brindan soporte, rigidez y fortaleza a la planta (Savón, 2005), así como menor porcentaje de digestibilidad.

El indicador extracto etéreo fue alto para todos los tratamientos ya que se ha reportado que la torta de Sacha inchi presenta valores del indicador que se encuentran en el rango de 4,79 a 7,03 % (Rodríguez et al., 2018). La variación en el contenido de grasa se puede atribuir a la variedad, condiciones climáticas, al proceso de extracción de aceite, así como al método que se emplea en la modificación de sus características químicas. Sin embargo, en el presente estudio las tortas tratadas tanto con ácido como bicarbonato tuvieron las mayores concentraciones, lo que probablemente incida en buen contenido energético en la torta resultante.

La fracción extracto libre de nitrógeno representa la cantidad de carbohidratos de la torta de sacha inchi. Los mayores valores se obtuvieron con el tratamiento ácido, sin diferencias entre los restantes. No obstante, todos se consideran altos, lo que se diferencia de lo reportado por Rodríguez-Roque et al. (2021). Estos autores expresan, que sus concentraciones dependen del tipo de oleaginosa.

En la presente investigación, las semillas de sacha inchi se sometieron a un proceso de extracción de aceite mediante el método de prensado en cilindro en frío. Durante el mismo las estructuras celulares de las semillas se rompieron y permeabilizaron, lo que provocó que posteriormente al momento de aplicar los tratamientos químicos dicha estructura se encontrase debilitada. Al menos dos mecanismos pudieron estar incidiendo en el resultado: shock osmótico producto del remojo en estas soluciones durante un periodo de tiempo prolongado, lo que afecta la región amorfa (más accesible) de la pared celular. También, la descomposición térmica o pirólisis por el posterior procesamiento de cocción (Maldonado, 2017).

De forma general, los resultados muestran que los tratamientos físico-químicos aplicados afectan la composición química de la torta de sacha inchi. Ambos mejoran el contenido de carbohidratos, mientras que la solución de bicarbonato de sodio redujo la fibra bruta en 0.67 y 1.13 unidades porcentuales, en relación al control y el tratamiento con ácido acético, respectivamente.

CONCLUSIONES

La composición química de la torta de sacha inchi se modifica con el uso de ácido acético y bicarbonato de sodio.

El bicarbonato de sodio reduce el contenido de fibra bruta e incrementa el de grasa en la torta de sacha inchi.

BIBLIOGRAFÍA

Alcívar, J. L., Martínez, M., Lezcano, P., Scull, I., Valverde, A. 2020. Nota técnica sobre la composición físico-química de la torta de Sacha inchi (*Plukenetia volubilis*). Cuban Journal of Agricultural Science, 54 (1), 19-23.

Arrutia, F., Binnera, E., Williams, P., Waldron, K. W. 2020. Oilseeds beyond oil: Press cakes and meals supplying global protein requirements. Trends in Food Science & Technology. 100: 88–102. DOI: 10.1016/j.tifs.2020.03.044

Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., Gonzalez, L., Tablada, M., Robledo, C. W. 2012. InfoStat [en línea]. Argentina, Universidad Nacional de Córdoba. Disponible: http://www.infostat.com.ar [Consulta: 01 abril 2024].

Duncan, D. B. 1955. Multiple Range and Multiple F Tests. Biometrics [en línea]. 11 (1), 1-42. Disponible: https://doi.org/10.2307/3001478

Follegatti-Romero LA, Piantino CR, Grimaldi R, Cabral FA. Supercritical CO2 extraction of omega-3 rich oil from Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) seeds. Journal of Supercritical Fluids. 49:323-29.

Gomes, A., da Silva, D. C., Bertoldo, M. T., Franco, Y. M. & Mattar, B. A. 2021. Oilseed by-products as plant-based protein sources: Amino acid profile and digestibility. Future Foods. 3: 1-7. DOI: 10.1016/j.fufo.2021.100023

González, L., Rodríguez, E. A., Vicente, R., González, V., Díaz, Y. 2009. Caracterización preliminar del aceite de Plukenetia volubilis L. (Sacha Inchi) cultivada en Cuba. Revista Cubana de Plantas Medicinales, 27(1)

Herrera, J. 1976. Estudio bioclimático del Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba: Boletín técnico. Ediciones ICA.

Maldonado, H. 2017. Simulación de pirólisis de estípite de palma africana Deli x AVROS empleando SuperPro Designer(R). Tesis de Diploma. Guatemala, Universidad del Valle de Guatemala. h. 58.

Mannucci, A., Castagna, A., Santin, M., Serra, A., Mele, M. y Ranieri, A. (2019). Quality of flaxseed oil cake under diferent storage conditions. LWT [en línea]. 104, 84-90. Disponible en: <DOI: 10.1016/j.lwt.2019.01.035>

PNO: PO.III.49. Procedimiento de prensado para la extracción de aceite de las semillas de Sacha inchi. Centro de investigaciones en plantas proteicas y productos bionaturales. La Habana, Cuba. 3p. Química, reología, textura y aceptabilidad. Scientia Agropecuaria [en línea]. 9 (2), 199 - 208. Disponible en: https://www.10.17268/sci.agropecu.2018.02.04

Rakita, S., Kokic, B., Manoni, M., Mazzoleni, S., Lin, P., Luciano, A., Ottoboni, M., Cheli, F. y Pinotti, L. (2023). Cold-Pressed Oilseed Cakes as Alternative and Sustainable Feed Ingredients: A Review. Foods [en línea]. 12 (432). Disponible en: DOI: https://doi.org/10.3390/foods12030432

Rodríguez, G., Avellaneda, S., Pardo, R., Villanueva, E., Aguirre, E. 2018. Pan de molde enriquecido con torta extruida de Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.): 17

Rodríguez-Roque, M. J., Sánchez-Vega, R., Pérez-Leal, R., Soto-Caballero, M. C., Salas-Salazar, N. A., Flores-Córdova, M. A. 2021. By-Products from Oilseed Processing and Their Potential Applications. Capítulo 9. Oil and Oilseed Processing: Opportunities and Challenges, First Edition. Editado por Tomás Lafarga, Gloria Bobo, y Ingrid Aguiló-Aguayo. Publicado por John Wiley & Sons Ltd. p. 183-201

Sánchez, A., Gómez-Guerrero, B., Billiris, A. 2020. Almacenamiento de arroz: influencia en la inocuidad del grano. Revista del Laboratorio tecnológico del Uruguay (INNOTEC). 19, 109-124. Disponible: https://doi.org/10.26461/19.08

Savón, L. 2005. Alimentos fibrosos tropicales y su efecto en la fisiología digestiva de especies monogástricas. Revista cubana Ciencia Agrícola, 39 (número especial), 475.

Scull, I., García, Y., Ortega, D., Albelo, N., Sosa, D., Valiño, E. C., García, Y. 2022. Chemical characterization of *Plukenetia volubilis* (Sacha inchi) cake cultivated in Cuba. Technical note. Cuban Journal of Agricultural Science, 56 (4). Disponible: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=653774895008 [Consulta: 08 febrero 2025]

Terrien, C. 2017. Available preotein substitutes. Meat analogs [en línea]. Chile, Universidad de Chile. Disponible: https://doi.org/10.1016/B978-1-78548-248-9.50003-0 [Consulta: 05 febrero 2025]



PAS-55. Criterios estadísticos para el análisis de investigaciones dedicadas a la producción de alimentos

Statistical criteria for the analysis of research dedicated to food production

M. Herrera Villafranca[*], *I. Rodríguez García, Y. Medina Mesa, M. Torres Martínez, Y. García Avila y Verena Torres Cárdenas*

Instituto de Ciencia Animal, Apartado Postal 24, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

[*]Correspondencia a: mvillafranca@ica.edu.cu, magalyherreravillafranca66@gmail.com

ABSTRACT

Different statistical criteria for the analysis of research dedicated to food production. An experiment conducted at the Miguel Sistachs Experimental Station at the Institute of Animal Science's Pasture Department was used. The cutting height and stem number of Tithonia diversifolia (Hemsl.) Gray were evaluated over a two-year period. Three experimental treatments were used: 25 t/ha/year of cured cattle manure + Mycorrhizae; Complete Formula + Mycorrhizae; and 12.5 t/ha/year of cattle manure + Mycorrhizae, as well as an absolute control. Different statistical criteria were used in the analysis, including Pearson's correlation and Mauchly's statistic. The theoretical assumptions of Analysis of Variance, normality of residuals, and homogeneity of variance were verified. However, all were not met, so the Generalized Linear Mixed Model was used. To determine whether the results were estimated correctly, the power of the test, the effect size, and the probability of a type I error were calculated. The interaction between treatments and cutoff times was significant. The power analysis indicated adequate rejection of the null hypothesis with values of 0.84 and 0.99. The effect sizes were 0.64 and 0.65, considered high. Statistical criteria allowed for the selection of the correct analysis method. A relationship was evident between the statistics: standard error, type I error, minimum difference, power of the test, and effect size.

Palabras clave*: estructura de covarianza, tamaño del efecto, potencia, pasto, thinonia*

Keywords: *covariance structure, effect size, power, grass, thinonia*

INTRODUCCIÓN

Existen diversos criterios o indicadores estadísticos que se utilizan para evaluar la calidad de los resultados de las investigaciones científicas. Sin embargo, en muchas ocasiones no se utilizan de manera adecuada, pues estos sirven para determinar cuál es el método estadístico a emplear para el análisis de los datos obtenidos de los resultados de las investigaciones. Entre estos indicadores se encuentran la potencia estadística, probabilidad de error tipo I o nivel de significación, tamaño del efecto, tamaño de muestras, entre otros. Autores como de Calzadilla *et al.,* (2002) y Vásquez (2011) se han dedicado a estudiar y determinar relaciones entre estos indicadores vinculados con el Análisis de Varianza.

Según Vargas-Rojas (2021) la función de potencia, se define como 1-β, y no es más que la probabilidad de tomar una decisión correcta sobre la hipótesis alternativa y es, realmente, de sumo valor determinarla en muchos casos. Guerra *et al.,* (2019) señalan que existen dos formas de estimar la potencia: la prefijada (a priori) y a posteriori. La primera le indica al investigador sobre el tamaño de muestra necesario para una potencia adecuada. La segunda, es importante en la interpretación de los resultados en estudios terminados.

En cuanto al tamaño del efecto, Cohen (1988) señala que este es un índice en una métrica común que indica la magnitud de una relación o efecto. Rendón-Macías *et al.*, (2021) plantean que estos índices comparan resultados entre dos o más grupos, de acuerdo con su escala de medición (cuantitativa o cualitativa) para que su interpretación sea clara y sencilla. El tamaño o magnitud del efecto se comprueba mostrando la lejanía de los promedios entre grupos, ajustado por su varianza, o bien, por la diferencia en las frecuencias absolutas o porcentuales. Los tamaños del efecto son interpretados como indicativos de la significación práctica de un resultado de investigación (VandenBos, 2015). Otros de los estadísticos que se relacionan son la probabilidad de error tipo I, mínima diferencia significativa entre tratamientos, así como el error estándar de las diferencias de medias, la combinación de todos podría mostrar la eficacia del empleo de los métodos aplicados.

En los resultados de las investigaciones es muy usual que se informe la probabilidad de error tipo I. Antúnez *et al.,* (2021) señalan que en el contexto de la actividad investigativa la prueba de significación de la hipótesis nula es el método inferencial inductivo más utilizado por excelencia en los informes. Sin embargo, no solo este estadístico evalúa el rechazo adecuado de la hipótesis nula, pues en mucho de los casos se cuestiona dichos resultados, al no informarse la potencia estadística, tamaño del efecto, como medidas complementarias a los resultados. En cuanto al tamaño de muestras Torres y Cobo (2015) señalan que a pesar de que este indicador resulta importante, pero en la actualidad no se dispone de trabajos sobre el tema, y no lo tratan con profundidad.

Por otra parte, cuando se utilizan los Modelos Lineales Mixtos se destacan otros indicadores estadísticos entre los que se proponen, conocer si los datos se encuentran correlacionados, el supuesto de esfericidad, la estructura de la matriz de covarianzas más adecuada, así como el cumplimiento de los supuestos, como complemento más integral al análisis.

Considerando lo expuesto con anterioridad se propone como objetivo proponer diferentes criterios estadísticos para el análisis de investigaciones dedicadas a la producción de alimentos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el análisis se utilizó un experimento perteneciente al departamento de Pastos y Forrajes colectados de la Estación Experimental Miguel Sistachs Naya, del Instituto de Ciencia Animal, ubicado en los 22°,81' de latitud Norte y 82°,01' longitud Oeste, en San José de las Lajas, en la provincia Mayabeque, Cuba. Se utilizó un análisis de varianza con medida repetida en el tiempo y para el estudio se seleccionaron las variables altura de la planta en metreo (m) y número de tallos de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray vc. ICACUBA Oc-10 procedente de los bancos de germoplasma de dicha institución. Se evaluó la respuesta a diferentes fuentes de fertilización durante dos años (2017-2018). La siembra se realizó a finales del periodo lluvioso (PLL) del año 2016. A los 60 días se efectuó un corte de homogeneidad y posteriormente se comenzaron las evaluaciones, con frecuencias de corte cada 70 días para el periodo lluvioso (PLL). Se seleccionaron los datos correspondientes a cuatro cortes efectuados en dicho periodo. En el experimento se utilizó un diseño de bloque al azar, con cuatro réplicas, relacionadas con la fertilidad del suelo. Se evaluaron cuatro tratamientos: un control absoluto y tres experimentales 25 t/ha/año de estiércol vacuno curado + Micorrizas, Fórmula completa +Micorrizas y 12.5 t/ha/año de estiércol vacuno curado + Micorrizas.

En el estudio se analizó la correlación de Pearson, el estadístico de Mauchly (1940) y se verificaron los supuestos teóricos del Análisis de Varianza, normalidad de los residuos mediante las dócimas de Shapiro-WilK (1965) y Kolmogorov-Smirnov (1967) y homogeneidad de varianza por Levene (1960).

Se comprobaron las estructuras de varianza-covarianza Toeplitz (Toep), componente de varianza (CV), simetría compuesta (CS), autorregresiva de orden 1 (AR [1]) y no estructurada (UN). Para seleccionar el modelo con la matriz de covarianza de mejor ajuste a los datos, se utilizaron los criterios de información [Akaike (AIC), Akaike corregido (AICC), Bayesiano (BIC)], Akaike Consistente (CAIC) e Información Hannan-Quinn (HQIC), para lo cual se consideró el valor más pequeño. Se empleó el Modelo Lineal Generalizado Mixto con ayuda del PROC MIXED. Las medias se compararon mediante la dócima de rango fijo Tuckey (1958).

La función del modelo:

$$Y_{ijkl} = \mu + t_i + C_j + \beta_k + (t*C)_{ij} + \beta(planta)_{kl} + e_{ijkl}$$

Donde:

Y_{ijkl}: Variable respuesta

μ: intercepto como efecto aleatorio

t_i: efecto del i-esimo tratamiento i=1….4

C_j: efecto del j-ésimo corte j= 1….4

β_k: efecto del k-ésimo bloque k= 1….4

$t*C_{ij}$: efecto del interacción tratamientos por cortes i=1….4; j= 1….4

$\beta(planta)_{kl}$: efecto del sujeto planta anidada dentro de bloque

e_{ijkl}: error aleatorio asociado al i-ésimo tratamiento, j-ésimo corte, k-ésimo bloque, i-ésima; j-ésima interacción (tratamiento*corte); planta anidada dentro de bloque con media 0 y varianza σ^2.

Para conocer si la estimación del modelo era correcta se consideró el cálculo de la potencia de la dócima (1-β), además, se tuvo en cuenta un nivel de significación (α) de 0.05, la cantidad de tratamientos, mínima diferencia entre tratamientos, repeticiones por tratamientos y varianza común entre tratamientos.

También se calculó el tamaño del efecto para medir el grado de ajuste del análisis, a partir de la siguiente fórmula:

$$R^2 = \frac{Sccto}{Scctotal}$$

Donde:

R^2: tamaño del efecto

Scctto: Suma de cuadrado corregida de tratamiento

Scc: Suma de cuadrado corregida total

El análisis de los datos se realizó en el paquete estadístico SAS Institute Inc. (2013), versión 9.3.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el análisis de la correlación de Pearson (tabla 1), se observaron valores entre 0.51 y 0.77, para la variable altura de la planta y en el caso de número de tallos esta se movió entre los valores 0.62 y 1.00. Aunque las mediciones no se realizaron sobre la misma planta, estas mostraron altas correlaciones entre los tiempos de corte, lo cual indica que, al realizar la siembra de las unidades experimentales en el mismo momento y parcela, y realizar posteriormente las mediciones estas podrían tener cierta influencia a la hora de realizar el corte en las diferentes fechas que se establecieron.

Además, la matriz de correlación, genera la sospecha que las mediciones de la altura sobre las unidades experimentales están relacionadas a través del tiempo de corte. También se observó que estas relaciones son más fuertes en las mediciones donde los tiempos son más cercanos y en la medida que estos aumentan van disminuyendo. Resultados que coinciden con los obtenidos por (Gómez, 2019), al realizar este análisis considerando diferentes momentos de muestreos, para la variable altura de la planta en T. diversifolia.

Tabla 1. *Correlación de Pearson de las variables altura de la planta y números de tallos en los diferentes cortes*

Variables	Cortes	1	2	3	4
Altura de la planta en m	1	1.00	-	-	-
	2	0.63	1.00	-	-
	3	0.61	0.77	1.00	-
	4	0.51	0.62	0.72	1.00
Número de tallos	1	1.00	-	-	-
	2	1.00	1.00	-	-
	3	0.62	0.65	1.00	-
	4	0.76	0.78	0.80	1.00

El estadístico de Mauchly mostró valores de significación de 0,000, el cual indica el incumplimiento de dicho supuesto, por lo que la matriz de varianza-covarianza no es esférica, y por ende existe heterogeneidad entre las matrices, por lo que se incumple el supuesto de matriz identidad (tabla 2). Este resultado corrobora que existe una correlación entre los cortes en los diferentes tratamientos.

Tabla 2. *Prueba de Mauchly para la variable altura de la planta y número de tallos*

Variables	Efecto inter sujetos	W de Mauchly	Aprox. Chi-cuadrado	gl	Sig.	Épsilon[b]		
						Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Límite inferior
Altura de la plata	Cortes	.773	61.113	5	.000	.086	.087	.333
Números de tallos		0.548	46,74	5	.000	.074	.076	.333

Según Kirk (1982) esta prueba parte de la estimación muestral de la matriz de varianza-covarianza poblacional. Además, cuando dicha matriz se aleja, significativamente, del supuesto de esfericidad, la prueba F presenta un sesgo positivo, aumentando la tasa de error de Tipo I lo que invalida las conclusiones derivadas del análisis univariado.

Los supuestos del ANOVA para las variables altura de la planta y números de tallos mostraron valores de probabilidad inferiores de 0.05, lo cual evidencia dicho incumplimiento (tabla 3). La falta de normalidad es un problema que afecta la estimación de la varianza del modelo y no se obtienen intervalos de confianza precisos del error experimental. Sin embargo, por el Teorema Central del Límite, la falta de normalidad tiene poca influencia en la prueba F de la tabla ANOVA y en las estimaciones puntuales de las medias y de las diferencias de medias de los tratamientos (Gómez, 2019).

Tabla 3. *Análisis de los supuestos teóricos para la variable altura de la planta(m) y número de tallos*

Supuestos / Variables	Dócimas			Signif.
	Normalidad	Signif.	Homogeneidad	
Altura de la planta	Shapiro- Wilk	p=0.0004	Levene	p=0.0002
	Kolmogorov-Smirnov	p=0.0100		
Número de tallos	Shapiro- Wilk	p=0.0001	Levene	p=0.0001
	Kolmogorov-Smirnov	p=0.0100		

La función de densidad normal o modelo de Gauss, permite aproximar el comportamiento estadístico de muchas variables continuas e incluso de algunas variables discretas (Hernández *et al.,* 2016). Sin embargo, en el análisis se observó que la variable altura que es de tipo continua incumplió con ambos supuestos teóricos, por lo que resulta importante conocerlos antes de decidir qué alternativa aplicar. En cuanto al incumplimiento de la homogeneidad de varianza Peña *et al.,* (2015) informan que, en la medida que se incrementa el tiempo mayor es la varianza, por ende, no hay homogeneidad, lo que evidencia que existe una variabilidad de los tratamientos entre los diferentes cortes. Según Meza (2021) la prueba de Levene constituye una de las pruebas más potentes para determinar la falta de homogeneidad de varianza, resultados que se corrobora en el análisis que se realizó. Cabe señalar que, este supuesto guarda estrecha relación con el de la matriz identidad.

En cuanto a los criterios de información estadísticos para la selección de varianza- covarianza (tabla 4), se observó que las TOEP, UN y CV, obtuvieron los criterios de información con los valores más pequeños (tabla 4). En el estudio se seleccionó la toeplitz, a partir de expuesto por Vallejo *et al., (*2010), quienes plantearon que las observaciones registradas desde un mismo sujeto, además de estar positiva y correlacionadas, presentan una matriz de varianza-covarianza entre las medidas repetidas. Por otra parte, (Littell *et al*., 2000) señalan que los análisis ponen de relieve que los criterios de información más más usados para elegir modelos con idéntica estructura de medias son el AIC y el BIC. Sin embargo, existen otras investigaciones que utilizan la integración de las estructuras para definir las más adecuada para su empleo en el análisis de los datos.

Tabla 4. *Resultados de la matriz de varianza covarianza para la altura de planta(m) y número de tallos*

Variables	Estructuras	Criterios de información				
		AIC	AICC	BIC	CAIC	HQIC
Altura de la planta	**Toeplitz**	623.24	624.22	644.15	665.15	627.32
	No estructurada	623.24	624.22	644.15	665.15	627.32
	Componentes de la varianza	623.24	624.22	644.15	665.15	627.32
	Simetría Compuesta	625.24	626.32	647.15	669.15	629.52
	Auto regresiva de orden 1	625.24	626.32	647.15	669.15	629.52
Número de tallos	**Toeplitz**	1798.06	1801.16	1814.28	1835.28	1798.89
	No estructurada	1798.06	1801.16	1814.28	1835.28	1798.89
	Componentes de la varianza	1798.06	1801.16	1814.28	1835.28	1798.89
	Simetría Compuesta	1800.06	1803.47	1817.06	1839.06	1800.93
	Auto regresiva de orden 1	1800.06	1803.47	1817.06	1839.06	1800.93

(AIC): Akaike, (AICC): Akaike corregido, (BIC): Bayesiano, (CAIC): Akaike Consistente y (HQIC): Información Hannan-Quinn

En el caso del criterio CAIC, este valor fue superior a los de AIC, AICC y BIC, lo que pudiera estar en correspondencia con el tamaño de muestra que se utilizó, en este caso el utilizado fue de 240 observaciones. Los criterios de información, según Vallejo *et al.* (2010) se pueden clasificar de acuerdo a sus propiedades asintóticas en dos criterios; eficientes donde se encuentran AIC o AICC y consistentes, que se identifican el BIC, CAIC y HQIC. Se dice que un criterio es eficiente si la discrepancia con el verdadero valor de los datos y el modelo especificado para aproximarlo disminuye conforme aumenta el tamaño de la muestra. A su vez, se dice que un criterio es consistente si la probabilidad de elegir el modelo correcto aumenta conforme lo hace el tamaño de muestra. La selección de la estructura de varianza-covarianza adecuada permitirá que se logre una mejor estimación de los resultados del análisis.

A partir del análisis de los criterios estadísticos evaluados con anterioridad se seleccionó como alternativa de análisis el Modelo Lineal Generalizado Mixto. Según Wang *et al.*, (2015) los datos que se miden en las investigaciones agrícolas no satisfacen las premisas de los modelos lineales generales, por lo que los Modelos Lineales Generalizados Mixtos proporcionan una vía de análisis que no requiere necesariamente distribución normal de las variables, al posibilitar que estas se puedan ajustar a una distribución de la familia exponencial.

El análisis mostró interacción significativa entre los tratamientos y el número de cortes, para ambas variables. En el caso de la altura se observó que el mejor comportamiento fue en los tratamientos con 25 t/ha/año de estiércol, Fórmula completa +Micorrizas y 12.5 t/ha/año de estiércol vacuno curado + Micorrizas. Las mayores alturas se obtuvieron en el primer corte en estos tratamientos, sin diferencias entre ellos; seguido por los dos primeros tratamientos del segundo corte y el control absoluto del primer corte (tabla 5).

Tabla 5. *Comparación de las medias GLIMMX para la altura de la planta (m) y número de tallos*

Variables	Cortes	Tratamientos				EE Signif,	TE (R^2 %)	1-β (%)
		25 t/ha/año de estiércol	Formula completa +Micorrizas	12.5 t/ha/año de estiércol vacuno curado + Micorrizas	Control absoluto			
Altura de la planta	1	0.99^{a} (2.69)	0.90^{ab} (2.47)	0.92^{ab} (2.50)	0.81^{b} (2.25)	±0,02 p=0,0006	64	0.99
	2	0.81^{b} (2.25)	0.82^{b} (2.26)	0.70^{c} (2.01)	0.70^{c} (2.02)			
	3	0.58^{de} (1.78)	0.56^{de} (1.76)	0.46^{e} (1.59)	0.50^{de} (1.65)			
	4	0.52^{de} (1.68)	0.55^{de} (1.73)	0.48^{de} (1.62)	0.52^{de} (1.67)			
Número de tallos	1	2.07^{fg} (7.89)	1.89^{g} (6.62)	1.97^{g} (7.16)	2.20^{ef} (9.06)	±0,09 p=0,0178	65	0.84
	2	2,67^{cd} (14.37)	2.47e (11.89)	2.51^{de} (12.25)	2,74^{c} (15.53)			
	3	2.96^{b} (19.28)	2.82bc (16.73)	2.79^{bc} (16.34)	2.75^{c} (15,59)			
	4	3.20^{a} (24.43)	3.15^{a} (23.42)	3.19^{a} (24.23)	3.16^{a} (23.48)			

^{abcde}: medias con letras diferentes difieren significativamente a p<0,05 Tukey (1956). (): datos entre paréntesis indica la estimación de las medias, a partir de la función de enlace log.

Por otra parte, cuando se analizó el número de tallos no fue así los mejores resultados se alcanzaron, en los tratamientos en el último corte. Además, se observó que los criterios estadísticos TE, probabilidad del error tipo I y potencia de la dócima presentaron resultados que indican que existe una relación entre ellos, como es el caso de que el error estándar mostró un valor de 0,02 y 0,09 considerado como valores pequeños. En cuanto la mínima diferencia entre tratamientos y cortes fue de 0.53 y 0,93 superior al error estándar. En el caso de la probabilidad de error tipo I fue mucho menor que 0.05, alta potencia y tamaño del efecto lo que evidencia la eficacia de dicho modelo para este tipo de investigación en el cual se logró una buena estimación para la evaluación de las variables en estudio.

El cálculo de la potencia de la dócima, a pesar de que se realizó a posteriori alcanzó valores entre 0,84 y 0.99 respectivamente, lo que indicó el rechazo adecuado de la hipótesis nula. Este resultado se asocia, con el tamaño de muestra que se utilizó para el estudio, además de que es un estadístico importante y que forma parte de la estimación de los resultados. Según Torres y Seguí (2001) el valor de la función de potencia permitiría a los especialistas conocer la verdadera precisión con que han trabajado y tomar las medidas pertinentes, tanto técnicas como económicas, para futuros trabajos. En este sentido, estos autores desarrollaron un procedimiento práctico que permitió conocer el valor de la función de potencia o probabilidad de aceptar la hipótesis alternativa cuando era cierta, dando la posibilidad a los investigadores de que el análisis de sus resultados sea confiable.

En cuanto al tamaño del efecto este fue de 0.64, por lo que se clasifican dentro de la escala de alto. Cohen (1988) señaló que este estadístico representa el grado en que un fenómeno está presente en la población o el grado en que

la hipótesis nula es falsa. En algunas investigaciones como la de Romo-Bacco *et al.,* (2022), en la evaluación de la actividad lechera, consideran un tamaño de efecto medio con un valor de 15%. Por otra parte, Rodríguez-Cala y González-Oliva (2017) realizaron una investigación para conocer el potencial alelopático de *T. diversifolia* en Cuba y encontraron un tamaño del efecto de 0.44.

Rendón-Macías *et al.*, (2021) plantean que este estadístico se comprueba mostrando la lejanía de los promedios entre grupos, ajustado por su varianza, o bien, por la diferencia en las frecuencias absolutas o porcentuales. Su cálculo permite interpretar las diferencias encontradas y compararlas de un estudio a otro independientemente de las variaciones de diseño o de las diferencias del tamaño muestral (Cárdenas y Arencibia, 2014). Cuando el TE se aleja de cero implica el rechazo de la hipótesis nula, por lo cual su magnitud crece junto con la potencia de la prueba de significación estadística que se esté empleando. A mayor TE, mayor poder, es decir, menor probabilidad de cometer un error de tipo II (Ledesma, 2008).

El análisis de estos criterios estadísticos dentro de las investigaciones permitirá obtener estimaciones más precisas y conocer el rechazo o aceptación de la hipótesis nula de manera correcta. Sin embargo, estos no son frecuentes que se informen dentro de los resultados de las investigaciones dedicadas a la producción de alimentos, lo cual constituyen un complemento estadístico para dicho análisis.

CONCLUSIONES

Los diferentes criterios estadísticos permitieron seleccionar el método de análisis correcto para el estudio. Además, se evidenció las relaciones que existen entre los indicadores estadísticos error estándar, error de tipo I, mínima diferencia, potencia de la dócima y tamaño del efecto analizado, por lo tanto, la integración de todos estos refuerza las estimaciones de los análisis de investigaciones dedicadas a la producción de alimentos.

BIBLIOGRAFÍA

Antúnez, P., Rubio, E.A. & Kleinn, C. 2021. Hypothesis testing in forestry, agriculture and ecology: Use and overuse of the 0.05 and 0.01. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios. 8(1), 1-5, ISSN: 2007-901X, DOI: https://doi.org/10.19136/era.a8n1.2616

Cárdenas, M. & Arancibia, H. 2014. Potencia estadística y cálculo del tamaño del efecto en G*Power: complementos a las pruebas de significación estadística y su aplicación en psicología. Salud & Sociedad, 5(2), 210-224, E-ISSN: 0718-7475.

Cohen, J. 1988. Statistical power analysis for the behavioral sciences. 2nd ed., New York, United States: Routledge, 590p., ISBN: 9780805802832, Disponible en: https://www.routledge.com/books/Statistical-power-analysis-for-the-behavioral-sciences, [Consultado: Agosto 8, 2022].

de Calzadilla, J., Guerra, W. & Torres, V. 2002. "Use and misuse of mathematical transformations. Applications in models of analysis of variance". Cuban Journal of Agricultural Science, 36 (2), 101–104, ISSN: 2079-3480.

Gómez, S. 2019. Contribución estadística para el análisis de medidas Repetidas en el tiempo en el sector agropecuario. Tesis en opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Veterinarias. pp. 9-143.

Guerra, W., Herrera M., Fernández, L. and Rodríguez, N. 2019. Categorical regression model for the analysis and interpretation of statistical power. Cuban Journal of Agricultural Science, 53(1), 13-20.

Hernández, J., García, X. & García, J.J. 2016. Factores de proporción y ecuaciones de diámetro normal a partir del tocón para Pinus greggii Engelm, INIFAP Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, https://www,researchgate,net/publication/311318601.

Ledesma, R. 2008. Tamaño del efecto: revisión teórica y aplicaciones con el sistema estadístico ViSta. Revista Latinoamericana de Psicología, 40(3), 425-439

Mauchly, J. 1940. Significance test of sphericity of a normal n-variate distribution. Annals of Mathematical Statistics, 29, 204-209.

Kirk, R. 1982. Experimental design: Procedures for the behavioral sciences. 2nd edition. Brooks Cole Publishing Company. California. pp. 911.

Kolmogorov-Smirnov and Lilliefors, Hubert. 1967. Test for normality with mean and variance unknown. Journal of the American Statistical Association 62, 318.

Levene, H. 1960. Robust tests for the equality of variance. Contributions to Probability and Statistics. Stanford University Press.

Meza, A. 2021. Alternative methods in presence of violation of assumptions in factorial experiment designs. Anales Científicos. 82(2), 318-335. Research article. http://dx.doi.org/10.21704/ac.v82i2.179.

Peña, J. A., Rosales, Y., Giampaolo O. 2015. Study of bacterial growth. Analysis approach repeated measures data. Rev Facultad Farmacia, 57(2), 8-17



Rendón-Macías, M.E, Zarco-Villavicencio, I. S, Villasís-Keever, M. Á. 2021. Statistical methods for effect size análisis. Revista Alergia, México, 68(2). versión On-line ISSN 2448-9190. https://doi.org/10.29262/ram.v658i2.949.

Rodríguez-Cala, Diana and González-Oliva, L. 2017. Testing the allelopathic effect of Tithonia diversifolia (Asteraceae) on a model species. Acta Botánica Cubana 216(3), 167-174. www.revistas.geotech.cu/index.php/abc

Romo-Bacco, C. E., Parga-Montoya, N., Valdivia-Flores, A. G., Carranza-Trinidad R. G., Montoya-Landeros, M. C., Llamas-Martínez, A. A., Aguilar-Romero, M. M. 2022. Perspectivas sobre la continuidad, calidad de leche y entorno en unidades de producción de leche en el estado de Aguascalientes, México. Rev Mex Cienc Pecu;13(2), 357-374 https://doi.org/10.22319/rmcp.v13i2.5744

SAS. 2013. Sistema de análisis estadístico. Universidad de Nebraska. Versión 9.3.

Shapiro, S. & Wilk, B. 1965. An analysis of variance test for normality (complete samples). Biometrika. 52(3/4), 591-611. doi:10.1093/biomet/52.3-4.591. JSTOR 2333709. MR 0205384. p. 593.

Torres, V., Seguí Y. 2001. Procedimiento práctico para la determinación de la función de potencia a posteriori. Revista Cubana de Ciencia Agrícola 35(4), 319-322. ISSN (Versión impresa): 0034-7485.

Tukey, J.W. 1958. Bias and confidence in not quite large samples. The Annals of Mathematical Statistics. 29(2):614-623. Available: doi:10.1214/aoms/1177706647. https://projecteuclid.org/euclid.aoms/1177706647

Vallejo, G., Arnau, J., Bono, R., Fernández, P. y Tuero, E. 2010. Selección de modelos anidados para datos longitudinales usando criterios de información y la estrategia de ajuste condicional. Psicothema, 22(2), 323-333.

VandenBos, G. 2015. APA Dictionary of Psychology (2nd ed.). Washington, United States: American Psychological Association.

Vargas-Rojas, J. C. 2021. Uniformity trials simulation to determine the statistical power in yield rice trials Jorge Claudio. Volumen 32(1):196-208. Enero-abril, e-ISSN 2215-3608, doi:10.15517/am. v 32i1.40870. https://www.revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso.

Vásquez, R. E. 2011. Contribución al tratamiento estadístico de datos con distribución Binomial en el Modelo de Análisis de Varianza. Tesis en la opción al grado de Doctor en Ciencias Agrícolas. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. Cuba

Wang, T., He, P., Ahn, K.W., Wang, X., Ghosh, S. & Laud, P. 2015. "A re-formulation of generalized linear mixed models to fit family data in genetic association studies".Frontiers in Genetics, 6: 120, ISSN: 1664-8021, DOI: https://doi.org/10.3389/fgene.2015.00120

PAS-56. Composición química del forraje de ajonjolí en tres edades de corte en el trópico seco de México

Chemical composition of sesame forage at three cutting ages in the dry tropics of Mexico

J. Alonso-Galeana[1]; E. J. Mireles-Martínez[1]; R. Rodríguez-Hernández[2]; L. Corona-Gochi[3]; A. García-Pérez[3]; A. Venancio-Enríquez[3]; J. L. Ávila-Pérez[1]; I. Jáuregui-Plata[1], R. Cuicas-Huerta[1]; N. Delgado-Arellano[1]; J.L. Ponce-Covarrubias[4]*

[1]Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia No. 1, Universidad Autónoma de Guerrero. Carretera Nacional Cd. Altamirano-Iguala Km 3, Col. Querenditas. C.P. 40610. Guerrero, México.

[2]Instituto de Ciencia Animal de Cuba. [3]Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México. [4]Escuela Superior de Medicina Veterinaria y Zootecnia No. 3, Universidad Autónoma de Guerrero.

[*]Correspondencia a: emirelesmartinez@gmail.com

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue comparar la composición química del forraje de ajonjolí (*Sesamum indicum*) en tres edades de corte en el trópico seco de México. El diseño experimental fue completamente aleatorizado y los tratamientos se conformaron con forraje de la planta completa de ajonjolí de 58 (A58), 65 (A65) y 72 (A72) días post siembra. Se analizaron ocho muestras por tratamiento para estimar la materia seca (MS), materia orgánica (MO), proteína bruta (PB), extracto etéreo (EE), fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente ácida (FDA), lignina (LIG), calcio (Ca) y fosforo (P). Los valore se verificaron mediante ANOVA y las medias se compararon con la docima de Duncan ($P<0.05$). El tratamiento A72 mostró el mayor contenido de MS, MO, EE, FDN, Ca y P ($P \leq 0.0293$), similar PB ($P = 0.8537$) y menor FDA ($P \leq 0.0001$), con intermedio contenido de LIG ($P < 0.0001$) comparado con los tratamientos A58 y A65. Por lo tanto, se concluye que la edad de corte de 72 días proporciona un mayor rendimiento de MS, MO, EE, Ca y P, con similar contenido de PB y menor FDA, ingredientes químicos con valor nutricional en la alimentación de rumiantes, lo que genera un interés prometedor de este forraje para su uso en esta especie. Sin embargo, es necesario realizar pruebas de comportamiento productivo para validar su correcta inclusión en las dietas.

Palabras claves: *planta, alimentación, rumiantes*.

ABSTRACT

The objective of this study was to compare the chemical composition of sesame forage (*Sesamum indicum*) at three cutting ages in the dry tropics of Mexico. The experimental design was completely randomized, and treatments consisted of whole plants sesame forage of 58 (A58), 65 (A65), and 72 (A72) days post-sowing. Eight samples per treatment were analyzed to estimate dry matter (DM), organic matter (OM), crude protein (CP), ether extract (EE), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), lignin (LIG), calcium (Ca), and phosphorus (P). The values were verified using ANOVA, and means were compared with Duncan's test ($P<0.05$). The A72 treatment showed the highest content of DM, OM, EE, NDF, Ca and P ($P \leq 0.0293$), BP similar ($P = 0.8537$) and ADF lower ($P < 0.0001$), with LIG content intermediate ($P < 0.0001$) compared to the A58 and A65 treatments. Therefore, it is concluded that a cutting age of 72 days provides a higher yield of DM, OM, EE, Ca and P with a CP content similar and ADF lower, which are chemical ingredients with nutritional value in ruminant feed, generating promising interest of this forage for use in this species. However, performance testing is needed to validate its correct including in diets.

Keywords: *plant feed, ruminants*

INTRODUCCIÓN

La mayoría de los pequeños productores de ganado bovino, ovino y caprino del trópico seco de México basan la alimentación de sus animales en el pastoreo de praderas extensivas con pastos nativos, debido al bajo costo que estos representan, sin embargo, estos recursos forrajeros son estrictamente estacionales y de variada calidad según su etapa fenológica, lo que dificulta tener suficiente disponibilidad y buena calidad de pastos durante todo el año. Esto provoca que en la época de estiaje se presente mayor número de animales con desnutrición e incluso muerte a causa de la subalimentación (Chalate et al., 2010). Con el interés de buscar alternativas ante esta problemática, recientemente se han realizado algunos trabajos con forraje de ajonjolí, asegurando cualidades nutritivas de interés para la alimentación de rumiantes, así como la ventaja de ser un cultivo tradicional en algunas regiones del trópico seco del país desde épocas pasadas (García y León, 2017; Mireles et al., 2019; García y Soto, 2020). Además de ser un cultivo que no compite con áreas agrícolas para otros cultivos como el maíz o sorgo, ya que se adapta a suelos más pobres y delgados donde estos cultivos no prosperan satisfactoriamente (Vázquez, 2017; Kabinda et al., 2022). Incluso, estratégicamente puede usarse como un cultivo de rotación para la fijación de nitrógeno en suelos ya deficientes. En otros países como Brasil, se han realizado algunos trabajos referentes a este cultivo (Amorim et al., 2019, 2020; Pereira et al., 2021; Carvalho et al., 2022), sin embargo, las condiciones ambientales y agronómicas propias del país, pueden influir en la

producción y composición química del forraje. En México, no existen trabajos referentes sobre los aspectos antes mencionados que sugieran una edad específica para un mejor aprovechamiento del forraje, sin sacrificar elementos de interés nutricional. Es por ello, que el objetivo del presente trabajo fue comparar la composición química del forraje de ajonjolí (*Sesamum indicum*) en tres atapas de corte en el trópico seco de México.

MATERIALES Y MÉTODOS

El cultivo se realizó el 3 de agosto del 2023 en una pradera experimental de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia No. 1 de la Universidad Autónoma de Guerrero ubicada a 18º 20' 30" LN y 100º 39' 18" LO con una altura promedio de 250 msnm. El diseño experimental utilizado fue completamente al azar. Los tratamientos se conformaron con forraje de la planta completa de ajonjolí de 58 (A58), 65 (A65) y 72 (A72) días post siembra. Se tomaron aleatoriamente 8 muestras por tratamiento. El muestreo se realizó manualmente utilizando un machete de vuelta a una altura de 10 cm para evitar una menor contaminación con material del suelo. Las muestras se pesaron inmediatamente, se picaron a un tamaño de partícula de 5 cm y se colocaron en una estufa de ventilación forzado hasta alcanzar el peso constante. Posteriormente, se trasladaron al laboratorio de Nutrición Animal y Bioquímica de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México para realizar los análisis de la composición química. La MS, PB, EE y ceniza se determinaron de acuerdo a la AOAC (1990), la FDN, FDA y LIG según el procedimiento de Van Soes et al. (1991). La MO se estimó con la ecuación $MO = 100 - ceniza$. El Ca se determinó por espectrofotometría de absorción atómica con flama y el P por colorimetría según (Delgadillo et al. 2015). Para el análisis estadístico se verificaron los supuestos teóricos del ANOVA y se realizó el análisis de todas las variables. Para la comparación de medias se usó la docima de Duncan (1955). Todos los datos fueron procesados con el paquete estadístico InfoStat (Di Rienzo et al., 2012).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La composición química del forraje fue afectada por la edad de corte. Los resultados presentaron efectos significantes ($P < 0.05$) en la mayoría de las variables evaluada como se observa en la tabla 1. El contenido de MS y EE incrementaron de forma lineal con el estado fenológico de la planta, siendo menores en el tratamiento A58 y mayores en A72 ($P < 0.0001$), la MO fue mayor en A72 y menor en A58 y A65 ($P = 0.0003$), en cambio la PB no presento diferencias significativas en los tres tratamientos ($P = 0.8537$), la FDN fue menor en A65 y mayor en A72 ($P = 0.0001$), en cambio la FDA fue menor en A72 y A65, y mayor A58 ($P = 0.0002$), la LIG fue menor en A58 y mayor en A65 ($P < 0.0001$), el Ca fue mayor en A72, y mayor en A58 ($P = 0.0198$) y finalmente el P fue mayor en A72 y menor en A58 y A65 ($P = 0.0293$).

Tabla 1. *Composición química del forraje de ajonjolí (Sesamum indicum) de tres edades de corte.*

Nutrientes (% base seca)	Tratamientos			EE	P valor
	A58	A65	A72		
MS	174.92_{c}	199.64_{b}	213.48_{a}	2.50	<0.0001
MO	921.44_{b}	924.55_{b}	928.32_{a}	1.10	0.0003
PB	81.14	80.32	81.19	1.22	0.8537
EE	50.60_{c}	91.66_{b}	117.92_{a}	3.26	<0.0001
FDN	467.98_{b}	449.97_{c}	486.13_{a}	5.16	0.0001
FDA	403.07_{a}	393.05_{b}	385.51_{b}	2.76	0.0002
LIG	138.02_{c}	160.21_{a}	148.53_{b}	2.83	<0.0001
Ca g/100 g	1.23_{b}	1.27_{ab}	1.38_{a}	0.04	0.0198
P g/100 g	0.14_{b}	0.14_{b}	0.16_{a}	0.01	0.0293

^{abc}Valores con diferente literal en la columna son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$). MS: materia seca, MO: materia orgánica, PB: proteína bruta, EE: extracto etéreo, FDN: fibra detergente neutra, FDA: fibra detergente ácida, Ca: calcio y P: fosforo.

Los valores de MS fueron de 174.92 a 213.48 g/kg, MO de 921.44 a 928.32 g/kg MS, EE de 50.60 a 117.92 g/kg MS, Ca de 1.23 a 1.38 g/100 g y el P de 0.14 a 0.16 g/100 g, correspondiendo al tratamiento A58 el valor más bajo y al A72 el valor más alto ($P \leq 0.02367$). Como se observa en los valores de estas variables la concentración se incrementó a medida que la edad de la planta fue mayor, particularmente el EE duplico su concentración en la última edad de corte (A72) con respecto a la primera (A58), esto se debe a que la semilla es una oleaginosa que puede alcanzar más del 50% de grasa vegetal en su estado de madurez. La PB registró valores de 80.3 a 81.2 g/kg MS, sin ser afectada por la edad de corte. Para el caso de los compuestos fibrosos, la FDN fue de 449.97 a 486.13 g/kg MS para los tratamientos A65 y A72, respectivamente ($P = 0.0001$). En cambio, la FDA fue de 385.51 a 403.07 g/kg MS para las edades A72 y A58, respectivamente ($P = 0.0002$), lo que refiere un mayor contenido de carbohidratos estructurales hemicelulolíticos en la última etapa de corte.

Los valores de MS del presente trabajo son inferiores a los reportado por García y León (2017) y Amorim et al. (2020) en cultivos de 95 y 154 días, respectivamente. Sin embargo, los tratamientos A65 y A72 son similares a los datos reportados por García y Soto (2020) en cultivos de 76 días, y ligeramente superiores a los valores de Pereira et al. (2021) para cultivos de 91 y 116 días, quienes reportan valores inferiores a 17%. Estos autores señalan que el contenido de MS, se modifica en función de la relación hoja/tallo/bellota, ya que la formación de bellotas y semillas provocan cambios en la concentración de proteínas, carbohidratos solubles y elementos minerales, con la consecuente pérdida de agua de los tejidos radicales, lo que provoca la maduración y lignificación acelerada de la planta. Lo anterior sugiere que el contenido de MS esté relacionado con las características morfológicas y fisiológicas específicas de cada etapa fenológica de la planta y las condiciones ambientales presentes. La MS se considera el principal elemento en el manejo y preservación de los forrajes, por lo que Titterton y Bareeba (1997) y Church et al. (2001) sugieren que, para la preservación de forrajes en forma de ensilado, estos contengan de 25 a 35 % de MS, de lo contrario se incrementan las perdidas por putrefacción de la MO.

Los valores de MO de este trabajo son similares a los reportados por Amorim et al. (2019) y Pereira et al. (2021), pero ligeramente inferiores a los reportados por García y Soto (2020). Esta variable depende directamente del contenido de cenizas presente en los forrajes, es decir, excluye los macros y microminerales presentes en el forraje. La PC es ligeréame inferior a la reportada por García y Soto (2020) y Amorim et al. (2019) quienes indican valores de 9.8 % y 11.8%, respectivamente. Sin embargo, García y León (2017) reportan un valor promedio de 16.49±1.2 %. Amorim et al. (2019) en un trabajo realizado en Brasil con cultivos de 76, 91, 116 y 136 registraron valores de 166.7, 173.5, 153,8 y 156.7 g/kg MS, siendo muy superiores a los estimados en el presente trabajo. El contenido de proteína en las dietas de los rumiantes es importante para garantizar la adecuada actividad microbiana del rumen, por lo que no debe ser menor de 70 g/kg MS (García et al., 2022). Desde este punto de vista, este puede ser un forraje con buen nivel de proteína para considerar su inclusión en las dietas de los rumiantes.

El EE es similar a lo reportado por Amorim et al. (2019), sin embargo, García y León (2017) y García y Soto (2020) reportan valores superiores. En cambio, Pereira et al. (2021) indica valores muy inferiores en cultivos de 76 a 136 días. En el presente trabajo el contenido de EE se duplico en la última edad de corte, debido a que el ajonjolí es una oleaginosa y la semilla madura puede superar el 50% de grasa vegetal, dependiendo de la variedad y del manejo agronómico (Duc et al., 2010; Abbas et al., 2022), por lo que podría considerarse un forraje con buen nivel de nutrientes digestibles totales, ya que la grasa contiene 2.25 veces más energía que los carbohidratos (Zinn et al., 2008). Sin embargo, contenidos elevados de grasa pueden limitar la fermentación ruminal (NRC, 1996, Church et al., 2001).

La FDN fue ligeramente menor a lo reportado en otros trabajos (García y León, 2017; Amorim et al., 2019; García y Soto, 2020; Pereira et al., 2021). Desde el punto de vista nutricional esto puede ser positivo, ya que este compuesto fibroso se relaciona negativamente con la tasa de pasaje y consumo de MS en los rumiantes (Church et al., 2001). Aunque Mertens (1997) indica como límite 60% de FDN por kg de MS para no afectar el consumo y la tasa de pasaje. Por lo que, el contenido de este forraje no excede el límite, incluso podría ser favorable al mezclarse con otros forrajes con mayor contenido de fibra.

Por otra parte, los valores de FDA son inferiores a los reportados en otros trabajos que sugieren el uso de este forraje como una alternativa viable en la alimentación de rumiantes (Amorim et al., 2019; García y Soto, 2020; Pereira et al., 2021). Esta fracción de carbohidratos estructurales esta más relacionada negativamente con la digestibilidad de los forrajes, ya que contiene principalmente celulosa y lignina, compuestos con muy poca y nula digestibilidad, por lo tanto, elevadas concentraciones de FDA afectan directamente el valor energético de los forrajes (Mertens 1997).

La concentración de Ca de este forraje en las tres edades de corte es mayor que en la mayoría de los pastos tropicales, los cuales oscilan entre 0.25 a 0.6% (NRC, 1996). Finalmente, el contenido de P es similar a la de los forrajes tropicales. La deficiencia de ambos minerales en los rumiantes puede afectar el crecimiento y desarrollo de animales jóvenes, así como el consumo y la ganancia de peso y la eficiencia reproductiva en animales adultos (NRC, 1996; Church et al., 2001).

CONCLUSIÓN

Por lo anterior, se concluye que la edad de corte de 72 días tiene un mayor contenido de MS, MO, EE, Ca y P, con similar PB, y menor FDA, elementos químicos de interés en la nutrición de rumiantes, lo que hacen de este recurso forrajero una alternativa en la alimentación de rumiantes en el trópico seco. Sin embargo, es necesario realizar pruebas de comportamiento productivo para validar su inclusión en las dietas.



BIBLIOGRAFÍA

Abbas, S., Sharif, M., Kamran, Sibt-E-Abbas, M., Fikre Teferra, T., Sultan, M.; Anwar, M. (2022). Nutritional therapeutic potential of sesame sedds. Journal of food Quality. https://doi.org/10.1155/2022/6163753.

Amorim, D.S., Edvan, R.L., Nascimento, R.R., Bezerra, L.R., Araújo, M.J., Silva, A.L., Nascimento, K.S. 2020. Fermentation profile and nutritional value of sesame silage compared to usual silages, Ital. J. Anim. Sci, 19: 230-239.

Amorim, D.S., Edvan, R.L., Nascimento, R.R., Bezerra, L.R., Araújo, M.J., Silva, A.L., Diogénes, L.V., Oliveira, R.L. 2019. Sesame production and composition compared with conventional forages. Chilian Journal of Agricultural Research, 79 (4): 586-595.

AOAC. 1990. Official methods of analysis. Association of official analytical chemistry. 16th ed. Washinton, DC.

Carvalho, A.F., Araújo, M.J., Vallecillo, S.J.A., Neto, J.P.C., Souza A.R., Edvan, R.L., Dias, S.T.P., Bezerra, L.R. 2022. Tissue composition and meat quality of lambs fed diets containing whole-plant sesame silage as a replacement for whole-plant corn silage. Small Ruminant Research, 216, 1-10.

Chalate, M.H., Gallardo, L.F., Pérez, H.P., Lang, O.F.P., Ortega, J.E., Vilaboa, A.J. 2010. Características del sistema de producción bovinos de doble propósito en el estado de Morelos, México. Zootecnia Tropical. 28:329-339.

Church, D.C., Pond, W.G., Pond, K.R. 2001. Fundamentos de Nutrición y Alimentación Animal. 2ª edición. Limusa, pp. 636.

Delgadillo, R.L., Bañuelos, V.R., Esparza, I.E.L., Gutiérrez, B.H., Cabral, A.F.J., Muro, R.A. (2015). Evaluación del perfil de nutrientes de bagazo de agave como alternativa de alimento para rumiantes. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 6(SPE11), 2099-2103.

Di Rienzo, J.A., Casanoves, F., Balzarini, M.G., González, L., Tablada, M., Robledo, C.W. 2012. InfoStat version 2012 [Windows]. Grupo InfoStat, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Available: http://www.infostat.com.ar.

Duc, P.T; Thuy, D.T.N, Carlsson, A.S, Minh, B.T. 2010. Morphological evaluation of sesame (*Sesamum indicum* L.) varieties from different origins. Australian Journal of Crop Science, 4(7): 498-504.

Duncan, D.B. 1955. "Multiple range and multiple F test". Biometrics, 11 (1) 1-42.

García, V.C., León, B.R. 2017. Producción de biomasas y composición química de la planta de ajonjolí *(Sesamum indicum*) en la región de Tierra Caliente estado de Guerrero–México. Tesis de Grado. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia No. 1 de la Universidad Autónoma de Guerrero, México, pp. 51.

García, S.C; Soto, L.E. 2020. Determinación del pH y la composición química del ensilado de ajonjolí (*Sesamum indicum*) con inclusión de melaza en la región de Tierra Caliente, México. Tesis de Grado. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia No. 1 de la Universidad Autónoma de Guerrero, México, pp. 62.

García, C.I., Meraz, R.E., Castelán, O.O., Zaragoza, E.J, Osorio, A.J., Robles, J.L.E., González, R.M. 2022. Corn silage, a systematic review of the quality and yield in different regions around the world. Cienc. Tecnol. Agropecuaria, 23(3): e2547.

Kabinda, J., Madzimure, J., Murungweni, C., Mpofu, I.D.T. 2022. Significance of sesame (*Sesamum indicum* L.) as a feed resource towards small-ruminant animal production in Southern Africa: a review. Tropical Animal Health and Production, 54:106.

Mertens, D.R. 1997. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. J. Dairy Sci. 80(7):1463-1481.

Mireles, M.E.J.; Alonso, G.J., Corona, G.L., García, P.A., Gutiérrez, S.I. Ávila, P.J.L., Rodríguez, H.R., Gómez, V.J.C. 2019. Consumo voluntario y ganancia de peso en corderas alimentadas con ensilado de ajonjolí (*Sesamum indicum*) y suplementadas con maíz. Rev. Acad. Cien. Anim., 17 (1).

NRC. 1996. Nutrient Requirements of beef cattle. National Research Council. Washington, DC.

Pereira, da S.R., dos Santos, N.K., Rodrigues, de S.A., Tavares, M.O., Alves, M.M. F., Dias, S.T.P., Loiola, E.R., Jácome, de A.M. 2021. Influence of the phenological stage at harvest of sesame (*Sesamum indicum*) on silage quality. Animal Feed Science and Technology, 281, 1-14.

Titterton, M., Maasdorp, B.V. 1997. Nutritional improvement of maize silage for dairying: mixed crop silages from sole and intercropped legumes and a long season variety of maize. 2. Pp 263-270.

Van Soest, P.J., Robertson, J.B., Lewis, B.A. 1991. Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition. Journal of Dairy Science, 74 (10) 3583-3597.

Vázquez O. R. 2017. Ajonjolí. Agenda Técnica Agrícola de Guerrero. INIFAP. México.

Zinn, R.A., Barreras, A., Owens, F.N., Plascencia, A. 2008. Performance by feedlot steers and heifers: ADG, mature weight, DMI and dietary energetics. Journal of Animal Science, 86, 2680-2689.

PAS-57. Caracterización química, microbiológica y control de la calidad de un producto fermentado seco obtenido a partir del líquido de rumen para su uso como suplemento nutricional en la alimentación animal

Chemical and microbiological characterization and quality control of a dry fermented product obtained from rumen fluid for use as a nutritional supplement in animal feed

I. Scull Rodríguez[*]*; L. L. Savón, Valdés; D. Bustamante García; M. Herrera Villafranca; G. E. Vasallo Jamet*

Instituto de Ciencia Animal, Apartado Postal 24, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

[*]Correspondencia a: idaniascull@gmail.com

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue caracterizar físico-química y microbiológicamente el producto fermentado seco obtenido a partir del líquido de rumen y evaluar el control de su calidad para emplearlo como suplemento nutricional en la alimentación avícola. Los gráficos de control se utilizaron para examinar el desarrollo del proceso de obtención del líquido de rumen fermentando a partir de las características químicas del producto terminado. Se aplicó análisis descriptivo para el procesamiento de los resultados y se seleccionaron los datos primarios de las muestras para calcular los límites de control de los indicadores químicos fundamentales y la elaboración de los gráficos de control. La composición química se comportó de forma similar en las muestras de los cinco lotes estudiados, con media para materia seca (MS), cenizas, calcio (Ca), fósforo (P), proteína bruta (PB), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) y el pH de: 90,94; 2,76; 0,67; 0,40; 10,09; 28,20; 4,20 % y pH (4,68). En el análisis microbiológico se constató la ausencia de microorganismos patógenos. Los gráficos de control demostraron la consistencia y reproducibilidad en la elaboración del producto fermentado seco y confirmaron que el proceso se encuentra bajo control estadístico. El producto fermentado que se obtuvo tiene importante valor nutricional, constituido por una mezcla de diferentes concentraciones de nutrientes que incluye proteínas y otros compuestos nitrogenados, minerales y fibra. El producto fermentado obtenido a partir del líquido de rumen posee la calidad y las características físico-químicas y microbiológicas adecuadas para su uso como suplemento en la alimentación animal.

Palabras clave: *preparado microbiano, proteína bruta, pH, fibra*

ABSTRACT

The objective of this study was to characterize the physicochemical and microbiological characteristics of dried fermented product obtained from rumen fluid and evaluate its quality control for use as a nutritional supplement in animal feed. Control charts were used to examine the progress of the fermented rumen fluid production process based on the chemical characteristics of the finished product. Descriptive analysis was applied to process the results, and primary sample data were selected to calculate control limits for key chemical indicators and to create control charts. The chemical composition of the samples from the five batches studied was similar, with average values for dry matter (DM), ash, calcium (Ca), phosphorus (P), crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), and pH of 90.94; 2.76; 0.67; 0.40; 10.09; 28.20; 4.20%, and pH (4.68). Microbiological analysis confirmed the absence of pathogenic microorganisms. Control charts demonstrated the consistency and reproducibility of LRFS preparation and confirmed that the process was under statistical control. The resulting fermented product has significant nutritional value, consisting of a mixture of different nutrient concentrations, including proteins and other nitrogenous compounds, minerals, and fiber. The fermented product possesses the appropriate quality and physical-chemical and microbiological characteristics for use as a supplement in animal feed.

Keywords: *microbial preparation, crude protein, pH, fiber*

INTRODUCCIÓN

Durante mucho tiempo, los antibióticos como promotores del crecimiento fueron los aditivos más eficaces para lograr el aumento productivo en los animales. Sin embargo, su uso indiscriminado creó graves problemas de resistencia a los microorganismos (Rondón et al. 2020). Lo anterior, condujo a desarrollar nuevas investigaciones dirigidas a evaluar productos alternativos más seguros para su empleo como suplementos y aditivos en la alimentación animal.

El contenido de rumen posee aminoácido, minerales y vitaminas, estas características nutricionales, unidas a la gran cantidad de microorganismos que posee, permiten que sea reutilizado en la alimentación animal. Se emplearon diferentes alternativas para el consumo del líquido de rumen como la deshidratación y el ensilaje (Otero et al. 2000). Savón et al. (2020) emplearon la fermentación para incrementar la calidad nutricional y mejorar la conservación de este residuo. Estos autores relacionaron las propiedades benéficas de este producto con su composición química y microbiológica. No obstante, como en todo proceso de obtención existe cierta variabilidad, que hace necesario monitorear el proceso y definir los parámetros de control para garantizar la obtención de un producto fermentado con calidad.



De ahí, que el objetivo de este trabajo fue evaluar las características físico-químicas, microbiológicas y el control de la calidad del producto fermentado seco obtenido a partir del líquido de rumen para su uso como suplemento nutricional en la alimentación animal.

MATERIALES Y MÉTODOS

Obtención del líquido de rumen**.** Las muestras de contenido de rumen se recolectaron directamente por el operario durante la matanza del ganado bovino en el Matadero Experimental del Instituto de Ciencia Animal. Posteriormente se filtraron para separar el líquido de la fracción sólida.

Obtención del preparado microbiano. Para la obtención del preparado microbiano se siguió la metodología propuesta por Elías y Herrera (2008). Se utilizó un medio compuesto por harina de maíz (3 %, p/v), harina de soya (3 %, p/v), melaza de caña de azúcar (5 %, v/v), urea (0,5 %, p/v), sulfato de magnesio (0,2 %, p/v) y premezcla mineral (0,5 %, p/v). Como inoculo iniciador se empleó el yogurt natural (1,5 %, p/v). El líquido de rumen (50 %, p/v) se utilizó en sustitución de una parte del agua (50 %, p/v). Las materias primas se mezclaron y se añadió el líquido de rumen y el agua hasta completar el volumen de fermentación correspondiente. El biopreparado se mantuvo durante 48 h en fermentación a temperatura ambiente (±25 ºC) y se removió cada 2 h mediante agitación.

Elaboración del producto fermentado seco. El producto fermentado se secó al sol durante 72 h según el procedimiento de Gutiérrez et al. (2005). Una vez seco el producto, el lote se envasó en sacos de papel para su utilización posterior.

Análisis sensorial. Se evaluaron las propiedades sensoriales del producto fermentado seco según el olor, color y textura, a través de las características que perciben los sentidos humanos.

Análisis químico. Se determinaron los contenidos de materia seca (MS), ceniza y PB a partir de la metodología descrita por la AOAC (2016). El calcio (Ca), Magnesio (Mg) y potasio (K) se cuantificaron en un equipo de absorción atómica, según los procedimientos del libro de datos (Atomic Absortion Data Book 1991). La determinación de fósforo (P) se realizó según la metodología de Amaral (1972). El fraccionamiento de la fibra se determinó según el procedimiento de Goering y Van Soest (1970). La determinación del pH se realizó con un pHmetro digital marca WPA, serie CD-70 de manufactura inglesa.

Indicadores microbiológicos. Los análisis microbiológicos se realizaron en el Laboratorio Nacional de Higiene de los Alimentos del Ministerio de Agricultura (MINAG). Para el conteo de microorganismos se tomaron 4 muestras de 1 kg de LRFS en cada lote. Se determinaron los indicadores hongos y levaduras/g según la norma cubana 1004:2015 y la presencia de Salmonella/25g de acuerdo con ISO/NC 6579:2008.

Análisis estadístico. Para el examen de los resultados se utilizó el análisis descriptivo mediante el sistema de cómputo Infostat, versión 1.0, de Di Rienzo et al. (2012).

Gráficos de control de la calidad. Los gráficos de control se emplearon para examinar el desarrollo del proceso de obtención del líquido de rumen fermentando seco a partir de las características químicas del producto terminado. Se seleccionaron los datos primarios de las muestras de cinco lotes y se calcularon los límites de control de cada indicador a graficar. Se localizaron en cada uno de los gráficos los resultados de las muestras. Se tuvieron en cuenta las reglas utilizadas para la interpretación de los gráficos de control (Westgard et al, 1981).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se obtuvo un producto a partir del líquido de rumen y mediante la fermentación líquida que se denominó líquido de rumen fermentado seco (Vitarum). Este es un sólido, de color amarrillo claro, con olor característico de rumen y textura granulada. Las propiedades organolépticas se pueden utilizar como una herramienta para el control de la calidad de los productos terminados. El cambio de color puede afectar directamente la textura y el sabor. Esto se asocia con cambios en la actividad de los microorganismos y por tanto provocar el deterioro del producto.

El líquido de rumen posee una mezcla de microorganismos como hongos, levaduras, protozoos y bacterias que durante la fermentación interaccionan entre ellos y producen procesos de síntesis de metabolitos que influyen en la composición del producto final. En la tabla 1 se muestran los resultados de la caracterización química.

Los valores de PB encontrados concuerdan con los que informó (8,01 – 13,49 %) Gutiérrez (2005) al determinar la composición química de un producto fermentado seco, obtenido a partir de la gallinaza fresca con miel final. Bustamante et al. (2021) indicaron contenidos proteínicos superiores (14,58 %) a los obtenidos en este estudio, cuando caracterizaron el producto fermentado seco Vitafert. Estas diferencias pueden estar relacionadas con las características de las materias primas y el proceso fermentativo. Los valores de la fracción fibroso que se hallaron en el producto fermentado fueron superiores a lo indicado por Bustamante et al. (2021) en el Vitafert. Se encontró que los valores de pH oscilaron entre 4,50-4,88, por lo que el producto fermentado mantuvo la acidez estimada. Estos resultados son inferiores a los informados por Bustamante et al. (2021). El pH del producto fermentado proporciona un entorno adecuado que promueve el crecimiento de los microorganismos eficientes y a su vez, evita la presencia de microorganismos patógenos, como Salmonella spp.

Tabla 1. *Composición química de cinco lotes del líquido de rumen fermentado seco*

Indicadores (g/100 g MS)	Media	Mínimo	Máximo	DE
MS	90,94	88,49	94,03	1,77
Ceniza	2,76	2,41	3,09	0,25
Ca	0,67	0,27	1,51	0,44
P	0,40	0,27	0,74	0,15
Mg	0,24	0,1	0,36	0,10
K	0,47	0,33	0,63	0,10
PB	10,09	8,64	13,26	1,47
FDN	28,20	25,63	36,26	2,78
FDA	4,20	2,78	5,22	0,74
Lignina	0,69	0,20	1,44	0,42
Celulosa	2,28	1,45	3,43	0,53
Hemicelulosa	24,24	20,8	32,57	3,79
pH	4,68	4,50	4,88	0,13

El análisis microbiológico no mostró microorganismos contaminantes en las muestras del producto fermentado seco, lo que puede estar relacionado con los bajos valores de pH que posee el producto.

Los resultados de la caracterización físico-química y microbiológica del producto mostraron sus potencialidades como aditivo para uso en la alimentación animal. Sin embargo, es necesario monitorear el proceso y definir los parámetros de control para garantizar la obtención de un producto fermentado con calidad.

Se establecieron los gráficos de control, para analizar el comportamiento de los indicadores químicos fundamentales contenidos en cada lote del producto fermentado seco. En las figuras 1 y 2 se muestran los resultados de los gráficos de control para los indicadores de pH y PB del producto terminado.

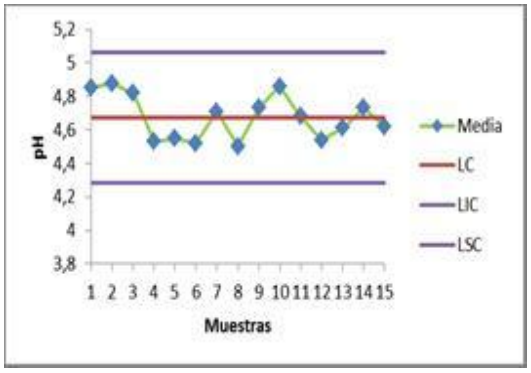


Figura 1. *Gráfico de control de medias. Medición de pH.*

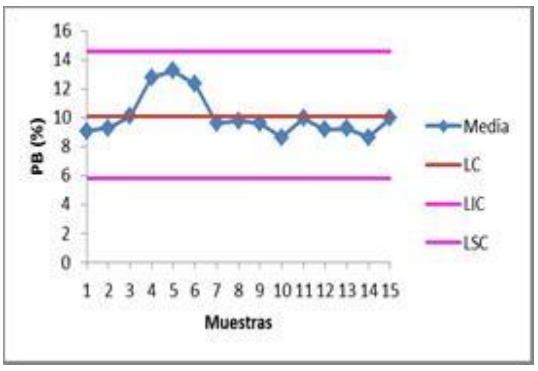


Figura 2. *Gráfico de control de medias. Cuantificación de la proteína bruta (PB).*

Los resultados del gráfico de medición de pH (Figura 1) muestran que este indicador se encuentra bajo control estadístico. La inoculación de bacterias lácticas presentes en el yogurt natural, incrementan la producción de ácidos orgánicos y la acidez del medio lo que estabilizan el pH. El gráfico de cuantificación de PB (Figura 2) se halla bajo control estadístico. Pero, existe una tendencia mantenida en las muestras de los primeros lotes a la disminución de los valores por debajo de la línea central (aunque se mantienen dentro de los límites de control). Este aspecto debe ser vigilado continuamente para evitar un desvío de las condiciones óptimas de trabajo.

En las figuras 3 - 6 se muestran los resultados de los gráficos de control para los indicadores de MS, Ceniza, FDN y FDA

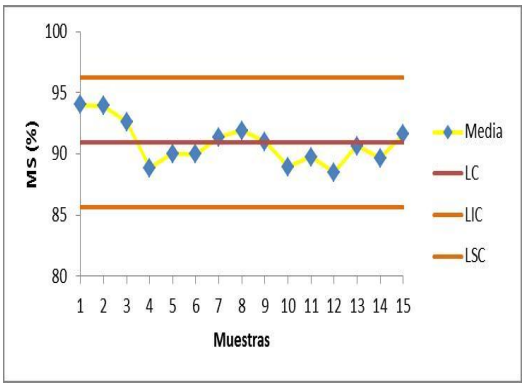


Figura 3. *Gráfico de control de medias. Determinación de materia seca (MS).*

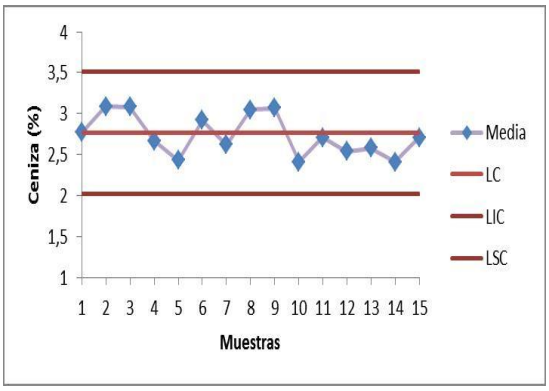


Figura 4. *Gráfico de control de medias. Cuantificación de ceniza.*

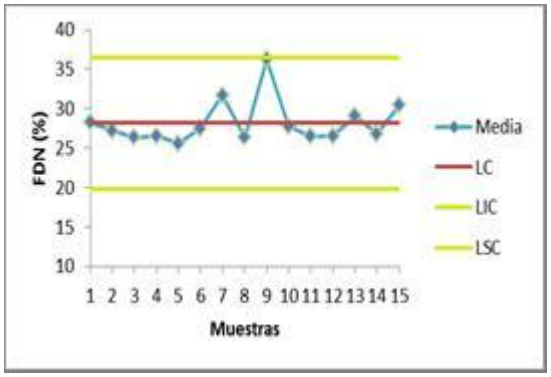


Figura 5. *Gráfico de control de medias. Determinación de la Fibra Detergente Neutra (FDN)*

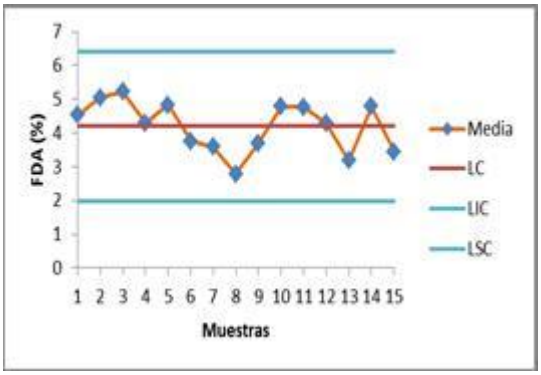


Figura 6. *Gráfico de control de medias. Determinación de la Fibra Detergente Acida (FDA).*

Los gráficos que representan las variables de MS y Ceniza (Figura 1 y 2) se hallan bajo control estadístico, los valores siguen una distribución normal mientras, que los de determinación de la fibra (Figura 5 y 6) aunque se encuentran bajo control estadístico, en el indicador de FDN (Figura 5) aparece un punto sobre el límite de control superior y existe una tendencia mantenida a la disminución de los valores por debajo de la línea central. Esto puedo ser debido a variabilidad en las materias primas y a la destreza del técnico que realizó el análisis. Este indicador requiere una alerta durante el proceso de obtención.

Los gráficos de control demostraron la consistencia y reproducibilidad en el proceso de obtención del producto fermentado, lo que permite afirmar que el proceso se encuentra bajo control estadístico y que el producto tiene las características químicas adecuadas. Esta herramienta permite detectar cambios significativos de cada variable con el objetivo de corregir las desviaciones no deseadas y estar alerta durante el proceso de obtención.

CONCLUSIONES

El proceso de elaboración del producto fermentado seco a partir del líquido de rumen se encuentra bajo control estadístico. Se comprobó mediante los gráficos de control que el producto tiene la calidad y las características químicas y microbiológicas adecuadas para su uso como suplemento en la alimentación animal.

BIBLIOGRAFÍA

Amaral, A. 1972. "Técnicas analíticas para evaluar macro nutrientes en cenizas de caña de azúcar. Laboratorio de nutrición de la caña". Escuela de Química. Universidad de La Habana, Cuba. 82 p.

Bustamante, D., Savón, L.L., Iglesias, A. †, Caro, Y., Valiño, E., Valera, M., Martin, C., Mireles, S. 2021. Chemical and microbiological characterization of a technological variant of Vitafert intended for animal production. Technical note. Cuban Journal of Agricultural Science 55, 1-7.

Castro, J.I., Chirinos, D.M., Sierra, W.N. 2018. Uso de líquido ruminal en agua de bebida de pollos broiler criados en condiciones de altura. Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú 29, 274-282.



Di Rienzo, J.A., Casanoves, F., Balzarini, M.G., González, L., Tablada, M., Robledo, C.W. 2012. InfoStat versión 2012. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

Elías, A., Herrera, F. R. 2008. Producción de alimentos para animales a través de procesos biotecnológicos sencillos con el empleo de microorganismos beneficiosos activados (MEBA). 8 pp.

Gutiérrez, R. 2005. Efecto de la utilización de residuales avícolas fermentados (Vitafert) y su posible efecto probiótico en los indicadores fisiológicos y productivos de pollos de ceba. Tesis en opción al título académico de Maestro en Ciencia en Producción Animal para la Zona Tropical. Mención Monogástricos. 65pp.

Otero, P.J., Solano, M.A., Jabib, R.L., Oviedo, L. 2000. Nivel óptimo de reemplazo de un concentrado comercial por ensilaje de contenido ruminal más sorgo en alimentación para pollos de engorde. Rev MVZ Córdoba 5, 34-40.

Rondón, A. J., Rodríguez, M., Milián, G., Beruvides, A. 2020. Probiotic potential of *Lactobacillus salivarius* in animals of zootechnical interest. Cuban Journal of Agricultural Science 54, 137-147.

Savón, L., Sánchez, B., Elías, A.†, Ortega, H.Y.†, Gutiérrez, M., Scull, I., Herrera, M. 2020. Effect of a dry fermented product on morphological, immunological, histological and health indicators of broilers. Cuban Journal of Agricultural Science, 54, 85-94.

Van Soest, P.J., Robertson, J.B., Liwis, B.A. 1991. Methods for dietary fiber neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. Dairy Science. 74, 3583-3597.

Westgard, J., Barry, P., Hunt, M. 1981. A multi-rule Shewhart chart for quality control in clinical chemistry. Clinical Chemistry, 27(3).

PAS-58. Indicadores hematológicos en gallinas ponedoras que consumen torta de moringa (*Moringa oleifera*) tostada en la ración

Hematological indicators in laying hens toasted *Moringa oleifera* cake in the ration

S. K. Hernández Lemus[1*]*; M. Almeida Santa Cruz*[1]*; M. Martínez-Pérez*[1]

[1]Instituto de Ciencia Animal, Carretera Central, Km 47 ½, San José de las Lajas. CP 32700. Mayabeque, Cuba.

[*]Correspondencia a: susankellyhl123@gmail.com

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue evaluar indicadores hematológicos en gallinas ponedoras que consumieron torta de moringa (*Moringa oleifera*) tostada en la ración. Se utilizaron 40 gallinas White Leghorn L_{33} de 43 semanas de edad y se alojaron en jaulas metabólicas individuales. Se empleó diseño completamente aleatorizado, con cuatro tratamientos que consistieron en una dieta a base de maíz-soya para la fase II de puesta y tres niveles de sustitución del alimento por 5, 10 y 15 % de torta de moringa tostada. Después de 18 días de alimentación a razón de 110 g/animal/día, se tomaron muestras de sangre para el estudio de Hb y Ht mediante el método de extracción por la vena metatarsiana. No se observaron diferencias ($P > 0.05$) entre tratamientos para ambos indicadores. Los valores de Hb oscilaron entre 8.63-9.02 g/dL y los de Ht entre 26.00-27.30 %. Los resultados se encuentran en el rango normal para gallináceas, con 8.00-12.00 g/dL para Hb, y 24.00-35.00 % para Ht. Se concluye que el consumo de la torta de moringa tostada no modifica los niveles normales de Hb y Ht en gallinas ponedoras White Leghorn L_{33}.

Palabras clave: *hemoglobina, hematocrito, gallináceas, tortas de arbóreas*

ABSTRACT

The objective of the study was to evaluate hematological indicators in laying hens fed toasted moringa cake (*Moringa oleifera*) in their diet. Forty White Leghorn L_{33} hens, 43-week-old, were housed in individual metabolic cages. A completely randomized design was employed, with four treatments consisting of a corn-soybean-based diet for laying phase II and three levels of feed replacement whith 5, 10, and 15% roasted moringa cake. After 18 days of feeding at a rate of 110 g/animal/day, blood samples were taken to study Hb and Ht using the metatarsal vein extraction method. No differences ($P > 0.05$) were observed between treatments for both indicators. Hb values ranged from 8.63–9.02 g/dL, and Ht values ranged from 26.00–27.30%. The results fall within the normal range for poultry, with 8.00–12.00 g/dL for Hb and 24.00–35.00% for Ht. It was concluded that the consumption of toasted moringa cake does not alter the normal levels of Hb and Ht in White Leghorn L_{33} laying hens.

Keywords: *hemoglobin, hematocrit, poultry, tree seed cakes*

INTRODUCCIÓN

Las semillas de moringa (*Moringa oleifera*) son ricas en proteína, aceite y carbohidratos. Todo ello en combinación a su capacidad antioxidante convierte a la planta en una fuente vegetal con potencialidades de uso como alimento. En el proceso de extracción de aceite a partir de las semillas de moringa, se obtiene la torta desgrasada con grandes propiedades nutricionales (Ortolá et al., 2024).

Como alimentos alternativos para animales, las tortas poseen, dos inconvenientes principales: la presencia de fibra dietética y de metabolitos secundarios (Wang et al., 2018). Estos dos componentes pudieran causar diferentes efectos fisiológicos, que dificultan su uso en la alimentación cuando se encuentran en elevadas concentraciones (Srichamnong et al., 2018). Además, limitan el potencial del subproducto, especialmente cuando se emplean altas dosis (Zajac et al., 2020). De ahí la necesidad de procesar la torta mediante métodos como el tostado (método físico) para mejorar su valor nutritivo e incluirla en la dieta de animales monogástricos.

Los estudios a partir del empleo de la torta de moringa, subproducto de la extracción de aceite, como alimento para gallinas ponedoras son escasos. En este sentido, son insuficientes los análisis hematológicos en esta categoría productiva, que reflejen los posibles cambios o alteraciones de los componentes hemáticos tras el consumo de la torta de moringa en la ración. Determinar los indicadores hematológicos como el nivel de hemoglobina en sangre y el porcentaje de volumen de glóbulos rojos (hematocrito) es necesario para conocer el estado general de salud, detectar anemias, deficiencias nutricionales o estrés (Piccione y Hokamp, 2022). Debido a ello, el objetivo del trabajo fue evaluar los indicadores hematológicos en gallinas ponedoras que consumen torta de moringa (*Moringa oleifera*) tostada en la ración.



MATERIALES Y MÉTODOS

Animales y Tratamientos

El estudio se realizó en la nave de metabolismo ubicada en las instalaciones de la Unidad Avícola del Instituto de Ciencia Animal. Se utilizaron 40 gallinas ponedoras de la raza White Leghorn L_{33} de 43 semanas de edad, con un peso vivo inicial promedio de 1.41 ± 0.19 kg. Se alojaron de manera individual al azar, en jaulas metabólicas de alambre galvanizado de 40 x 40 x 80 cm. Cada una contó con un comedero y dos bebederos de nipple.

Los tratamientos experimentales consistieron en una dieta basal a base de maíz – soya para la fase II de puesta y tres niveles de sustitución del alimento por 5, 10 y 15 % de torta de moringa tostada. La composición de la dieta base estuvo integrada por 15 % de proteína bruta, 4.40 % de grasa, 5.50 % de fibra bruta, 4.50 % de calcio y 0.50 % de fósforo.

Procedimiento experimental

Después de 18 días de alimentación a razón de 110 g/animal/ día, se tomaron muestras de sangre para el estudio de indicadores hematológicos, en específico hematocrito (Ht) y hemoglobina (Hb). Para ello, se empleó el método de extracción de sangre por vena metatarsiana con jeringuillas desechables de 5 mL. Las muestras de sangre se depositaron en tubos de ensayo que contenían anticoagulante en solución al 10% (ácido etilen diamino tetracético, EDTA) y se llevaron a la Unidad Central de Laboratorios del Instituto de Ciencia Animal (UCELAB) para su análisis.

Indicadores hematológicos

Para la medición del hematocrito se realizó el llenado de sangre de los capilares para microhematocrito hasta una tercera parte del capilar. Estos fueron sellados con un mechero y se centrifugaron durante 10 minutos a 3 500 rpm en microcentrífuga marca Hettich. Posteriormente, se realizó la lectura en un equipo de microhematocrito marca Hawkley de manufactura inglesa con un lector de escala móvil que permitió situarlo en el nivel de los sedimentos hemáticos procediéndose entonces a la lectura.

Para la medición de la hemoglobina se utilizó el método de la cianometahemoglobina descrito por Crosby et al. (1954). Se tomaron 0.2 mL de sangre diluida con 5 mL del reactivo de Drabkin y después de 10 minutos se leyó a 540 nm utilizando agua destilada como blanco.

Método estadístico

Se utilizó diseño completamente aleatorizado con cuatro tratamientos y diez repeticiones, donde el animal representó la unidad experimental. Para el análisis de los resultados se utilizó el paquete estadístico InfoStat (Di Rienzo et al., 2012). Los valores medios se compararon mediante la dócima de Duncan (1955) en los casos necesarios.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de Hb y Ht se muestran en la tabla 1. No se observaron diferencias ($P > 0.05$) entre tratamientos para ambos indicadores. Los valores medios se encuentran en el rango normal para gallináceas según Ahmed (2018) y Piccione y Hokamp (2022). Los resultados coinciden con la investigación de Yakubu (2020), quien estudió el efecto de niveles crecientes de torta desgrasada de semillas de moringa sin cáscara con niveles de 5, 10, 15 % y la adición de enzimas, en el crecimiento y comportamiento productivo de gallinas ponedoras Lohmann Brown.

Tabla 1. *Indicadores hematológicos de gallinas ponedoras que consumen torta de moringa tostada en la ración.*

Indicador	Control	Torta de moringa tostada			EE±	P- valor	Valor Normal*
		5%	10%	15%			
Hb (g/dL)	8.73	9.02	8.70	8.63	0.24	0.6635	8.00–12.00
Ht (%)	26.30	27.30	26.30	26.00	0.68	0.5543	24.00–35.00

**Fuente: Piccione y Hokamp (2022)*

La ausencia de diferencias entre tratamientos sugiere que la inclusión de la torta de moringa tostada en niveles de hasta el 15 % en la dieta de gallinas ponedoras no afecta su estado hematológico. Esto indica que, bajo las condiciones experimentales que se evaluaron, la moringa no ejerce efecto modulador sobre la eritropoyesis ni la concentración de proteínas hemáticas, lo cual resulta positivo.

CONCLUSIONES

Los resultados permiten concluir que el consumo de la torta de moringa tostada no modifica los niveles normales de hemoglobina y hematocrito en gallinas ponedoras White Leghorn L_{33}.

RECOMENDACIONES

Se recomienda para futuras investigaciones el estudio de otros parámetros sanguíneos (eritrocitos, leucocitos, proteínas plasmáticas) para un análisis más integral.

AGRADECIMIENTOS

Se les agradece a los técnicos A. Albelo, Y. Albelo y Y. Rodríguez por la atención al experimento, los muestreos sanguíneos y el procesamiento de las muestras.

BIBLIOGRAFÍAS

Ahmed, M. A. N. 2018. Haematology for commercial Ross 308 broilers. Online Journal of Veterinary Research 22 (7): 566 – 570.

Crosby, W. H., Munn, J. I., Furth, F. W. 1954. Standardizing a method for clinical hemoglobinometry. United States Armed Forces Medical Journal 5(5): 693–703.

Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., Gonzalez, L., Tablada, M., Robledo, C. W. 2012. Grupo InfoStat versión 2012. FCA Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

Duncan, B. 1955. Multiple range and multiple F test. Biometrics 11(1):1–42.

Ortolá, M. D., Pageo, S., García-Mares, F., Juan-Borrás, M., Castelló, M.L. 2024. Characterization of partially defatted moringa seed flour obtained at different temperatures. LWT 198: 115-901.

Piccione, J., Hokamp, J. 2022. Hematology of Galliformes. En: Brooks, M. B., Harr, K. E., Seeling, D. M., Wardrop, K. J., Weiss, D. J. (Eds.), Schalm´s Veterinary Hematology, Wiley and Sons, E.E.U.U, pp. 1114-1126.

Srichamnong, W., Ting, P., Pitchakarn, P., Nuchuchua, O., Temviriyanukul, P. 2018. Safety assessment of *Plukenetia volubilis* (Inca peanut) seeds, leaves, and their products. Food Science & Nutrition 6(4): 962-969.

Wang, S., Zhu, F., Kakuda, Y. 2018. Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.): Nutritional composition, biological activity, and uses. Food Chemistry 265: 316-328.

Yakubu, A. P. 2020. Effect of graded levels of undeshelled defatted *Moringa oleifera* seed cake (UDMOSC) on growth and laying performance of Lohmann Brown layers. Tesis de maestría en Producción y manejo animal. Universidad de Educación. Winneba, Ghana, pp. 1-145.

Zajac, M., Kiczorowska, B., Samolinska, W., Kowalczyk-pecka, D., Andrejko, D., Kiczorowskiz, P. 2021. Effect of inclusion of micronized camelina, sunflower, and flax seeds in the broiler chicken diet on performance productivity, nutrient utilization, and intestinal microbial populations. Poultry Science 100(7): 1-45.



PAS-59. Calidad nutritiva de fracciones proteicas y fibrosas de materiales vegetales de harina de forraje de *Tthonia diversifolia* para la alimentación de especies monogástricas

Nutritive quality of protein and fibro fractions of *Tithonia diversifolia* forage meal vegetable materials for monosgastric species feeding

L.L Savón Valdés[*]*; I. Scull Rodríguez: M. Alberto Vázquez; M. Herrera Villafranca y T.E. Ruiz Vázquez*

Instituto de Ciencia Animal, Apartado 24, Código Postal 32700 San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

[*]Correspondencia a: lourdeslsavonvaldes@gmail.com

RESUMEN

Tithonia diversifolia es una planta arbustiva que se puede consumir por diferentes especies animales por sus potencialidades nutricionales Para evaluar la calidad nutritiva de las fracciones proteicas y fibrosas de materiales vegetales de harina de forraje de *Tithonia diversifolia* para la alimentación de especies monogástricas se realizaron dos experimentos. Se analizaron seis materiales vegetales (2,3,12,14,17 y 23) de harina de forraje de tithonia procedentes del oriente cubano. En el experimento I. se determinó la composición estructural de la proteína por solubilidad en agentes diferentes. Se extrajeron las fracciones albúmina (ALB) solubles en agua; globulinas (GLB) solubles en soluciones salinas, glutelinas (GLT), solubles en soluciones ácidas y básicas y las prolaminas (PRL), solubles en soluciones alcohólicas. En el experimento II se realizó una caracterización físico-química de la fracción fibrosa. La mayor cantidad de proteína extraída correspondió a la fracción ALB. Los materiales vegetales 12 y 23 presentaron concentraciones de proteína total extraída (mg/100mL) de 2338 y 2375 respectivamente. superiores a los restantes. El análisis del fraccionamiento fibroso, mostró valores (%) que oscilaron entre 54.08-58.45; para FDN. Los materiales 2, 12,17 y 23 exhibieron valores similares y más bajos de este indicador. En las propiedades físicas, se observó que los materiales anteriores tuvieron valores bajos de solubilidad, pero el más bajo fue el 23 que también mostró menor volumen, pero mayor capacidad de retención de agua...Se sugiere que los materiales que mostraron mayor calidad nutritiva de sus fracciones proteicas y fibrosas para la alimentación de especies monogástricas fueron el 2,17 y 23.

Palabras clave: *tithonia; accesionws; proteínas; fibra; no rumiantes*

ABSTRACT

Tithonia diversifolia is an arbustive plant that can be consumed by different animal species. Two experiment were conducted to evaluate nutritive quality of protein and fiber fractions of *Tithonia diversifolia* forage meal vegetable materials for monogastric species feeding. Six vegetable materials (2,3,12, 14,17 and 23) of *Tithonia diversifolia* from Cuban Easter region were analyzed. Protein structural composition of vegetable materials by solubility in different agents were determined In experiment1.Albumin (ALB) fraction soluble in water, globulins (GOB) soluble in salt solutions, glutelins (GLU), soluble in acid and basic solutions and prolamine (PRO) soluble in alcoholic solution were extracted. A physico-chemical characterization of fiber fraction was realized in experiment 2. The greater quantity of extracted protein corresponds to albumin fraction. Vegetable materials 12 and 23 presented concentrations of total protein extracted (mg/100mL) of 2338 and 2375 respectively, greater than the rest. Fractioning fiber analysis showed values (%) between.54.08-54.45 for FDN. Materials 2,12,17 and 23 presented similar values and lower for this indicator It was observed that physical properties of materials had low solubility value but the lowest was material 23, that also exhibited less volume, but greater water holding capacity. It is suggest taking into account the nutritive quality of protein and fiber fractions, that the more promising materials for monogastric feeding were 2,12 and 23.

Keywords: *Tithonia; accessions; protein; fiber; non ruminants*

INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha propugnado el uso de plantas proteicas como una opción promisoria para la alimentación de especies mongástricas por su alta disponibilidad y valor nutritivo (Savón *et el* 2017, Scull *et al* 2019).

Las proteínas vegetales pueden fraccionarse de acuerdo a su solubilidad, en albúminas (ALB), solubles en agua, globulinas (GLB), solubles en soluciones salinas, glutelinas (GLT), solubles en soluciones tanto ácidas como básicas y por último las prolaminas (PRL), solubles en soluciones alcohólicas (Osborne1924**).** El método involucra diferentes condiciones como temperatura, tiempo, concentración de proteína, pH y fuerza iónica, las cuales influirán tanto en el rendimiento de cada fracción obtenida como en la estructura de las proteínas que integran cada fracción

Se ha encontrado que en dependencia de la proporción de cada una de las fracciones proteínicas será la calidad nutrimental de la proteína total (Chan-Chi-Wa y Philips (1994)**,** así como las características fisicoquímicas y funcionales **(**Carvajal 2010**).** Según Savón (2010**),** la calidad nutritiva de la fracción fibrosa depende de su composición química, la estructura de las paredes celulares de la fibra origen y naturaleza y de sus propiedades físicas como solubilidad, volumen y capacidad de retención de agua...Es necesario también tener en cuenta las modificaciones en las potencialidades nutritivas por las condiciones ambientales (época, temperatura, etc) (Norton y Poppi 1995**)**. Es necesario tener en cuenta los materiales vegetales dentro de una misma especie. Esto permitirá estudiar sus efectos posteriores en los procesos digestivos, la ecología microbiana y en el fisiologismo animal, que pueden limitar su incorporación a las dietas para lograr formulaciones adecuadas que redundarán en un mejor comportamiento productivo.

Tomando, en consideración todo lo anterior el objetivo de esta investigación es evaluar la calidad nutritiva de las fracciones proteicas y fibrosas de materiales vegetales de harina de forraje de *Tithonia diversifolia* para la formulación de dietas para especies monogástricas- Para dar cumplimiento a este objetivo se realizaron dos experimentos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Siembra de las plantas y elaboración de las harinas

Se evaluaron seis materiales vegetales denominadas (2, 3,12,14, 17 y 23) de *Tithonia diversifolia* procedentes de la región oriental de Cuba (provincia Granma). Estos se sembraron en suelo ferralítico rojo (Hernández et al 2015) en la Estación Experimental Miguel Sistachs Naya (Finca Zaldívar) del Instituto de Ciencia Animal.en el mes de junio en época de lluvia El centro se halla ubicado en el km 47 y medio de la Carretera Central 22°53´ de latitud Norte y 82° 02´de longitud oeste y 92 msnm en el municipio de San José de las Lajas, provincia de Mayabeque..Las harinas de forrajes se elaboraron de acuerdo con lo indicado por Savón et al 2022 Se utilizaron las hojas y tallo de la planta, con edades de corte entre los 60 y 70 días, a una altura de 15 cm (Ruiz et al. 2016). El forraje se molió para secar al sol durante 96 horas, para esto el material se esparció en plato de cemento a una altura de cama que no superara los 30 cm, se volteó varias veces al día con un rastrillo para lograr la uniformidad del material. Posteriormente se pasó por un molino de martillo hasta obtener un tamaño de partícula de 2 mm. El material se envasó en sacos de yute de 50 kg y se mantuvo bajo techo y aireado hasta su utilización.

Procedimiento experimental

Experimento I. Extracción y fraccionamiento de proteínas

Todos los materiales vegetales de la harina de forraje de tithonia se desgrasaron de acuerdo a lo indicado por AOAC (2019) Las proteínas, se extrajeron secuencialmente partiendo de harina desgrasada por el método de Osborne (1924). Se cuantificó el contenido de proteína de cada fracción (mg/mL) y el contenido de proteína total (mg/ 100mL) de cada material vegetal por el método de Lowry *et al* (1985). Se calculó el porcentaje relativo de cada fracción proteica en cada uno de los materiales vegetales. Todas las muestras se analizaron por triplicado.

Experimento II. Caracterización físico-química de la fracción fibrosa

Las determinaciones químicas que se realizaron consistieron en el fraccionamiento de Goering y Van Soest (1970) para la extracción de la fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) y lignina Las propiedades físicas: volumen, solubilidad y capacidad de adsorción de agua se analizaron según Savón *et al* (1999.). Las muestras se analizaron por triplicado

Análisis estadístico

En ambos experimentos se realizó un análisis de varianza según modelo de clasificación simple, aplicándose la dócima de Duncan (1955**)** en los casos necesarios. Los resultados se procesaron por el paquete estadístico INFOSTAT Di Rienzo *et al* (2012).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Experimento I. Fraccionamiento proteico de los materiales vegetales

La mayor cantidad de proteína extraída en todos los materiales vegetales correspondió a la fracción albúmina, mientras que la prolamina fue la fracción con menor contenido con excepción del material vegetal 17 (tabla 1). Las proteínas solubles (mg/mL) (albúminas +globulinas) y proteínas totales (mg/100mL) extraídas mostraron valores de 20.56 y 18. 97 y de 23.38 y 23.75 para los materiales 12 y 23 respectivamente. Hay que señalar que estas cifras son superiores a las halladas en los materiales restantes.

Rodríguez *et a*l (2011) caracterizaron y extrajeron las fracciones proteicas de las hojas (en forma de harina) de una variedad de amaranto (*Amaranto dublus*) mediante su solubilidad en diferentes solventes empleando el método de Osborne (1924) y hallaron que el orden de concentración era 74.42%,6.69%,6.47% y 6.11% para albúmina, globulina, prolamina y glutelina respectivamente. Savón (2010**)** estudió el fraccionamiento de las proteínas de harinas de forraje de leguminosas temporales (mucuna, dólicho y canavalia) y lo comparó con harina de un forraje tropical (trichantera) e informó que las fracciones prolaminas (insolubles) fueron las más abundantes en las primeras, en tanto que las albúminas (solubles) lo fueron en la trichantera La solubilidad conjuntamente con la degradabilidady la composición aminoacídica son propiedades importantes para el análisis de estas fracciones, pero desafortunadamente estas últimas no se estudiaron en este experimento.

Tabla 1. *Proteína extraída (mg/mL) de diferentes fracciones de materiales de harina de forraje de T. diversifolia*

Ecotipos / Variables	2	3	12	14	17	23	EE (±) Sig.
Albúmina	12,59^{d}	12,34^{e}	19,23^{a}	13,85^{c}	9,19^{g}	16,12^{b}	0,07 P<0,0001
Globulina	1,82^{c}	1,74^{d}	1,33^{f}	1,72^{d}	1,90^{b}	2,85^{a}	0,02 P<0,0001
Prolamina	0,23^{e}	0,20^{e}	0,80^{d}	1,90^{b}	2,98^{a}	1,38^{c}	0,03 P<0,0001
Glutelina	3,38^{b}	3,97^{a}	2,02^{e}	2,28^{d}	2,46^{c}	3,40^{b}	0,03 P<0,0001

^{abc} *Medias con letras distintas difieren a P< 0.05 Duncan (1955)*

Experimento II. Caracterización físico-química de la fracción fibrosa

El análisis del fraccionamiento fibroso a los 60 días de edad de corte en la época de lluvia, mostró valores (en %) que oscilaron entre 54.08-58.45; para FDN. (tabla 2). Los materiales 2, 12,17 y 23 exhibieron valores similares y más bajos de este indicador, Como se sabe, la FDN según Verenose (2018**)** mide eficientemente el contenido de fibra insoluble o pared celular del alimento y es la fracción no digerible, de ahí la importancia de su caracterización para especies monogástricas. Llama la atención los valores tan elevados de FDN en estos materiales a los 60 días. comparación con los informados por La O et al (2008) en nueve materiales de *T. diversifolia* entre 60 y 70 días de corte en época de lluvia en las zonas occidental y central de Cuba que variaron entre 32.62-41.83%. Esto quizás se puede deber a las diferentes condiciones edafoclimáticas, tipo de suelo, materiales vegetales dentro de una misma especie según ha sido indicado por Ruiz (2017) y Verdecia *et al* (2021)

Tabla 2. *Fraccionamiento fibroso y propiedades físico químicas de materiales vegetales de harina de forraje de T, diversifolia a los 60 días de corte. Época de lluvia.*

M. vegetales / Indicadores	2	3	12	14	17	23	EE± sign
FDN	55,32^{a}	55,11^{a}	58,48^{b}	57,22^{b}	55,44^{a}	54,08^{a}	0,48 P=0,0004
FDA	37,51^{d}	39,05^{e}	32,89^{a}	34,70^{a}	36,24^{c}	37,65^{d}	0,33 P<0,0001
Lignina	4,70^{ab}	6,76^{c}	4,89^{b}	5,78^{bc}	4,66^{ab}	3,89^{a}	0,42 P=0,0022
Solubilidad	16,20^{b}	23,30^{d}	17,03^{b}	23,88^{d}	19,46^{c}	14,21^{a}	0,32 P<0,0001
CRA	8,72^{a}	12,27^{d}	11,00^{c}	12,99^{d}	9,72^{b}	12,18^{d}	0,29 P<0,0001
Volumen	2,57^{a}	2,37^{a}	5,47^{bc}	7,47^{c}	4,67^{ab}	2,83^{a}	0,70 P=0,0013

^{a,b,c,d,e}*: medias con letras distintas en fila difieren a P<0,05 por Duncan (1955)*

En relación con las propiedades físicas, se puede decir que son imprescindibles para la determinación de los efectos fisiológicos de la fibra dietética en el tracto gastrointestinal de especies monogástricas (Savón 2010). Así, se observó que los materiales 2,12 17 y 23 tuvieron valores bajos de solubilidad, pero el más bajo fue el 23, Este material mostró también menor volumen, pero mayor capacidad de retención de agua.

Según Wrolstad (2012**),** la fibra dietética insoluble se caracteriza por una menor capacidad de retención de agua en comparación con la fibra dietética soluble En general, los polisacáridos no amiláceos solubles (PNAs) se asocian con una mayor capacidad de retención, mientras que la celulosa y la lignina presentan baja capacidad (Urriola *et al.* 2013).

CONCLUSIONES

Se sugiere que los materiales que mostraron mayor calidad nutritiva de sus fracciones proteicas y fibrosas para la alimentación de especies monogástricas fueron el 2,17 y 23.

BIBLIOGRAFÍA

AOAC. 2019. Official Methods of Analyses of AOAC *17 th Edition.AOAC. Washington D.C. p 935-955.*

Carvajal, J.I. 2010. Digestibilidad *in vitro* prececal y cecal de de plantas forrajeras tropicales para la nutrición de cerdos. Universidad nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Coordinación general de posgrado. Palmira. Tesis en opción del título de Magister en Ciencias Agrarias. Área Producción Animal Tropical.

Chan Chi-Wa., Phillips, R.D.1994 Amino acid composition and subunit constitution of protein fractions from cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp). J Agric Food Chem 42:1857-1860.

Di Rienzo, J.A.., Balzarini, M. G., González, L., Tablada, M., Robledo, C.W. (2012). Softword estadístico y biometría. Facultad de Ciencias Aggropecuarias. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

Duncan, D.B.(1955). Multiple range and multiple F tests. Biometrics 11:1.

Goering, H. K .,Van Soest, P. J. 1970. Forage fiber analyses (apparatus, reagents, procedures, and some applications). USDA - ARS Agric. Handbook. Washington: US Govt. Printying Office.p 20

Jha, R., Berrocoso, J. D. 2015. Dietary fiber utilization and its effects on physiological functions and gut health of swine..Animal..,9(9):1441-1452. DOI: 10.1017/S1751731115000919

La O, O., Valenciaga, D., Ruíz, T.E., Ruiz, O., Catillo, Y., González, H., Rodrïguez, C., Alfonso, D., Chongo, B., Arzola, C.,, Cairo, J. 2008. Efecto de la edad de corte en la capacidad fermentativa *in vitro*y la dinámica de degradación ruminal *in situ* de materia seca de *Tithonia diversifolia* Zootecnia Tropical. 26 (3) 243-247.

Lowry, O.H, German, B., Kinsella, J.E.1985 A collaborative study to develop a standardized food protein solubility procedure. J . Food Sci 1985; 50: 1715-1718

Northon, B.W., Poppi, D.P. 1995. Composition and nutritional attributes of pasture legumes. *In:* Tropical legumes in animal Nutrition. Eds. J.P.F.D Mello y C. Devendra.CAB International, Inglaterra. p. 329.

Osborne T.B. (1924). The vegetables proteins. In monographs on biochemistry. Second edition, Loongmans, Green, Nueva York, P. 25.

Rodríguez, P.., Pérez, E. Guzmán, R. l., Dufour, D..2011. Characterization of the proteins fractions extracted from leaves of Amaranthus dubius (*Amaranthus spp.)* African Journal of Food Science Vol. 5(7), pp. 417 - 424, July 2011 Available online http://www.academicjournals.org/ajfs ISSN 1996-0794 ©2011 Academic Journals

Ruiz, T.E., Febles, G.J., Galindo J., Savón, L., Chongo, B., Torres, V., Cino, D., Alonso, J., Martínez, Y., Gutiérrez, D., Crespo, G., Mora, L.M., Scull, I., La O, O., González, J´, Lok, S. González, N., & Zamora, Z. 2014 *Tithonia diversifolia*. Its possibility in cattle rearing systems. Cuban Journal of Agricultural Science. 48(1).79-82.

Savón, L.L., Gutiérrez, O., González, T., Orta, M. 1999. Manual de caracterización físico-química de alimentos EDICA, La Habana, Cuba.

Savón, L.L. 2010. Harinas de forrajes tropicales. Fuentes potenciales para la alimentación de especies monogástricas. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias. Instituto de Ciencia Animal. 251p

Savón, L.L., Mora, L.M., Dihigo, L E., T.E. Ruiz.2017. Use of *Tithonia diversifolia* in non ruminant. Chapter XII. In "Mulberry, moringa and tithonia in animal feed and other uses. Results in Latin America and the Caribbean Eds. L.L. Savón, O. Gutiérrez &G. Febles. FAO –EDICA., 280p ISBN 978-959-7171-72-0.

Savón, L.L., Scull, I.., Alberto, M.,, Herrera,M..,Ruiz,T.2022. Extracción de las fracciones proteicas de harina de forraje de materiales vegetales de *T. diversifolia* de la región oriental de Cuba. Memorias ***V*** Convención Agropat 2022.Centro de Convenciones Plaza América Varadero, Matanzas, Cuba 22—26 de octubre. ISBN 978-959-7138-39-6



Scull, I. Ruiz T. E., Savón, LL.., Herrera M. 2019. Potencialidades de la harina de forraje de *T. diversifolia* como alimento alternativo para sistemas de producción avícola**. Memorias** V Convención Internacional Agrodesarrollo 2019. Centro de Convenciones Plaza América Varadero, Matanzas, Cuba 22—26 de octubre. ISBN 978-959-7138-39-6

Urriola, P. E., Shurson, G. C., Stein, H. H. 2010. Digestibility of dietary fiber in distiller´s coproducts fed to growing pigs. Journal of Animal Science. 88(7):2373-2381. DOI: 10.2527/jas.2009-2227

Verdecia, D.M., Ramírez, J. L, Leonard.I., Álvarez, I., Bazán, I., Bodas, R., Andrés, S., Álvarez, J..,Giraldez, F.,López, S. 2011. Calidad de *Tithonia diversifolia* en la zona del Valle del Cauto. Revista electrónica de Veterinaria. 12 (5). Disponible en http/vet/reviatas//redvet/n050511/0505113pdf.Acssesd 2015-12-15..

-Veronese, N., Solmi, M., Caruso, M. G., Giannelli, G., Osella, A. R., Evangelou, E., Maggi, S., Fontana, L., Stubbs, B., Tzoulaki, I. 2018. Dietary fiber and health outcomes: an umbrella review of systematic reviews and meta-analyses. The American Journal of Clinical Nutrition, DOI: 10.1093/ajcn/nqx082

Williams, B. A., Mikkelsen, D., Flanagan, B. M., Gidley, M. J. 2019. "Dietary fibre": moving beyond the "soluble/insoluble" classification for monogastric nutrition, with an emphasis on humans and pigs. 10:45-57. DOI:10.1186/s40104-019-0350-9

Wrolstad, R. E. 2012. Nutritional roles of carbohydrates. In: Food carbohydrate chemistry. R. E. Wrolstad (ed). John Wiley & Sons, Inc., Ames, IA. pp. 147-164. DOI: 10.1002/9781118688496.ch9

PAS-60. Validación inicial de ensayo molecular por PCR en tiempo real para la identificación de OGM en maíz destinado a la alimentación animal

Initial validation of a real-time PCR molecular assay for the identification of GMOs in maize for animal feed

M. Pupo Arias[1]; M. K. Castro Montes de Oca[1]; D. Naranjo Feliciano[1]; M. Blanco de Armas[2]; A. Mesa Delgado[2]; A. Betancourt Bravo[1]; B. Corona González[1]

[1]Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA), Cuba.

[2]Centro de Investigaciones Científicas de la Defensa Civil (CICDC), Cuba.

Carretera de Jamaica y Autopista Nacional, Km 22 ½, Apartado 10, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

*Correspondencia a: maylin.pupo98@gmail.com

RESUMEN

La inocuidad en la producción de alimentos para animales en Cuba está respaldada por el diagnóstico molecular. En este contexto, se desarrolla un estudio orientado a validar un ensayo por PCR en tiempo real (qPCR) que detecte e identifique el evento transgénico de maíz TC 1507, autorizado por la Oficina de Regulación y Seguridad Ambiental (ORSA). En esta fase se emplearon los materiales de referencia certificados (MRC) y criterios metodológicos establecidos por la Red Europea de Laboratorios de Organismos Genéticamente Modificados (OGM). Los parámetros a evaluar fueron sensibilidad, especificidad y robustez mediante la amplificación en diferentes concentraciones (0,1%, 0,2%, 0.5% y 1%) del evento en los MRC. Relativo a la sensibilidad se utilizaron concentraciones en un rango de 0.2% - 0.025%. La robustez se realizó variando en el tiempo de las amplificaciones del programa, y la enzima FastStart Essential DNA Master por FastStart DNA Master HybProbe. Los resultados preliminares muestran amplificaciones eficientes y consistentes, sin evidencia de interferencias o inhibidores. El ensayo resultó ser específico para el evento específico TC 1507, con un límite de detección de 0.025%, y cumplió con los parámetros de precisión. Esto ampara su aplicabilidad en la identificación rutinaria de OGM en piensos y granos, tanto importados como nacionales, previendo la liberación no controlada al medio ambiente bajo el enfoque Una Salud.

Palabras claves: *qPCR, transgénico, TC 1507.*

ABSTRACT

Food safety in animal feed production in Cuba is supported by molecular diagnostics. In this context, a study was conducted to validate a real-time PCR (qPCR) assay for the detection and identification of the transgenic maize event TC1507, authorized by the Office of Environmental Regulation and Safety (ORSA). This phase employed certified reference materials (CRM) and methodological criteria established by the European Network of GMO Laboratories. The parameters evaluated included sensitivity, specificity, and robustness, through amplification of different concentrations (0.1%, 0.2%, 0.5%, and 1%) of the event in CRM. For sensitivity assessment, concentrations ranging from 0.2% to 0.025% were used. Robustness was tested by varying amplification times and substituting the enzyme FastStart Essential DNA Master with FastStart DNA Master HybProbe. Preliminary results showed efficient and consistent amplifications, with no evidence of interference or inhibitors. The assay proved to be specific for the TC1507 event, with a detection limit of 0.025%, and met precision parameters. These findings support its applicability for routine GMO identification in feed and grain samples, both imported and domestic, helping to prevent uncontrolled environmental release under the One Health approach.

Keywords: *qPCR, transgenic, TC 1507.*

INTRODUCCIÓN

La creciente presencia de organismos genéticamente modificados (OGM) en los sistemas agroalimentarios plantea desafíos significativos para la bioseguridad, la trazabilidad y la inocuidad en la producción animal. En Cuba, donde se emplean granos destinados a la alimentación animal, tanto de origen nacional como importado, se requiere fortalecer las capacidades analíticas que permitan identificar eventos transgénicos específicos y prevenir riesgos asociados a su liberación no controlada al medio ambiente (Broll *et al.*, 2025).

La técnica de reacción en cadena de la polimerasa en tiempo real (qPCR) se mantiene como el estándar de referencia para la detección de OGM, debido a su alta sensibilidad, especificidad y capacidad de cuantificación (Košir *et al.*, 2023). Sin embargo, la creciente diversidad de eventos transgénicos y el uso de nuevas técnicas genómicas han incrementado la complejidad de los análisis, exigiendo validaciones rigurosas que aseguren la confiabilidad de los métodos en matrices como los piensos (Broll *et al.*, 2025).

La validación de ensayos de qPCR es un proceso crítico que debe ser sistemático y conforme a estándares internacionales de calidad. Para garantizar la competencia técnica del laboratorio y la fiabilidad de los resultados, se emplea un marco de validación basado en la norma ISO/IEC 17025, que establece los requisitos generales para laboratorios de ensayo y calibración (ISO, 2017). Este enfoque permite evaluar parámetros como especificidad, sensibilidad, repetibilidad, precisión intermedia, reproducibilidad y robustez, proporcionando una base sólida para la acreditación del método y la confianza en los resultados de pruebas relacionadas con OGM (Milavec *et al.*, 2022).

En este contexto, el presente trabajo tiene como objetivo validar un ensayo de reacción en cadena de la polimerasa en tiempo real (PCR-TR) para la detección cualitativa del evento transgénico específico TC1507 en granos de maíz, mediante la evaluación de parámetros analíticos conforme a los requisitos establecidos por la norma ISO/IEC 17025 y las directrices internacionales para laboratorios de detección de OGM.

Este esfuerzo se enmarca además en el enfoque Una Salud, que promueve la integración de la salud humana, animal y ambiental como base para un desarrollo sostenible (Manterola *et al.*, 2024). La implementación de herramientas diagnósticas confiables para la identificación de OGM en alimentos para animales contribuye directamente a la seguridad alimentaria, la protección ambiental y la prevención de riesgos zoonóticos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Muestras: Para la validación inicial del ensayo de PCR en tiempo real (PCR-TR) orientado a la detección cualitativa del evento transgénico TC1507 en maíz, se utilizaron harinas correspondientes a materiales de referencia certificados (MRC) de la línea BF 418, provistos por el Institute for Reference Materials and Measurements (IRMM). Las muestras incluyeron concentraciones nominales de 0%, 0.1%, 0.5%, y 10%. Las pesadas se realizaron bajo condiciones ambientales controladas (22–24 °C, humedad relativa <80%) utilizando una balanza analítica Sartorius (Alemania). Se prepararon tres réplicas (A, B, C) de 0.1 g ± 0.005 g para cada concentración. Se elaboraron mezclas masa/masa para obtener concentraciones intermedias de 0.5% (50 mg MRC 1% con 50 mg MRC blanco) y 0.2% (20 mg MRC 1% con 80 mg MRC blanco. Las muestras de 10% y 0% se utilizaron como control positivo y negativo, respectivamente.

Extracción de ADN: Se realizó con el DNeasy® Plant Mini Kit (QIAGEN, Alemania) (Kim *et al.*, 2025), siguiendo el protocolo del fabricante con una modificación estandarizada en la etapa de lisis: incubación con tampón AP1 y RNAsa durante 1 hora a 65 °C en baño María (Grant Sub Aqua Pro) con agitación cada 10 minutos en vortex ThermoScientific. Posteriormente, se centrifugó a 14 000 rpm en una centrífuga (Sigma, Alemania). El ADN fue eluido en 100 µL del tampón AE. La concentración y pureza se evaluaron mediante espectrofotometría en Nanodrop, y la integridad mediante electroforesis en gel de agarosa al 1.5% con patrón de peso molecular (pGEM® DNA Marker, Promega).

Ensayo de PCR en tiempo real: Todos los ensayos se realizaron en el equipo LightCycler® 96 (Roche Diagnostics, Alemania). Se empleó la enzima FastStart Essential DNA Master para la mayoría de las reacciones, y en el estudio de robustez se utilizó FastStart DNA Master HybProbe. Las secuencias de los oligonucleótidos utilizados para el evento especifico TC 1507 se describen en las tablas 1 (EURL GMFF, 2006).

Tabla 1. *Secuencia de los oligonucleótidos y sondas para PCR-RT para el evento especifico TC 1507.*

Oligos/sondas	Secuencia 5´-3´
MaiY-F1	5' TAGTCTTCGGCCAGAATGG 3'
MaiY-R3	5' CTTTGCCAAGATCAAGCG 3'
MaiY-S1	5' FAM-TAACTCAAGGCCCTCACTCCG-TAMRA 3'

Presencia de inhibidores: Se evaluó mediante amplificación del gen endógeno alcohol deshidrogenasa en tres extracciones (A, B, C) de cada concentración (10%, 1%, 0.5%, 0.2%, 0.1%), por duplicado, para un total de 30 determinaciones.

Especificidad analítica: Se determinó mediante PCR-TR para el evento TC1507, utilizando MRC de maíz (TC1507, MON 810, NK 603, GA 21, MIR 604, 98140) y soya (GTS 40-3-2, DAS 81419-2, DAS 44406-6), además de soya GTS 40-3-2 al 0% como control negativo. Se realizaron dos réplicas por MRC, para un total de 20 muestras (Broeders *et al.*, 2014)

Límite de detección (LD): Se evaluó mediante diluciones seriadas de ADN de TC 1507 en concentraciones de 1%, 0.5%, 0.2% y 0.1%, con tres extracciones (A, B, C) por cuatriplicado, manteniendo todos los parámetros y condiciones de ensayo sin variaciones, totalizando 36 determinaciones por concentración. El LD al 95% se calculó mediante análisis Probit utilizando el software MINITAB Statistical Software Release 14.12.0.

Robustez: Se introdujeron variaciones controladas en el protocolo, incluyendo el cambio de enzimas (FastStart Essential DNA Master por FastStart DNA Master HybProbe) y ajustes en el programa de termociclado: desnaturalización a 95 °C por 10 min, seguido de 45 ciclos de 95 °C por 15 s y 55 °C por 60 s, según el protocolo de la enzima HybProbe.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El método de extracción permitió obtener ADN con rendimientos entre 50 y 104.30 ng/µL, adecuados para aplicaciones moleculares. Las relaciones de absorbancia 260/280 (>1.8–2.0) y 260/230 (~2.0) confirmaron la pureza del ADN, con baja presencia de proteínas y contaminantes orgánicos. La integridad fue verificada mediante electroforesis en gel de agarosa al 1.5%, observándose bandas definidas por encima de los 2645 pb, correspondientes a ADN cromosómico intacto (figura 1). La ausencia de bandas secundarias indicó que no hubo degradación significativa. Todas las muestras fueron ajustadas a una concentración estándar de 50 ng/µL ± 2 ng/µL, garantizando homogeneidad y reproducibilidad en los ensayos posteriores.

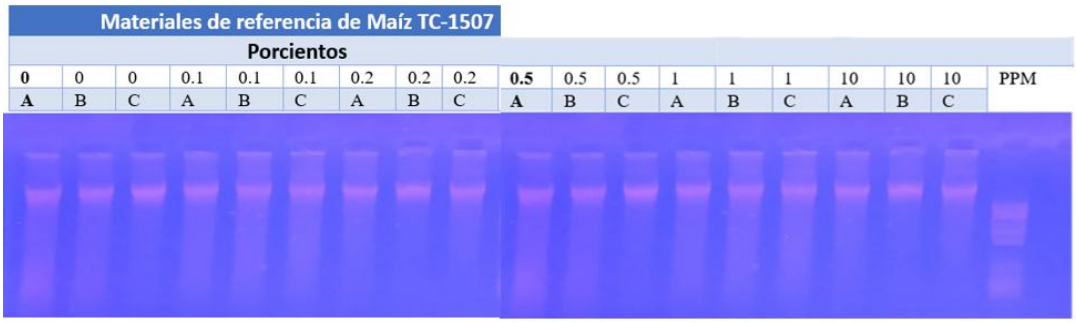


Figura 1. *Electroforesis en gel de agarosa*

La presencia de inhibidores fue descartada mediante la amplificación del gen endógeno alcohol deshidrogenasa de maíz, utilizado como control taxonómico. Los valores de CT obtenidos (22.73–22.96) y la forma sigmoidea de las curvas de amplificación confirmaron la ausencia de interferencias en la reacción de PCR, asegurando la calidad de los ADN extraídos (figura 2).

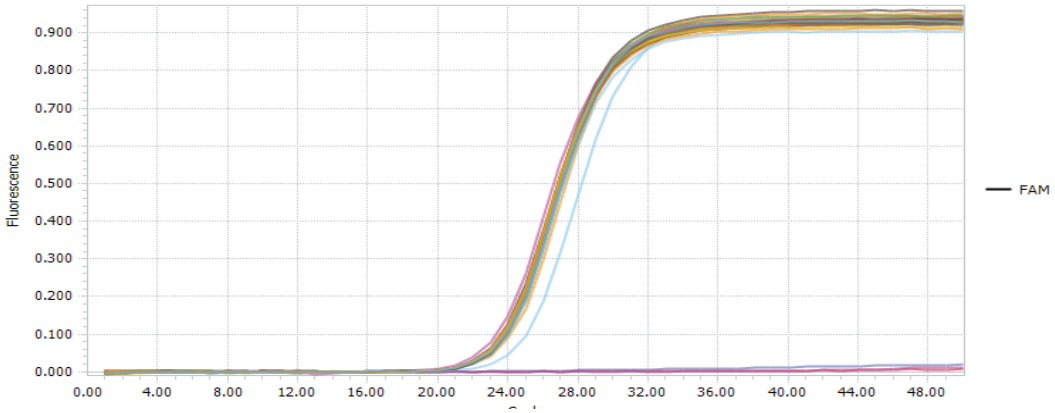


Figura 2. *Curvas de amplificación del gen endógeno alcohol deshidrogenasa en MRC maíz TC 1507*

El ensayo mostró una especificidad absoluta para el evento TC 1507, sin reacciones cruzadas con otros eventos transgénicos de maíz ni de soya. La amplificación se observó exclusivamente en la matriz de maíz TC1507 al 10% (tabla 2), confirmando la selectividad de los cebadores y sondas diseñados, que son diana genética para reconocer la región de recombinación insertada en el genoma vegetal (unión 5' inserto-planta). La detección se realizó mediante sondas marcadas con FAM y apagador MGBNFQ, lo que permitió una lectura precisa en tiempo real.

El estudio de sensibilidad demostró que el ensayo de PCR en tiempo real cualitativo es capaz de detectar el evento transgénico TC1507 en concentraciones tan bajas como 0.025%, con una tasa de amplificación del 91.7%. En concentraciones de 0.2%, 0.1% y 0.05%, se obtuvo amplificación del 100%, lo que confirma la alta sensibilidad del método en condiciones de repetibilidad (tabla 3). Este límite de detección cumple con los requisitos regulatorios internacionales para ensayos cualitativos de organismos genéticamente modificados, que establecen umbrales de detección iguales o inferiores al 1%. Además, el desempeño del ensayo supera al de métodos convencionales de PCR, cuyo LD suele oscilar entre 1% y 5%, posicionándolo como una herramienta eficaz para la identificación de trazas de OGM en matrices de maíz destinadas a la alimentación animal (ISO, 2005).



Tabla 2. *Análisis de la Especificidad del Gen especifico Maíz TC 1507*

Matrices	CT
Maíz TC 1507	25.58
Maíz TC 1507	25.55
Maíz MON 810	ND
Maíz MON 810	ND
Maíz NK 603	ND
Maíz NK 603	ND
Maíz GA 21	ND
Maíz GA 21	ND
Maíz MIR 604	ND
Maíz MIR 604	ND
Maíz 98140	ND
Maíz 98140	ND
Soya GTS 40-3-2	ND
Soya GTS 40-3-2	ND
Soya DAS 81419-2	ND
Soya DAS 81419-2	ND
Soya DAS 44406-6	ND
Soya DAS 44406-6	ND
Negativo TC 1507 Blank	ND
Negativo TC 1507 Blank	ND

Tabla 3. *Resultados del límite de detección en condiciones de repetibilidad*

MRC Maíz TC 1507	CT	Desviación estándar	Coeficiente de variación	Porciento de amplificación
0,2 %	31.62	0.281725372	0.890995562	100 %
0.1 %	32.85	0.399396441	1.215942077	100 %
0.05	33.77	0.523260049	1.549456445	100 %
0.025	37.07	0.913646499	2.464375012	91.7 %

LD: límite de detección, CT: ciclo umbral, MRC: Material de referencia certificado

Los valores de desviación estándar (DE) y coeficiente de variación (CV) fueron inferiores al 5%, indicando alta precisión. El análisis estadístico mediante ANOVA mostró valores de p > 0.05 para los estadísticos F y T, lo que sugiere baja variabilidad intra-ensayo y buena repetibilidad. (Broeders *et al.*, 2014)

La robustez fue evaluada frente a variaciones experimentales clave, como el tiempo de alineamiento (15–30 s) y el uso de diferentes enzimas comerciales para PCR-TR (ROCHE). En todos los casos se obtuvo amplificación del 100% en concentraciones de 0.1% y 0.05%, con valores de desviación estándar (DE) y coeficiente de variación (CV) bajos, lo que indica que el ensayo es estable y confiable ante cambios operacionales (tabla 4).

Tabla 4. *Resultados del estudio de robustez*

Robustez			
MRC Maíz 1507	**CT**	**Desviación estándar**	**Porciento de amplificación**
0.1%	32.3	0.204581	100%
0.05 %	32.8	0.409730	100%

CT: ciclo umbral, MRC: Material de referencia certificado

Los resultados obtenidos en este estudio demuestran que el ensayo de PCR en tiempo real cualitativo para la detección del evento transgénico TC1507 posee un desempeño técnico robusto y cumple con los criterios internacionales de validación. La especificidad observada, sin reacciones cruzadas con otros eventos de maíz o soya, coincide con lo reportado por Dörries et al. (2010), quienes desarrollaron un método exclusivo para este evento con alta selectividad en matrices complejas.

La sensibilidad alcanzada, con detección efectiva en concentraciones tan bajas como 0.025 %, supera los umbrales establecidos por la norma ISO 21569, que recomienda límites iguales o inferiores al 1 % para métodos cualitativos (ISO, 2005). Estos resultados se alinean con los criterios de validación propuestos por Broeders *et al.* (2014), que destacan la importancia de parámetros como sensibilidad, especificidad y repetibilidad para garantizar la confiabilidad en laboratorios oficiales.

La baja variabilidad intra-ensayo y los valores de precisión obtenidos refuerzan la robustez del método frente a variaciones operacionales, como el tiempo de alineamiento y el uso de diferentes enzimas comerciales. Este comportamiento es coherente con las directrices del Codex Alimentarius, que promueven la calidad y consistencia en los análisis realizados por laboratorios oficiales (FAO/WHO Codex Alimentarius Commission, 2009).

El cumplimiento de requisitos establecidos por organismos internacionales como el Codex Alimentarius, la norma ISO 21569 y el Manual de protocolos de medición de OGMs (CIBIOGEM & CENAM, 2024) respalda la validez del ensayo y su aplicabilidad en contextos regulatorios. Estas normativas consolidan prácticas estandarizadas para la detección de OGMs en matrices destinadas a la alimentación animal.

En conjunto, los resultados confirman que el ensayo validado es específico, sensible, preciso y robusto, lo que lo convierte en una herramienta eficaz para el monitoreo de OGMs en maíz, en concordancia con los principios de bioseguridad y el enfoque de Una Salud.

CONCLUSIONES

La implementación de este método contribuye significativamente a la seguridad alimentaria**,** la trazabilidad genética y el cumplimiento de las normativas internacionales en materia de organismos genéticamente modificados. Además, fortalece las capacidades nacionales en bioseguridad agroalimentaria**,** alineándose con el enfoque Una Salud, al prevenir la liberación no controlada de eventos transgénicos al medio ambiente.

BIBLIOGRAFÍA

Broeders S, Huber I, Grohmann L, Berben G, Taverniers I, Mazzara M. 2014. Guidelines for validation of qualitative real-time PCR methods. TRENDS IN FOOD SCIENCE \and TECHNOLOGY 37 (2); p. 115-126. JRC93345

Broll, H., Bendiek, J., Braeuning, A., Eckermann, K. N., Gebhardt, A., Grohmann, L., & Querci, M. (2025). Status and trends in the analysis of GMO and new genomic techniques. Journal of Consumer Protection and Food Safety, 20(1), 89-92.



CIBIOGEM & CENAM. (2024). Manual de protocolos de medición de organismos genéticamente modificados. Comisión Intersecretarial de Bioseguridad de los Organismos Genéticamente Modificados.

Dörries, H., Remus, I., Grönewald, A., & Bremer, J. (2010). Development of a qualitative, multiplex real-time PCR kit for screening of genetically modified organisms (GMOs). Analytical and Bioanalytical Chemistry, 396, 2043–2054

European Union Reference Laboratory for GM Food and Feed (EURL GMFF), Joint Research Centre (JRC), European Commission. (2006). Event-specific method for the quantitation of maize line TC1507 using real-time PCR: JRC validated methods, reference methods and measurements report. Luxembourg: Publications Office of the European Union.

FAO/WHO Codex Alimentarius Commission. (2009). Principios y directrices para la realización de análisis en laboratorios oficiales de control de alimentos. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

International Organization for Standardization. (2005). ISO 21569:2005 - Foodstuffs — Methods of analysis for the detection of genetically modified organisms and derived products — Qualitative nucleic acid based methods

ISO 17025: 2017. General requirements for the competence of testing and calibration laboratories (ISO/IEC 17025:2017).

Kim, J. H., Kim, J. W., Jung, M., & Yi, G. 2025. DNA extraction from a maize (Zea mays L.) seed without damaging germination ability. Plant Biotechnology, 42(1), 93-98.

Košir, A. B., Muller, S., Žel, J., Milavec, M., Mallory, A. C., & Dobnik, D. 2023. Identificación y cuantificación multiplex rápida y precisa de siete líneas de soja modificada genéticamente mediante PCR digital de seis colores. Foods, 12 (22), 4156.

Manterola, C., Rivadeneira, J., Leal, P., Rojas-Pincheira, C., & Altamirano, A. 2024. Una Sola Salud. Un enfoque multisectorial y transdisciplinario. International Journal of Morphology, 42(3), 779-786.

Milavec, M., Dobnik, D., & Žel, J. 2022. Validation of qPCR methods for GMO detection: Practical approaches and regulatory requirements. Analytical and Bioanalytical Chemistry, 414(3), 1125–1134.

PAS-61. Indicadores hematológicos del *Canis lupus familiaris* vistos desde el contexto de Una salud

Hematological indicators of the *Canis lupus familiaris* seen from the context of a *One health*

LE, Dihigo Cuttis[1]; H, Navarro Luna[1]; V, Pérez González[1]; I, Péres Gómez[1]; JM, Sánchez Pellitero[1] y A, Casquero Rodríguez[1]*

[1]Centro de Investigaciones para el Mejoramiento Animal de la Ganadería Tropical (CIMAGT). Avenida 101 # 6214 % 100 y 62. Loma de Tierra, Cotorro. La Habana.

[*]Correspondencia a: dihigo297@gmail.com

ABSTRACT

The objective of this work was to determine the hematological and biochemical indicators in the *Canis lupus familiaris* of the Cotorro municipality, Havana province. One hundred and eight canines of different breds and ages were used, 46 from 2023 and 62 from 2024. Blood tests included the following: the hematological profile Hb-hemoglobin, Hct-hematocrit, Ery-erythrocyte count, TLC-total leukocyte count, lymphocyte, monocytes segmented and band neutrophils monocytes, as well as blood biochemistry: glucose, cholesterol, Triglycerides, total proteins, albumin and globulins. A decrease was observed in Hb, Hct and Ery values, with lower than the reference value, (10.00g/l. 31.84% y 4.74106/µL) respectively, consistent with anemia. A similar pattern was observed for MN and Ns, with values (6.62. 33.95 %) respectively lower than the reference value. However, neutrophils were observed cholesterol levels well above average al 34.9% for PT, ALB and Glo, the reported values were 68.80. 26.86 y 42.30 respectively hyperglobulinemia was reported for the latter indicator. Blood levels showed no differences for leukocytes, monocytes, total proteins, and albumin. It is concluded that the canis in the Cotorro municipality showed a decreases in the blood levels of hemoglobin and hematocrit, consistent with hemoparasitic diseases, and hyperglobulinemia due to an increase in immunoglobulins, consisted with inflammatory state that characterize some zoonotic diseases.

Palabras clave: *canis, hemograma, bioquímica sanguínea, anemia y hyperglobulinemia.*

Keyword: *canis, hemogram, blood biochemistry, anemia and hyperglobulinemia.*

INTRODUCCIÓN

El concepto de *One Health* se define como "los esfuerzos de colaboración de múltiples disciplinas (personal médico, veterinario, investigador, *etc*.) que trabajan local. nacional y globalmente para lograr una salud óptima para las personas, los animales y nuestro medio ambiente". La salud humana y la sanidad animal son interdependientes y están vinculadas a los ecosistemas en los cuales coexisten (OMS, 2023).

En la práctica habitual de las ganaderías coexistes muchos animales entre ellos el *canis Lupus familiaris. s*e relaciona estrechamente tanto en la ganadería vacuna como en los hogares, constituyendo un animal de compañía y de trabajo. Se hace cada día más importante mantener a estos animales libres de enfermedades, muchas de las cuales constituyen zoonosis, por lo que el correcto diagnóstico de las mismas de forma preventiva como para identificar y tratarlas de forma oportuna (Monsalve *et al*., 2009).

El diagnostico hematológico y bioquímico es una de las practicas que más se usan para determinar el estado de salud de los animales. Estudiar las variaciones hematológicas nos permite conocer las alteraciones que pueden afectar a los órganos. y las variables en el estado fisiológico de los animales estas influyen directamente en los resultados de los cuadros hemáticos por esta razón para una correcta interpretación del hemograma, es necesario tener en cuenta los diferentes factores y variabilidad que podemos encontrar. También, debemos considerar las condiciones climáticas y ambientales del entorno en las que se encuentra el animal, su estado nutricional, raza y manejo (Arias. 2021).

Es por ello que el objetivo del presente trabajo fue determinar los indicadores hematológicos y bioquímicos en el *Canis lupus Familiaris* del municipio Cotorro. Provincia de La Habana.

MATERIALES Y MÉTODOS

Animales. Se analizaron las fichas clínicas de cada animal. indicando los datos generales (sexo, edad, raza), así como el antecedente de garrapatas y la evaluación clínica completa. Para el trabajo se utilizaron 108 caninos (*Canis lupus familiaris*) de diferentes razas y edades 46 del año 2023 y 62 del 2024, a los cuales se les efectuó extracción de sangre de la vena radial (2 ml en un vial con anticoagulante 0.02ml de EDTA (*Ácido Etilen Diamino Tetraacético*) y 5 ml sin anticuagulante para la obtención de suero sanguíneo. Los animales correspondían a diferentes propietarios, tanto del casco Urbano como de las diferentes unidades de producción ganaderas.

Las determinaciones analíticas se realizaron en el Laboratorio Clínico Asistencial (LCA) del CIMAGT

Análisis hematológico**:** Hemoglobina (Hb**).** La determinación de la concentración de hemoglobina (Hb) se realizó por el método de la Cianometahemoglobina, a través del Espectrofotómetro VS-850, (Cardoso, *et al*. 2014), Hematocrito (Hto). Los valores de hematocrito (Hto) se determinaron mediante la técnica de microhematocrito por centrifugación, con capilares heparinizados que fueron sometidos a centrifugación 3500 rpm durante 3 min. mediante una microcentrífuga (Gregg, 2003). Los datos se compararon con las medidas de referencia para perros reportados por Patología Clínica Veterinaria de Duncan y Prasse (2005) y en El Manual Merck de Veterinaria (2007, 2016).

Bioquímica sanguínea: se separó el suero sanguíneo del coágulo formado en el tubo de ensayo de cada muestra. Posteriormente se centrifugó. cada muestra a 3500 rpm durante 15 min y se almacenó el suero sanguíneo a -20°C hasta su posterior análisis. En el mismo se determinaron las concentraciones de las variables bioquímicas: glucosa, colesterol, triglicérido, proteínas totales, albúmina y globulina. Estas determinaciones se evaluaron según lo descrito en el (Manual de Técnicas: Bioquímica Clínica. 2014), a través de un Espectrofotómetro VS-850.

Análisis estadísticos: Se realizó la estadística descriptiva para las variables cuantitativas. La distribución de frecuencias incluyó tanto la absoluta (cantidad de animales observados en cada variable) como la relativa (% que representó la anterior del total analizado). Para el análisis de los resultados se consideró como significación estadística una $p<0.05$. El programa estadístico utilizado fue el InfoStat v. 2.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 1 se observan los valores de la hematología para los caninos que asistieron a consulta médica con diversos signos compatibles con afecciones hematológicas entre los años 2023 y 2024.

El hemograma es uno de los análisis más comunes y se utiliza para medir la cantidad de células (glóbulos rojos o blancos) existentes en la sangre Este tipo de análisis puede revelar información crucial sobre el estado de salud del animal, como la presencia de una anemia o una infección (Greene,1997; Maigua, 2018).).

Tabla 1. *Valores de la hematología de la serie eritroide para los caninos que asistieron a consulta médica con diversos signos compatibles con afecciones hematológicas entre los años 2023 y 2024.*

Variable	Referencia	Media	DE	EE	Mediana	Mín.	Máx.
Hemoglobina (g/dL)	12-18	10.00	17.18	1.96	26.18	2.73	24.70
Hematocrito (%)	37-52	31.84	9.13	183.91	18.63	20.20	34.53
Eritrocitos (10^6/µL)	5.5-8.2	4.74	12.50	1.88	12.81	45.91	90.92
VCM (fl)	60-77	72.81	97.50	7.19	31.80	62.19	79.55
HCM (pg)	17-30	151.98	74.05	25.86	65.41	12.64	231.17
CHCM (g/dL)	31-37	30.31	4.27	0.33	17.22	11.55	51.96
Plaquetas (10^3/µL)	175-490	367.63	130.37	32.19	220.52	109.52	502.30

DE: Desviación estándar, EE: Error estándar, Mín.: Mínimo, Máx.: Máximo, VCM: Volumen corpuscular medio, HCM: Hemoglobina corpuscular media, CHCM: Concentración de hemoglobina corpuscular media.

Se determinó que la mayoría de los animales que asistieron al laboratorio Clínico asistencial del CIMAGT (LCA-CIMAGT) eran canis enfermos, ya que los indicadores de Hb, Hto, eritrocitos y el CHCM se encontraban por debajo de los parámetros recomendados (MVH. 2018). Estas alteraciones hematológicas (anemia) son frecuentes en los casos de E*rlischiosis canina* (unido a la trombocitopenia. leucopenia Ettinger. 1992). Este dato es de gran importancia para la Salud Pública. ya que las bacterias del género *Ehrlichia*. incluyendo a *E. canis* son causales de infección en humanos (Pérez *et al.*. 1996).

La hemoglobina (Hb) es una proteína globular. que está presente en altas concentraciones en lo glóbulos rojos y se encarga del transporte de O_2 del aparato respiratorio hacia los tejidos periféricos; y del transporte de CO_2 y protones (H+) de los tejidos periféricos hasta los pulmones para ser excretados. Estos animales al presentar anemia se compromete el transporte de estos gases y el buen funcionamiento del organismo (Grandía *et al*.. 2019).

Se pudo observar que las anemias no eran por falta de hierro como lo refleja HCM. los valores estuvieron muy superiores a los rangos fisiológicos. Se determinó que el mayor porcentaje de los canis analizados presentaban síntomas de anemia. A nivel mundial. patógenos como *Mycoplasma spp. Babesia spp. Anaplasma spp y Cytauxzoon felis* son los principales causantes de anemias infecciosas transmitidas por artrópodos en perros y gatos (Spada *et al*. 2014; El Hamiani-Khatat *et al*. 2015).

Existen un grupo de enfermedades zoonoticas emergentes como la enfermedad de Lyme. que fue definida como una entidad clínica en 1977 y cuyo agente resultó ser una espiroqueta aislada en 1982 y para la cual se propuso el nombre *Borrelia burgdorferi.* De 380 muestras obtenidas de perros procedentes de dos locales de venta de animales en Wisconsin. Estados Unidos, 53% dieron resultados positivos a la prueba de inmunofluorescencia y se aisló el agente patógeno de la sangre de 8 de 111 perros (Burgess.1986). Esta no se ha reportado en Cuba.

Las plaquetas que son las encargadas de la coagulación sanguíneas se encontraban dentro de los parámetros normales.

En la tabla 2 se observan los valores de la serie mieloide y linfoide de los canis en igual período. Los leucocitos son las células encargadas de proteger al organismo contra las infecciones. Si un virus, bacteria u otro microorganismo penetra dentro del organismo, los leucocitos se organizan para atacarlo y destruirlo. La presencia de una infección normalmente altera el número total de leucocitos (Ramírez, 2006).

Tabla 2. *Comportamiento de los valores de la serie mieloide y linfoide en los canis en el período estudiado.*

Variable	Referencias	Media	DE	EE	Mediana	Mín.	Máx.
Leucocitos. (10^3/mm^3)	9-15	11.83	17.82	22.80	20.65	11.28	172.92
Linfocitos. (%)	13-30	34.11	9.58	11.62	93.02	16.30	73.00
Monocitos. (%)	0-8	6.62	19.75	45.49	19.30	1.00	37.00
Neutrófilos Seg. (%)	60-77	33.95	22.26	82.59	36.50	3.00	43.50
Neutrófilos Banda. (%)	0-3	24.15	54.47	16.06	24.50	1.00	36.17

DE: Desviación estándar, EE: Error estándar, Mín.: Mínimo, Máx.: Máximo,

Los valores reportados de la serie mieloide y linfoide leucos totales y monocitos se encuentran dentro del rango permisible, no obstante, se reportan valores muy por encima como se refleja en los máximos reportados (leucocitosis). La leucocitosis puede reflejar trastornos hepáticos inflamatorios, infecciosos, endotóxicos, necrolíticos o infiltrativos difusos, o liberación de glucocorticoides endógenos o administración de glucocorticoides. La leucopenia puede reflejar sepsis o intoxicación que provocan el desarrollo de un sumidero, donde las células se acumulan en el hígado o puede reflejar una lesión común que afecta a la médula ósea.

En el caso particular de los linfocitos se presentaron valores superiores al rango permisible (linfocitosis). Esto pudiera estar asociado a la ocurrencia en este período de enfermedades virales circulando en la masa canina no vacunada o a las causadas en perros y gatos por infecciones eritrocitarias (*Ehrlichia spp*, *Anaplasma spp, Mycoplasma spp*, *Babesia spp, Cytauxzoon felis, FeLV),* vacunaciones, medicamentos y neoplasias (Weiss y Wardrop. 2010).

Se observó una neutrofilia marcada con desviación a la izquierda por el aumento de neutrófilos en banda. Una de las causas fundamentales es debido a procesos inflamatorios que acompaña a la mayoría de las enfermedades hemoparasitarias.

En la tabla 3 se observan los valores de la bioquímica sanguínea en los canis. La bioquímica sanguínea es otro componente vital del análisis de sangre en perros. Proporciona información sobre la función de los órganos internos. Alteraciones en la glucosa pueden indicar diabetes o problemas metabólicos (Coppo. 2019). No se observó que los valores de glucosa de forma general estuvieran indicando un problema de diabetes. No obstante, cuando se encuentran muy por debajo sería un indicador importante para estimar subnutrición (Luna 2000).

Los lípidos representan una importante fuente de reserva energética para los caninos y. en general. para todos los mamíferos. desempeñan funciones de protección frente al frío y los traumatismos. y ayudan a la formación de enzimas. hormonas y mensajeros (Xenouli & Steiner, 2010). La fuente principal de colesterol y de triglicéridos procede de la dieta. aunque en ocasiones estos pueden ser sintetizados por el hígado y otros tejidos. En los animales analizados este indicador estuvo por encima de los valores de referencia por lo que pudiera estar comprometida las funciones cardiacas. En canino es considerado como patrón las lipoproteínas de alta densidad (HDL). que además se cree que influye en la protección para enfermedades coronarias. que son tan comunes en los humanos (Rigotti.. *et al* 2018).



Tabla 3. Valores de bioquímica sanguínea de los canis en el período estudiado

Variable	Referencia	X	DE	EE	CV	Mediana	Mín.	Máx.
Perfil energético y lipídico								
Glucosa. (mmol/L)	3.3-6.0	2.96	3.21	32.79	19.14	21.71	0.12	15.51
Colesterol. (mmol/L)	3.4-6.0	34.02	1.42	12.25	21.87	1.69	5.39	100.15
Triglicéridos. (mmol/L)	0.2-1.2	0.94	32.64	20.39	0.13	5.25	96.73	8.34
Perfil hepático								
Proteína Total, (g/L)	55-75	68.80	17.31	0.87	59.51	132.08	34.87	96.05
Albumina, (g/L)	26-40	26.86	23.73	5.45	119.44	21.69	11.15	48.08
Globulina, (g/L)	24-40	42.30	6.18	97.53	82.53	40.80	18.33	70.61

DE: Desviación estándar, EE: Error estándar, Mín.: Mínimo, Máx.: Máximo

Al analizar algunos de los indicadores del perfil hepático se observó un pequeño aumento de las Globulinas (hiperglobulinemia). Esta es la causa de mayor importancia clínica en los canis por aumento de inmunoglobulinas en estados inflamatorios, o neoplásicos como en las neoplasias linfoides o el mieloma múltiple. En esta situación los valores de albúmina son normales, o ligeramente disminuidos como se observó en el presente estudio. Son raros los casos en los que se producen disminuciones de globulinas con albúmina normal (Fraile, 2014).

CONCLUSIONES

Se concluye que los *Canis lupus familiaris* del municipio Cotorro presentaron disminución en los indicadores sanguíneos hemoglobina, hematocrito, eritrocitos compatibles con enfermedades hemoparasitarias y una hiperglobulinemia por aumento de inmunoglobulinas asociadas a estados inflamatorios que caracterizan algunas de las enfermedades zoonosis existiendo un riesgo potencial para los propietarios de animales afectados.

BIBLIOGRAFÍA

Arias. L.K.H.2021. Determinación de parámetros hematológicos y química*. Villavicencio. Colombia: Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales Medicina Veterinaria y Zootecnia.

Burgess.E.C.1986. Natural exposure of Wisconsin dogs to the Lyme disease spirochete (Borrelia burgdorferi). Lab Anim Sci 36:288–290.

Coppo. J.A. 2019. Interpretación de análisis clínicos en perros y gatos*. Salta: Ediciones Universidad Católica de Salta.

Ettinger SJ. 1992. Tratado de medicina interna. Enfermedades del perro y del gato. México DF: Inter-Médica. p 297299.

Grandía 2019. Hallazgos hematológicos en perros y gatos en Lima. Perú, Rev Inv Vet Perú; 30(4): 1395-1413. http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v30i4.17154.

Greene RT. 1997. Ehrlichiosis canina: Implicaciones clínicas de factores humorales. En: Terapéutica veterinaria de pequeños animales. Kirk (ed). 12a ed. p 317-320. McGraw-Hill Interamericana. México.

Luna. C. 2000. Nutrición del paciente hospitalizado'. Revista Hospital General Dr. M Gea González. 3(2). p. 7.

Monsalve B; Salim Mattar V y González T. 2009. Zoonosis transmitidas por animales silvestres y su impacto en las enfermedades emergentes y reemergentes. Rev. MVZ Cordoba. 14(2).

Maigua, LET. 2018. Caracterización del perfil hematológico y bioquímico del perro. Latacunga: s.n

Organización Mundial de la Salud. 2023. https://www.isglobal.org/healthisglobal/-/custom-blog-portlet/one-health-una-sola-salud-o-como-lograr-a-la-vez-una-salud-optima-para-las-personas-los-animales-y-nuestro-planeta/90586/0

Pérez M. Rikihisa Y. Wen B. 1996. Ehrlichia canis-like agent isolated from a man in Venezuela: antigenic and genetic characterization. J Clin Microbiol 34: 2133-2139.

Rigotti. A. Krieger. M.1999. Getting a handle on "good" cholesterol with the high-density lipoprotein receptor'. *N Engl J Med*. 341(26). pp. 2011-2013.

Xenouli. P.G. Steiner. J.M. 2010.Lipid metabolism and hyperlipidemia in dogs'. *Vet J*. 183(1). pp. 12-21.

PAS-62. Evaluación del efecto de la inclusión en el alimento balanceado de la enzima Natuphos E 5000 G en el comportamiento bioproductivo y la calidad de los huevos de gallinas ponedoras

Evaluation of the effect of including the enzyme Natuphos E 5000 G in balanced feed on the bioproductive performance and quality of eggs from laying hens

G. Madrazo[1,2]; Indira Castillo[1], Y. Mendoza[1] y E. Acosta[1]

[1]Instituto de Investigaciones Avícolas (IIA). Ave. 7 de diciembre 6402, **e/** Mausoleo El Cacahual y General Antonio Maceo, Santiago de las Vegas, La Habana, Cuba.

[2]Asociación Cubana de Producción Animal.

*Correspondencia a: gmadrazofonseca@gmail.com

RESUMEN

El propósito de nuestro trabajo fue evaluar el efecto de la inclusión en el alimento balanceado de la enzima Natuphos E 5000 G en el comportamiento bioproductivo y la calidad de los huevos de gallinas ponedoras. Para ello, once mil ciento cuarenta ponedoras comerciales White Leghorn del híbrido L_{33} de 54 semanas de edad, fueron distribuidas según diseño completamente aleatorizado en dos tratamientos con 5 repeticiones cada una. Los tratamientos experimentales consistieron en: T1: Dieta control y T2: Dieta experimental (300 FTU de Natuphos E 5000/T). Para el estudio de las variables se empleó el Análisis de Varianza Clasificación Simple. Previamente se analizaron las varianzas de las muestras y se comprobó que los datos de las mismas se distribuyeran normalmente. Los datos en por cientos fueron transformados por $sen^{-1}\sqrt{p}$, posteriormente se realizó el análisis correspondiente. Se detectaron diferencias ($p < 0.01$) para huevo/ave/alojada, huevo/ave/día y conversión alimentaria a favor de las aves que recibieron la dieta experimental T2 (300 FTU de Natuphos E 5000/T). El Consumo acumulado, huevos rotos, mortalidad, peso vivo y calidad morfológica de los huevos, no presentaron diferencias ($p \geq 0.05$) entre los tratamientos. Los resultados de las variables estudiadas muestran el efecto favorable de la inclusión el alimento balanceado de la enzima Natuphos E 5000 en el huevo/ave alojada, huevo/ave/día y conversión alimenticia. No se detectó su efecto en el peso vivo y calidad morfológica de los huevos.

Palabras clave: *aditivos, fitasas, ponedoras, comportamiento productivo, calidad de huevos.*

ABSTRACT

The purpose of our study was to evaluate the effect of including the enzyme Natuphos E 5000 G in feed on the bioproductive performance and egg quality of laying hens. To this end, eleven thousand one hundred and forty commercial White Leghorn layers of the L33 hybrid, 54 weeks old, were distributed according to a completely randomized design into two treatments with 5 replicates each. The experimental treatments consisted of: T1: Control diet and T2: Experimental diet (300 FTU of Natuphos E 5000/T). Simple Classification Analysis of Variance was used to study the variables. The variances of the samples were previously analyzed and it was verified that the data were normally distributed. Percentage data were transformed by $sin\text{-}1\sqrt{p}$, and the corresponding analysis was then performed. Differences ($p < 0.01$) were detected for egg/bird/housed, egg/bird/day, and feed conversion in favor of birds receiving the experimental diet T2 (300 FTU of Natuphos E 5000/T). Cumulative intake, broken eggs, mortality, live weight, and morphological quality of eggs did not differ ($p \geq 0.05$) among treatments. The results of the variables studied show the beneficial effect of including the Natuphos E 5000 enzyme in the feed on egg/bird housed, egg/bird/day, and feed conversion. No effect was detected on live weight or morphological quality of the eggs.

Keywords: *additives, phytases, layers, productive performance, egg quality*

INTRODUCCIÓN

El uso de aditivos en la industria avícola actual reviste gran importancia (Pirgozliev *et al*. 2019). Estos autores plantearon, que los aditivos para piensos se definen como sustancias, microorganismos o preparados distintos de materias primas y premezclas, que se añaden intencionadamente al alimento o al agua para influir favorablemente en las características del pienso o de los productos de origen animal, las consecuencias ambientales de la producción animal, los rendimientos productivos, el bienestar, la salud, mediante su influencia en el perfil de la flora microbiana intestinal o la digestibilidad de los alimentos o por fu efecto coccidiostático. Los aditivos para piensos se asignan a una o más de las siguientes categorías, dependiendo de sus propiedades y funciones en aditivos: tecnológicos, sensoriales, nutricionales, zootécnicos y coccidiostático (Ravindran, 2010).

Entre los aditivos zootécnicos, el empleo de enzimas en alimentación animal, ha supuesto uno de los mayores avances tecnológicos, debido a su constante mejora en su proceso de obtención. En la actualidad se dispone de: carbohidrasas (beta-glucanasas, xilanasas, pectinasas, celulasas, amilasas), fitasas y proteasas (Abera 2024).

El fósforo es un mineral esencial para las aves de corral y cerdos, que lo requieren para diversas funciones biológicas. Desempeña un papel clave en la formación y mineralización de los huesos y participa en muchos otros procesos metabólicos, como la transferencia de energía y el ensamblaje de proteínas y ácidos nucleicos. El fósforo es también uno de los componentes básicos de las membranas celulares. La deficiencia de fósforo causa una mineralización ósea deficiente y afecta importantes parámetros de producción tales como la tasa de crecimiento y la calidad de la canal. Para garantizar la buena salud y el rendimiento de los animales, es esencial suministrar cantidades adecuadas de fósforo en la alimentación (Mohamed *et al* 2024).

En alimentos a base de plantas como cereales y semillas oleaginosas, hasta el 80 por ciento o más del fósforo total puede encerrarse en fitato. El fitato, que es la forma de almacenamiento del fósforo para sus plántulas, es prácticamente indigerible por los animales monogástricos. Esto hace que excreten cantidades considerables de fósforo no digerido de los componentes de alimentación vegetal, lo que también causa problemas ambientales. Los animales monogástricos como las aves de corral y los cerdos carecen de suficiente fitasa intestinal para descomponer el fitato, que está presente en las dietas basadas en cereales y soja en diferentes grados (Martínez – Aleson. 2012). El Natuphos está compuesto por una enzima 6 fitasa de origen bacteriano altamente eficiente y es originada de una cepa no patógena de Aspergillus niger en procesos de fermentación a gran escala.

Objetivo general: Evaluar el efecto de la inclusión en el alimento balanceado de la enzima Natuphos E 5000 G en el comportamiento bioproductivo y la calidad de los huevos de gallinas ponedoras.

Los objetivos específicos son:

Evaluar el comportamiento bioproductivo de las ponedoras y la calidad de los huevos producidos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Once mil ciento cuarenta ponedoras comerciales White Leghorn del híbrido L_{33} de 54 semanas de edad, fueron distribuidas según diseño completamente aleatorizado en dos tratamientos con 5 repeticiones cada una, constituida por una batería de jaulas de estructura piramidal de 3 hileras, a razón de 410 cm^2 por ave. Se utilizó un bebedero tetina para cuatro aves y 10 cm de comedero lineal por ave. Las naves empleadas fueron de estructura metálica, con techo de zinc y piso de cemento. La tecnología de crianza utilizada fue la recomendada por Madrazo *et al.* (2020). El experimento se desarrolló del 11 de marzo al 9 de junio del 2022 (54 – 66 semanas de edad). La evaluación se realizó en la nave 19 de la UEB San Agustín, perteneciente a la Empresa Avícola Mayabeque ubicada en la provincia de igual nombre.

Análisis estadísticos. Para el estudio de las variables se empleó el Análisis de Varianza Clasificación simple (ANOVA). Previamente se analizaron las varianzas de las muestras y se comprobó que los datos de las mismas se distribuyeran normalmente. Los datos en por cientos fueron transformados por $sen^{-1}\sqrt{p}$, posteriormente se realizó el análisis correspondiente. El control de la información primaria se efectuó mediante el "Programa para Control de la Producción de Huevos" (CPH) versión 1ß, elaborado por García (2020) y el procesamiento estadístico de los datos a través del programa estadístico Statgrafic plus (versión 5.1).

Los tratamientos experimentales consistieron en:

T1: Dieta Control

T2: Dieta experimental (300 FTU de Natuphos E 5000/T).

Las dietas experimentales y su aporte nutricional calculado se muestran en la tabla 1. Las mismas se formularon cubriendo las necesidades nutricionales sugeridas por Madrazo *et al.* (2020) para gallinas de postura. El alimento se suministró según tabla de consumo y el agua se suministró *ad libitum*. Las aves recibieron 16 horas de luz diariamente, para ello se ajustó el programa de iluminación artificial para completar las horas requeridas.

Los alimentos balanceados experimentales se elaboraron en la Fábrica de Piensos Flores Betancourt (H 1). Los baches fueron de 2.40 T y se fabricaron cada 7 días, elaborando 4.80 T por semana por tratamiento. La ampliación del producto se realizó en la misma fábrica cada 45 días. La misma se realizó en la micromezcladora de dicha fábrica añadiendo 1.892Kg de Natuphos E 5000 G y 313.108Kg de harina de soya, al tratamiento experimental se le agregó 24Kg de esta ampliación por templa de 2.4 T.

Calidad morfológica del huevo. Para evaluar la calidad morfológica se seleccionaron 60 huevos por réplica. Se efectuaron dos pruebas a lo largo del estudio en el Laboratorio de Bromatología del Instituto de Investigaciones Avícolas empleando el equipo F. K. S.

Para los índices de huevo, yema y clara y unidades de Haugh se utilizaron las siguientes ecuaciones:

Índice de forma del huevo = (ancho del huevo/altura del huevo) x 100

Índice de yema (IY) = altura de la yema / diámetro de la yema

Índice de clara (IC) = altura de la clara / diámetro medio de la clara

Unidades de Haugh = 100 log (H +7,75 -1,5 x W 0,37)

H = Altura de la clara W = peso del huevo

Tabla 1. *Composición y aporte nutricional calculado de las dietas experimentales (% Base Húmeda).*

Ingredientes (%)	**T1**	**T2**
	---- % ----	
H. Maíz (7.0 %)	57.980	58.800
H. soya (45.0%)	28.540	28.210
Aceite vegetal	2.120	2.120
Fosfato monocálcico	1.360	0.740
Carbonato de calcio	9.160	9.090
Sal común	0.300	0.300
DL- metionina	0.170	0.170
Cloruro de colina	0.070	0.070
Núcleo vitamínico[1]	0.150	0.150
Núcleo mineral[2]	0.150	0.150
Natuphos E 5 000 G	-	0.006
Aporte calculado		
Proteína cruda (%)	17.00	17.00
Energía metabolizable[3]	2.86	2.82
Fibra cruda (%)	2.02	2.03
Grasa cruda (%)	4.68	4.71
Ácido linoleico (%)	2.35	2.37
Sal común (%)	0.35	0.35
Sodio (%)	0.14	0.14
Cloro (%)	0.25	0.25
Calcio total (%)	3.78	3.66
Fósforo total (%)	0.63	0.50
Fósforo asimilable (%)	0.40	0.27
Lisina total (%)	0.94	0.95
Metionina total (%)	0.44	0.45
Metionina + cistina total (%)	0.73	0.73
Treonina total (%)	0.69	0.70
Triptófano total (%)	0.21	0.21

Núcleo vitamínico: Principio activo/kg de pienso: Vitamina A, 12 000 UI; Tiamina, 2.5 mg; Riboflavina, 6.0 mg; Piridoxina, 5.0 mg; Vitamina B_{12}, ,18.0 mcg; Vitamina D_3, 2500 UI; Vitamina E, 40.0 mg; Vitamina K_3 ,2.1 mg; Ácido pantoténico, 12 mg; Ácido fólico, 1 mg; Ácido nicotínico, 35 mg; Biotina, 0.150 mg; Antioxidante, 125 mg.

Núcleo mineral: Principio activo/kg de pienso: Cobalto, 0.5 mg; Cobre, 8 mg; Hierro, 60 mg; Yodo, 0.8 mg; Manganeso, 80 mg; Zinc, 70 mg; Selenio, 0.2 mg.

Megacalorías de energía metabolizable por kg de alimento.

RESULTADOS

En la tabla 2 se muestran indicadores productivos de las ponedoras comerciales acumulado según efecto de los tratamientos experimentales (54 – 66 semanas). Se detectaron diferencias ($p < 0.01$) para Huevo/ave/alojada, Huevo/ave/día y Conversión alimentaria a favor de las aves que recibieron la dieta experimental T2 (300 FTU de Natuphos E 5000/T). El Consumo acumulado, Huevos rotos y la Mortalidad no presentaron diferencias ($p \geq 0.05$) entre los tratamientos.

Tabla 2. *Indicadores productivos de las ponedoras comerciales acumulado según efecto de las dietas experimentales (54 – 66 semanas).*

Indicadores	Unidad de medida	T1	T2	±E.E.	Sig.
Huevo/ave/alojada	U	48.09	59.36	2.05	**
Huevo/ave/día	U	50.05	61.64	2.27	**
Consumo acumulado	Kg	9.83	9.83	-	n.s.
Conversión alimentaria	Kg/10 huevos	1.98	1.60	0.07	**
Huevos rotos	%	0.58	0.56	0.07	n.s.
Mortalidad	%	7.07	6.24	0.46	n.s.

*n.s.: no significativo $p \geq 0.05$, ** $p < 0.01$*

El gráfico 1 se muestra el por ciento de postura a lo largo del estudio por efecto de los tratamientos experimentales, donde se observa que la persistencia de la puesta de las aves del tratamiento 2 fue superior al tratamiento 1.

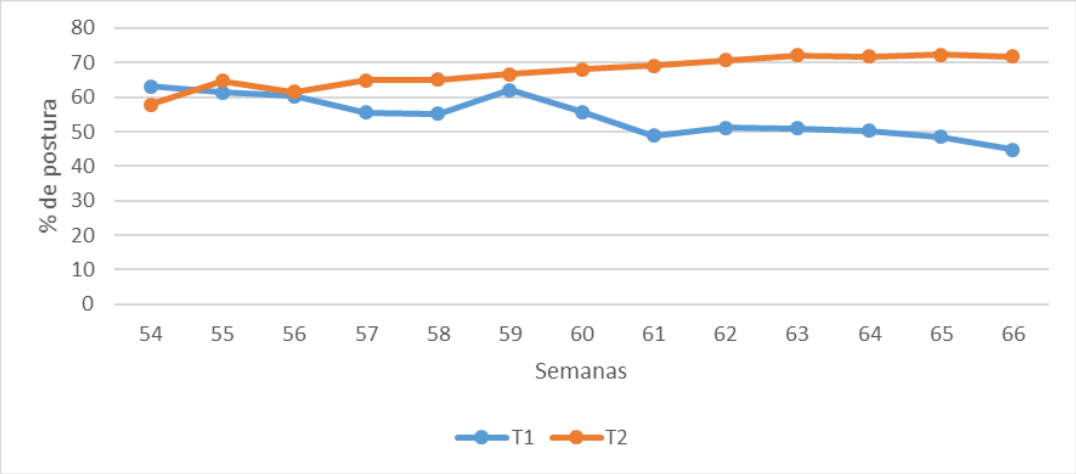


Gráfico 1. *Por ciento de postura de gallinas ponedoras comerciales desde la semana 54 a las 66 semanas de producción según efecto de los tratamientos experimentales.*

En la tabla 3 se muestra el comportamiento del peso vivo (Kg) de las aves a las 57, 63 y 66 semanas de edad según efecto de las dietas experimentales, no detectándose diferencias para esta variable (p ≥0.05) entre los tratamientos.

Tabla 3. *Comportamiento del peso vivo (Kg) de las aves a las 57, 63 y 66 semanas de edad según efecto de las dietas experimentales.*

Peso vivo	Semanas	T1 ----Kg----	T2	±E.E.	Sig.
1er pesaje	57	1480.18	1505.29	11.27	n.s.
2do pesaje	63	1501.86	1494.36	10.99	n.s.
3er pesaje	66	1445.89	1482.11	12.73	n.s.

n.s.: no significativo p ≥0.05

En la tabla 4 se muestran los resultados de la calidad de los huevos según los tratamientos experimentales a las 58 y 66 semanas de edad respectivamente, no detectándose diferencias para esta variable (p ≥0.05).

Tabla 4. *Calidad morfológica de los huevos de las ponedoras comerciales de las dietas experimentales (58 semanas de edad).*

Indicadores	T1	T2	±E.E.	Sig.
Grosor de la cáscara (mm)	0.35	0.36	0.26	n.s.
Índice de forma	75.39	76.23	0.43	n.s.
Índice de la clara	9.98	10.35	0.46	n.s.
Índice de la yema	39.35	39.05	0.26	n.s.
Peso del huevo (g)	60.80	61.06	0.40	n.s.
Resistencia a la ruptura (Kg/cm^2)	3.35	3.30	0.06	n.s.
Unidades de Haugh	79.71	79.89	0.65	n.s.

n.s.: no significativo p ≥0.05

CONCLUSIONES

Los resultados de las variables estudiadas muestran el efecto favorable de la inclusión el alimento balanceado de la enzima Natuphos E 5000 en el huevo/ave alojada, huevo/ave/día y conversión alimenticia.

No se detectó efecto de la inclusión el alimento balanceado de la enzima Natuphos E 5000 en el peso vivo y calidad morfológica de los huevos.

RECOMENDACIONES

Considerando los resultados de las variables estudiadas, recomendamos la evaluación de la enzima Natuphos E 5000 en el comportamiento bioproductivo de los reemplazos de las ponedoras comerciales.



BIBLIOGRAFÍA

Abera T. 2024. A review on feed additives in poultry. Journal of Animal Sciences and livestock production. ISSN:2577-0594.

García F. 2020. Programa para Control de la Producción de Huevos (CPH) versión 1ß. Instituto de Investigaciones Avícolas. La Habana. Cuba.

Madrazo, G.; Godínez, O.; Rodríguez, Y.; Sarda, R.; López, J.R.; Mesa, M. Bermúdez, J.; Pérez, M.; Vidal, A.; Mazorra, R.; Mendoza, Y.; Pinto, P.; Rodríguez, D. y Hernández, L. 2020. Guía general de manejo de las ponedoras comerciales y sus reemplazos. UECAN-Instituto de Investigaciones Avícolas.

Martínez – Aleson. 2012. Enzimas en la alimentación aviar: Novedades y aplicaciones prácticas. Ann. R. Acd. CC. Vet. 20:211-220.

Mohamed E.; Abd El-Hack, Mahmoud Alagawany; Muhammad Arif, Mohamed Emam; Muhammad Saeed, Muhammad A. Arain, Farman A. Siyal, Amlan Patra, Shaaban Saad Elnesr, Rifat Ullah Khan. 2018. The uses of microbial phyTase as a feed additive in poulTry nuTriTion – a review. Ann. Anim. Sci., Vol. 18, No. 3 (2018) 639–658

Pirgozliev, V., Rose, S. P., & Ivanova, S. (2019). Feed additives in poultry nutrition, Bulgarian Journal of Agricultural Science, 25(Suppl 1), 8–11.

Ravindran V. 2010. Disponibilidad de piensos y nutrición de aves de corral en países en desarrollo. Avances en la nutrición de las aves de corral. Monogastric Research Centre, Institute of Food, Nutrition and Human Health, Massey University, Palmerston North, Nueva Zelandia.

PAS-63. Cannabis variedad Cherry Oregón como promotor de crecimiento en gallinas Lohmann Brown en arranque de postura

Cannabis variety Cherry Oregon as a growth promoter in Lohmann Brown hens at the start of laying

J. C. Salinas Lozada[*], J. A. Sobenis Cortez, F. G. Espinoza E, P E Viñán Guerrero[2]

[1]Universidad Técnica de Babahoyo, Los Ríos, Ecuador.

[2]Universidad Nacional de Chimborazo

[*]Correspondencia a: jsalinasl@utb.edu.ec

RESUMEN

El estudio se realizó para determinar si la incorporación de cannabis en el alimento balanceado y en el agua de bebida influencio en el desarrollo de gallinas ponedoras de la raza Lohmann Brown durante su etapa de arranque de postura. Se trabajó con 136 gallinas, distribuidas en un diseño experimental de bloques completamente al azar con tres repeticiones por tratamiento. Los tratamientos incluyen un grupo sin control del uso de cannabis (T0) y tres grupos experimentales con dosis de 10 g (T1), 15 g (T2) y 20 g (T3) de cannabis por cada 10 kg de alimento balanceado y 10 litros de agua. Los resultados en la adición de cannabis en el concentrado que las gallinas del grupo T0 (sin uso de cannabis) lograron el mayor peso promedio (1946.78 g) al finalizar el estudio. Por su parte, el tratamiento T3 mostró el mayor desperdicio de alimento (613.35 g), mientras que el tratamiento T1 presentó pesos de los huevos más elevados (964.8 g), con la adición de cannabis en el agua se obtuvo los siguientes resultados, T0 que se suplemento con 0 g en cannabis en el agua se obtuvo 5,26L desperdicio tanto en el agua como alimento, rendimiento productivo del peso de huevo total fue 2711,1gr; T1 con 10 g de cannabis, reflejo 7,49L desperdicio de agua y un rendimiento productivo del peso de huevo total 2822,94gr, T2 presento rendimiento productivo del peso de huevo total 2740,914gr y del desperdicio de agua 6,76L., T3 se observó mayor rendimiento productivo del peso de huevo total de 3261,78gr, desperdicio 9,19L. Estos resultados han demostrado que el cannabis tiene un impacto significativo en el desarrollo de las aves. No obstante, se destaca que las dosis más altas pueden afectar negativamente la eficiencia alimentaria. Entre las limitaciones del estudio se encuentran la calidad de los huevos y las diferencias en la absorción del cannabis por las gallinas. Se recomienda que investigaciones futuras evalúen otras concentraciones, métodos de administración y los efectos a largo plazo en la producción avícola.

Palabras claves: *Cannabis de variedad Cherry Oregón, gallinas Lohman Brown, agua, promotor de crecimiento, rendimiento productivo*.

ABSTRACT

The study was conducted to determine if the incorporation of cannabis into the balanced feed and drinking water influenced the development of Lohmann Brown laying hens during their laying start stage. A total of 136 hens were worked with, distributed in a completely randomized block experimental design with three replications per treatment. The treatments included a group without cannabis use control (T0) and three experimental groups with doses of 10 g (T1), 15 g (T2) and 20 g (T3) of cannabis per 10 kg of balanced feed and 10 liters of water. The results of the addition of cannabis in the concentrate that the hens of the T0 group (without cannabis use) achieved the highest average weight (1946.78 g) at the end of the study. For its part, treatment T3 showed the highest feed waste (613.35 g), while treatment T1 presented higher egg weights (964.8 g), with the addition of cannabis in the water the following results were obtained, T0 which was supplemented with 0 g of cannabis in the water obtained 5.26 L waste in both water and feed, productive yield of the total egg weight was 2711.1 g; T1 with 10 g of cannabis, reflected 7.49 L water waste and a productive yield of the total egg weight 2822.94 g, T2 presented productive yield of the total egg weight 2740.914 g and water waste 6.76 L., T3 a higher productive yield of the total egg weight of 3261.78 g was observed, waste 9.19 L. These results have shown that cannabis has a significant impact on the development of birds. However, it is noted that higher doses may negatively affect feed efficiency. Limitations of the study include egg quality and differences in cannabis absorption by hens. Future research is recommended to evaluate other concentrations, administration methods, and long-term effects on poultry production.

Keywords: *Cherry Oregon cannabis variety, Lohman Brown chickens, water, growth promoter, productive yield.*

INTRODUCCIÓN

La avicultura ha generado diferentes tipos de innovación tecnológica en lo que se refiere al campo de la industria animal , ya que presenta una alta demanda para el consumo humano haciendo tanto que la producción de carnes y de huevo sea la más alta en los últimos años la población de gallinas ponedoras según el último censo agropecuario en el 2022 es de 24.9 millones de animales lo que hace que el sector busque otra alternativas nutritivas que mejore y sea más eficiente la producción (ESPAC , 2023)



El cannabis es legalizado a nivel mundial mediante una reforma al código orgánico integral penal, la agricultura y ganadería regulan su cultivo, producción, elaboración y comercialización, los emprendedores recolectan hasta 300 plantas autoflorescientes de la genética Cherry Oregon, además se trabaja con un cuidado intensivo sobre la bioseguridad tanto estas plagas presentes como son el gusano verde, el pulgón, el moho, que se los combate mediante agua oxigenada. (Naranjo, 2002).

La avicultura dentro de nuestro país es una de las actividades de mayor explotación dentro de la crianza y postura, se ha realizado una mayor especialización en la producción de huevos, el cual nos permite captar importantes resultados del Programa Avícola. (Herrera, 2011)

La industria avícola exige cada vez una cantidad mayor de eficiencia productiva en los últimos años esto se ha mejorado a través de mejoramientos genéticos, optimizando programas de sanidad y bioseguridad, así como avances de nutrición y manejo de las aves. En aves de postura, esto se refleja en animales más precoces con niveles de producción más altos por lo tanto mantener uno de los niveles de producción más alto por un periodo prolongado del ciclo productivo (Vera,2023).

En la industria avícola la eficiencia en la etapa de postura de las gallinas ponedoras de la raza Lohmann Brown, es importante maximizar la producción de huevos y garantizar su calidad. Sin embargo, la sostenibilidad de esta producción enfrenta múltiples desafíos, entre los cuales destacan el estrés oxidativo y la necesidad de mejorar la conversión alimenticia sin recurrir al uso de antibióticos como promotores de crecimiento, cuya utilización es cada vez más restringida debido en sus efectos (Cuéllar Sáenz Jerson, 2022).

MATERIALES Y MÉTODOS

Tipo y diseño de investigación

El tipo de investigación es de carácter experimental. Es un diseño en bloques completamente al azar de 4x3. Se utilizaron 136 gallinas que fueron divididas en 6 grupos de 6. A estos grupos se le administro cannabis mezclado por kg en el alimento y por litro de agua. Las gallinas serán alojadas en 8 bloques siendo así 24 jaulas, cada una de las cuales estará subdividida en tres compartimentos. La asignación de las gallinas a estos compartimentos y tratamientos será completamente aleatoria. El trabajo de investigación se realizó en la Facultad de Ciencias Agropecuaria (FACIAG), Carrera de Medicina Veterinaria, se realizó una formulación de balanceado. Para las comparaciones se revisará el consumo de cannabis en porcentaje y la producción de huevo.

Población

La investigación estará dirigida en la utilización de Cannabis de la variedad Cherry Oregon en el concentrado y agua como promotor de crecimiento.

Lohmann Brown

Es una gran ponedora de huevos, tiene una producción promedio de 305 huevos anuales, es destacada por sus huevos de gran tamaño, excelente cascara y pigmentación, un color marrón intensos que llegan a pesar entre 64 y 72g. (Galicia, 2020)

Muestra

136 gallinas.

Técnicas e instrumentos de medición

Técnicas
Utilización de cuatro porcentajes aleatorio de cannabis en el concentrado y agua para gallinas en etapa de postura.
Instrumentos
Formulación de balanceado.
Cannabis de variedad Cherry Oregon.
Gallinas.
Palas.
Escobas.
Afrecho.
Jaulas.
Galpón.
Huevera

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cuadro 1. *Peso semanal de los huevos de las gallinas Lohmann Brown en la etapa de postura con la adición de cannabis en el agua.*

Tratamientos	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7
T0 (0gr)	67,52 b	9,05 a b	19,19 a	87,81 c	186,47 b c	272,18 a	261,67 a
T1 (10 gr)	24,28 a	21,39 b c	156,77 c	47,78 b	170,43 b	288,67 a	231,67 a
T2 (15 gr)	30,61 a	26,78 c	37,80 b	25,39 a	211,67 c	321,56 a	259,83 a
T3 (20 gr)	30,50 a	6,00 a	32,68 a b	90,17 c	99,17 a	478,18 b	356,57 b
CV (%)	6,91	15,73	4,53	2,71	2,74	4,48	4,68
Significancia	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

Fuente: Verak.2025

Peso de los huevos en gr. Semana 1

El análisis de varianza se visualiza que en la semana 1 en la variable peso de huevos en gramos si se encuentra significancia estadística puesto que, el p-valor fue de <0,0001.

La prueba de Tukey al 5% de probabilidad demostró que el mayor peso fue el T0 con 67,52 gr, seguido el T2 con 30,61 gr, luego el T3 con un 30,50 gr y el menor peso fue el T1 con un total de 24,28 gr.

Peso de los huevos en gr. Semana 2

El análisis de varianza se visualiza que en la semana 2 en la variable peso de huevos en gramos si se encuentra significancia estadística puesto que, el p-valor fue de <0,0001.

La prueba de Tukey al 5% de probabilidad demostró que el mayor peso fue el T2 con 26,78 gr, seguido el T1 con 21,39 gr, luego el T0 con un 9,05 gr y el menor peso fue el T3 con un total de 0,00 gr. 24

Peso de los huevos en gr. Semana 3

El análisis de varianza se visualiza que en la semana 3 en la variable peso de huevos en gramos si se encuentra significancia estadística puesto que, el p-valor fue de <0,0001.

La prueba de Tukey al 5% de probabilidad demostró que el mayor peso fue el T1 con 156,77 gr, seguido el T2 con 37,80 gr, luego el T3 con un 32,68 gr y el menor peso fue el T0 con un total de 19,19 gr.

Peso de los huevos en gr. Semana 4

El análisis de varianza se visualiza que en la semana 4 en la variable peso de huevos en gramos si se encuentra significancia estadística puesto que, el p-valor fue de <0,0001.

La prueba de Tukey al 5% de probabilidad demostró que el mayor peso fue el T3 con 90,17 gr, seguido el T0 con 87,81 gr, luego el T1 con un 47,78 gr y el menor peso fue el T2 con un total de 25,39 gr.

Peso de los huevos en gr. Semana 5

El análisis de varianza se visualiza que en la semana 5 en la variable peso de huevos en gramos si se encuentra significancia estadística puesto que, el p-valor fue de <0,0001.

La prueba de Tukey al 5% de probabilidad demostró que el mayor peso fue el T2 con 211,67 gr, seguido el T0 con 186,47 gr, luego el T1 con un 170,43 gr y el menor peso fue el T3 con un total de 99,17 gr.



Peso de los huevos en gr. Semana 6

El análisis de varianza se visualiza que en la semana 6 en la variable peso de huevos en gramos si se encuentra significancia estadística puesto que, el p-valor fue de <0,0001.

La prueba de Tukey al 5% de probabilidad demostró que el mayor peso fue el T3 con 478,18 gr, seguido el T2 con 321,56 gr, luego el T1 con un 288,67 gr y el menor peso fue el T0 con un total de 272,18 gr. 25

Peso de los huevos en gr. Semana 7

El análisis de varianza se visualiza que en la semana 7 en la variable peso de huevos en gramos si se encuentra significancia estadística puesto que, el p-valor fue de <0,0001.

La prueba de Tukey al 5% de probabilidad demostró que el mayor peso fue el T3 con 356,57 gr, seguido el T0 con 261,67 gr, luego el T2 con un 259,83 gr y el menor peso fue el T1 con un total de 231,67

Cuadro 2. *Peso semanal de los huevos de las gallinas Lohmann Brown en la etapa de postura con la adición de cannabis en el concentrado.*

Tratamientos	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7
T0 (0gr)	9,63 b	13,09 b	10,24 b	13,55 b	18,83 d	60,57 c	24,90 c
T1 (10 gr)	34,67 a	33,37 a	31,65 a	33,12 a	40,95 a	86,40 a	47,44 a
T2 (15 gr)	9,41 b	10,60 b c	10,48 b	11,05 b c	24,69 c	58,30 c	33,87 b
T3 (20 gr)	9,16 b	10,05 c	10,39 b	9,71 c	29,10 b	71,84 b	23,93 c
CV (%)	6,97	6,84	6,26	7,52	2,97	1,3	6,65
Significancia	*	*	*	*	*	*	*

Fuente: Villacís V,2025

Peso del huevo en gr. Semana 1

El análisis de varianza refleja que en la semana 1 en la variable peso del huevo en gramos se encuentra significancia estadística puesto que, el p-valor fue de 0,0001.

La prueba de Tukey al 5% de probabilidad demostró que el mayor peso fue el T1 con 34,67 gr, seguido el T0 con 9,63 gr, luego el T2 con un 9,41gr y el menor peso fue el T3 con un total de 9,16 gr.

Peso del huevo en gr. Semana 2

El análisis de varianza refleja que en la semana 2 en la variable peso de gallina en gramos se encuentra significancia estadística puesto que, el p-valor fue de 0,0001.

La prueba de Tukey al 5% de probabilidad demostró que el mayor peso fue el T1 con 33,37 gr, seguido el T0 con 13,09 gr, luego el T2 con un 10,60 gr y el menor peso fue el T3 con un total de 10,05 gr.

Peso del huevo en gr. Semana 3

El análisis de varianza refleja que en la semana 3 en la variable peso de gallina en gramos se encuentra significancia estadística puesto que, el p-valor fue de 0,0001.

La prueba de Tukey al 5% de probabilidad demostró que el mayor peso fue el T1 con 31,65 gr, seguido el T2 con 10,48 gr, luego el T3 con un 10,39 gr y el menor peso fue el T0 con un total de 10,24 gr.

Peso del huevo en gr. Semana 4

El análisis de varianza refleja que en la semana 4 en la variable peso de gallina en gramos se encuentra significancia estadística

puesto que, el p-valor fue de 0,0001.

La prueba de Tukey al 5% de probabilidad demostró que el mayor peso fue el T1 con 33,12 gr, seguido el T0 con 13,55 gr, luego el T2 con un 11,05 y el menor peso fue el T3 con un total de 9,71 gr.

Peso del huevo en gr. Semana 5

El análisis de varianza refleja que en la semana 5 en la variable peso de gallina en gramos se encuentra significancia estadística puesto que, el p-valor fue de 0,0001.

La prueba de Tukey al 5% de probabilidad demostró que el mayor peso fue el T1 con 40,95 gr, seguido el T3 con 29,10 gr, luego el T2 con un 24,69 gr y el menor peso fue el T0 con un total de 18,83 gr.

Peso del huevo en gr. Semana 6

El análisis de varianza refleja que en la semana 2 en la variable peso de gallina en gramos se encuentra significancia estadística puesto que, el p-valor fue de 0,0001.

La prueba de Tukey al 5% de probabilidad demostró que el mayor peso fue el T1 con 86,40 gr, seguido el T3 con 71,84 gr, luego el T0 con un 60,57 gr y el menor peso fue el T2 con un total de 58,30 gr. 36

Peso del huevo en gr. Semana 7

El análisis de varianza refleja que en la semana 2 en la variable peso de gallina en gramos se encuentra significancia estadística puesto que, el p-valor fue de 0,0001.

La prueba de Tukey al 5% de probabilidad demostró que el mayor peso fue el T1 con 47,44 gr, seguido el T2 con 33,87 gr, luego el T0 con un 24,90 gr y el menor peso fue el T3 con un total de 23,93 gr.

Cuadro 3. *Ganancia de peso semanal de las gallinas Lohmann Brown en la etapa de postura con la adición de cannabis en el agua.*

Tratamientos	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7
T0 (0gr)	85,14 a	93,61 a	91,07 a	96,02 a	83,74 a	96,05 a	97,34 a
T1 (10 gr)	88,30 a	82,92 a	85,48 a	93,28 a	86,51 a	94,72 a	96,83 a
T2 (15 gr)	93,29 a	84,55 a	83,69 a	87,26 a	79,51 a	83,79 a	89,45 a
T3 (20 gr)	86,28 a	92,66 a	86,26 a	89,35 a	85,17 a	90,88 a	93,54 a
CV (%)	4,31	3,42	3,23	2,79	6,01	3,44	1,46
Significancia	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

Fuente: Vera k.2025

Peso de las gallinas en gr. Semana 1

El análisis de varianza se visualiza que en la semana 1 en la variable ganancia de peso de gallina en gramos si se encuentra significancia estadística puesto que, el p-valor fue de <0,0001.

La prueba de Tukey al 5% de probabilidad demostró que la mayor ganancia de peso fue el T2 con 93,29 gr, seguido el T1 con 88,30 gr, luego el T3 con un 86,28 gr y el menor peso fue el T0 con un total de 85,14 gr.

Peso de las gallinas en gr. Semana 2

El análisis de varianza se visualiza que en la semana 2 en la variable ganancia de peso de gallina en gramos si se encuentra significancia estadística puesto que, el p-valor fue de <0,0001.

La prueba de Tukey al 5% de probabilidad demostró que la mayor ganancia de peso fue el T0 con 93,61 gr, seguido el T3 con 92,66 gr, luego el T2 con un 84,55 gr y el menor peso fue el T1 con un total de 82,92 gr.

Peso de las gallinas en gr. Semana 3

El análisis de varianza se visualiza que en la semana 3 en la variable ganancia de peso de gallina en gramos si se encuentra significancia estadística puesto que, el p-valor fue de <0,0001.



La prueba de Tukey al 5% de probabilidad demostró que la mayor ganancia de peso fue el T0 con 91,07 gr, seguido el T3 con 86,26 gr, luego el T1 con un 85,48 gr y el menor peso fue el T2 con un total de 83,69 gr.

Peso de las gallinas en gr. Semana 4

El análisis de varianza se visualiza que en la semana 4 en la variable ganancia de peso de gallina en gramos si se encuentra significancia estadística puesto que, el p-valor fue de <0,0001.

La prueba de Tukey al 5% de probabilidad demostró que el mayor peso fue el T0 con 96,02 gr, seguido el T1 con 93,28 gr, luego el T3 con un 89,35 gr y la menor ganancia de peso fue el T2 con un total de 87,26 gr.

Peso de las gallinas en gr. Semana 5

El análisis de varianza se visualiza que en la semana 5 en la variable ganancia de peso de gallina en gramos si se encuentra significancia estadística puesto que, el p-valor fue de <0,0001.

La prueba de Tukey al 5% de probabilidad demostró que la mayor ganancia de peso fue el T2 con 211,67 gr, seguido el T0 con 186,47 gr, luego el T1 con un 170,43 gr y el menor peso fue el T3 con un total de 99,17 gr.

Peso de las gallinas en gr. Semana 6

El análisis de varianza se visualiza que en la semana 6 en la variable ganancia de peso de gallina en gramos si se encuentra significancia estadística puesto que, el p-valor fue de <0,0001.

La prueba de Tukey al 5% de probabilidad demostró que la mayor ganancia de peso fue el T3 con 478,18 gr, seguido el T2 con 321,56 gr, luego el T1 con un 288,67 gr y el menor peso fue el T0 con un total de 272,18 gr.

Peso de las gallinas en gr. Semana 7

El análisis de varianza se visualiza que en la semana 7 en la variable ganancia de peso de gallina en gramos si se encuentra significancia estadística puesto que, el p-valor fue de <0,0001.

La prueba de Tukey al 5% de probabilidad demostró que la mayor ganancia de peso fue el T3 con 356,57 gr, seguido el T0 con 261,67 gr, luego el T2 con un 259,83 gr y el menor peso fue el T1 con un total de 231,67 gr.

Cuadro 4. *Peso semanal de las gallinas lohmann brown en la etapa de postura con la adición de cannabis en el concentrado.*

Tratamientos	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7
T0 (0gr)	89,14 a	89,13 a	89,19 a	92,80 a	95,52 a	96,08 a	97,07 a
T1 (10 gr)	88,06 a	88,13 a	88,21 a	91,74 a	94,06 a	94,67 a	95,50 a
T2 (15 gr)	88,03 a	88,06 a	88,10 a	88,58 a	90,02 a	90,87 a	91,65 a
T3 (20 gr)	87,49 a	87,50 a	87,56 a	87,68 a	89,79 a	90,93 a	91,61 a
CV (%)	1,12	1,11	1,1	2,96	2,66	2,7	2,57
Significancia	NS	NS	NS	NS	*	NS	*

Fuente: Villacís V, 2025

Peso de las gallinas en gr. Semana 1

El análisis de varianza refleja que en la semana 1 en la variable ganancia de peso de gallina en gramos no se encuentra significancia estadística puesto que, el p-valor fue de 0,2957.

La prueba de Tukey al 5% de probabilidad demostró que la mayor ganancia de peso fue el T0 con 89,14 gr, seguido el T1 con 88,06 gr, luego el T2 con un 88,03 y el menor peso fue el T3 con un total de 87,49 gr.

Peso de las gallinas en gr. Semana 2

El análisis de varianza refleja que en la semana 2 en la variable ganancia de peso de gallina en gramos no se encuentra significancia estadística puesto que, el p-valor fue de 0,2998.

La prueba de Tukey al 5% de probabilidad demostró que la mayor ganancia de peso fue el T0 con 89,13 gr, seguido el T1 con 88,13 gr, luego el T2 con un 88,06 y el menor peso fue el T3 con un total de 87,50 gr.

Peso de las gallinas en gr. Semana 3

El análisis de varianza refleja que en la semana 3 en la variable ganancia de peso de gallina en gramos no se encuentra significancia estadística puesto que, el p-valor fue de 0,2968. (Ver anexo 3)

La prueba de Tukey al 5% de probabilidad demostró que la mayor ganancia de peso fue el T0 con 89,19 gr, seguido el T1 con 88,21 gr, luego el T2 con un 88,10 gr y el menor peso fue el T3 con un total de 87,56 gr.

Peso de las gallinas en gr. Semana 4

El análisis de varianza refleja que en la semana 4 en la variable ganancia de peso de gallina en gramos no se encuentra significancia estadística puesto que, el p-valor fue de 0,1306.

La prueba de Tukey al 5% de probabilidad demostró que la mayor ganancia de peso fue el T0 con 92,80 gr, seguido el T1 con 91,74 gr, luego el T2 con un 88,58 y el menor peso fue el T3 con un total de 87,68 gr.

Peso de las gallinas en gr. Semana 5

El análisis de varianza refleja que en la semana 5 en la variable ganancia de peso de gallina en gramos no se encuentra significancia estadística puesto que, el p-valor fue de 0,0482.

La prueba de Tukey al 5% de probabilidad demostró que la mayor ganancia de peso fue el T0 con 95,52 gr, seguido el T1 con 94,06 gr, luego el T2 con un 90,02 gr y el menor peso fue el T3 con un total de 89,79 gr.

Peso de las gallinas en gr. Semana 6

El análisis de varianza refleja que en la semana 2 en la variable ganancia de peso de gallina en gramos no se encuentra significancia estadística puesto que, el p-valor fue de 0,0771.

La prueba de Tukey al 5% de probabilidad demostró que la mayor ganancia de peso fue el T0 con 96,08 gr, seguido el T1 con 94,67 gr, luego el T3 con un 90,93 gr y el menor peso fue el T2 con un total de 90,87 gr.

Peso de las gallinas en gr. Semana 7

El análisis de varianza refleja que en la semana 2 en la variable ganancia de peso de gallina en gramos no se encuentra significancia estadística puesto que, el p-valor fue de 0,0482.

La prueba de Tukey al 5% de probabilidad demostró que la mayor ganancia de peso fue el T0 con 97,07 gr, seguido el T1 con 95,50 gr, luego el T2 con un 91,65 gr y el menor peso fue el T3 con un total de 91,61 gr.

DISCUSIÓN

El estudio demostró que en términos de peso corporal y consumo de alimentos las gallinas expuestas sin ninguna dosis de cannabis obtuvieron el mayor peso promedio (1946.78g) , sin embargo en un estudio realizado por (Aoña Natalia , 2024)nos demostró que la inclusión de cannabis en la dieta de las gallinas ponedoras , específicamente en la línea Lohmann Brown evaluó el impacto de la administración de cannabis en la alimentación de pollitas en su periodo de levante , nos indica que sus resultados en las aves que recibieron 45 gramos de cannabis en 10 kg de alimento alcanzaron su mayor peso corporal al final del estudio presentando una conversión alimenticia más alta.

Además, investigaciones previas han demostrado que el uso de semillas de cannabis en la alimentación de aves. En un estudio en el 2010 encontraron que la semilla de cannabis en la dieta de pollos de engorde incremento su peso, lo que sugiere un potencial benéfico en el crecimiento, por lo tanto, es importante tener en cuenta que la composición nutricional del cannabis puede variar considerablemente, y su alto contenido de fibra puede interferir en el proceso de digestión en las aves (Beranrdo Iglesias , 2023).

Es importante destacar que el aporte nutricional, se ha explorado el potencial del cannabis como alternativa a los antibióticos promotores de crecimiento sugieren que la inclusión de hojas de cannabis en la dieta de pollos podría reducir la incidencia de enfermedades como la bronquitis infecciosa, disminuyendo así la dependencia de antibióticos



en la avicultura. Siendo de importante destacar que, aunque estos hallazgos son prometedores, la composición nutricional del cannabis puede variar considerablemente, su alto contenido de fibra podría interferir con el proceso digestivo en las aves. Por lo tanto, se requieren más estudios para establecer niveles de inclusión y presentación más adecuada en la dieta de aves de postura (Aliment , 2022).

El estudio demostró que en términos de peso corporal y consumo de alimentos las gallinas T3 se observó mayor rendimiento productivo del peso de huevo total de 3261.78gr, T2 presento rendimiento productivo del peso de huevo total 2740.914gr, T0 sin uso de cannabis, reflejo 7.49L desperdicio de agua y un rendimiento productivo del peso de huevo total 2822.94gr.; los datos resultantes ofrecen información verídica para el favorecimiento y rendimiento de las gallinas como promueve el cannabis tanto para el crecimiento, postura y bienestar animal, sin embargo en un estudio realizado por (Aoña Natalia , 2024) nos demostró que la inclusión de cannabis en la dieta de las gallinas ponedoras, específicamente en la línea Lohmann Brown evaluó el impacto de la administración de cannabis en la alimentación de pollitas en su periodo de levante, nos indica que sus resultados en las aves que recibieron 45 gramos de cannabis en 10 litros de agua alcanzaron su mayor peso corporal al final del estudio presentando una conversión alimenticia más alta estos hallazgos indican que el cannabis impacta significativamente en el desarrollo de las gallinas de postura, aunque la eficiencia alimenticia en dosis más alta debe ser considerado cuidadosamente.

En un estudio en el 2010 encontraron que la semilla de cannabis nos demuestra que investigaciones previas han demostrado que el uso de semillas de cannabis en la alimentación de las aves en la dieta de pollos de engorde incremento su peso , lo que sugiere un potencial benéfico en el crecimiento, por lo tanto es importante tener en cuenta que la composición nutricional del cannabis puede variar considerablemente, y su alto contenido de fibra puede interferir en el proceso de digestión en las aves (Beranrdo I, 2023).

A nivel nutricional, se ha explorado el potencial del cannabis como alternativa a los antibióticos promotores de crecimiento sugieren que la inclusión de hojas de cannabis en la dieta de pollos podría reducir la incidencia de enfermedades víricas, bacterianas el uso del cannabis ayuda con la disminución de la dependencia de antibióticos en la avicultura. Siendo de importante destacar que, aunque estos hallazgos son prometedores, la composición nutricional del cannabis puede variar considerablemente, su alto contenido de fibra podría interferir con el proceso digestivo en las aves, por lo tanto, se requieren más estudios para establecer niveles de inclusión y presentación más adecuada en la dieta de aves de postura (Andrade J, 2022)

CONCLUSIONES

La presente investigación de adición de Cannabis de la variedad Cherry Oregon en el agua como promotor de crecimiento en gallinas Lohman Brown en la etapa de postura ha permitido evaluar los efectos en la producción avícola, tanto así que se han demostrado que la inclusión de cannabis en diferentes dosis influye positivamente en la producción de huevos, bienestar de las gallinas y reducción del desperdicio de agua y alimento, destacando como su uso como un promotor natural de crecimiento.

Se evidencio que los 3 cubículos que representa (T3) que se trabajó con la dosis de 20g de Cannabis por cada 10 litros de agua, presentaron el mayor rendimiento en postura y proporcionando un incremento en el peso de las gallinas. Al visualizar la mejora productiva debiéndose a los compuestos bioactivos presentes en el cannabis, como los cannabinoides y terpenos, que favorecieron el metabolismo y el bienestar general de las aves, así mismo la reducción en el desperdicio del agua y alimentos.

Según los resultados obtenidos en beneficio neto tanto como costo de producción el mayor beneficio económico se registró con el empleo de T3 con 10 LT de agua + 20g de cannabis con resultados óptimos de $ 72,91 para la evaluación de 68 gallinas.

En la última semana las gallinas alimentadas con cannabis usando la prueba de Tukey al 5% de probabilidad demostró que la mayor ganancia de peso fue el T0 con 97,07 gr, seguido el T1 con 95,50 gr, luego el T2 con un 91,65 gr y el menor peso fue el T3 con un total de 91,61 gr, demostrando que el cannabis tiene un impacto significativo en el desarrollo de las aves. No obstante, se destaca que las dosis más altas pueden afectar negativamente la eficiencia alimentaria. Entre las limitaciones del estudio se encuentran la calidad de los huevos y las diferencias en la absorción del cannabis por las gallinas.

BIBLIOGRAFÍA

Andrade J. (2022). Pollos alimentados con marihuana: un estudio revela que el cannabis podría evitar los antibióticos. *Aliment*. Obtenido de https://www.alimente.elconfidencial.com/consumo/2022-06-16/cannabis-alimentacion-pollos-antibioticos_3443210/

Aliment . (2022). Pollos alimentados con marihuana: un estudio revela que el cannabis podría evitar los antibióticos. Obtenido de https://www.alimente.elconfidencial.com/consumo/2022-06-16/cannabis-alimentacion-pollos-antibioticos_3443210/

Aoña Natalia . (2024). Uso de Cannabis (Cannabis sativa) en la alimentación depollitas de postura de la raza Lohmann en el periodo de levante. Obtenido de https://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/17339/PI-UTB-FACIAG-VETERINARIA-REDISE%c3%91ADA-000126.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Beranrdo Iglesias . (2023). Cannabis en la dieta de pollos parrilleros. *NutriNews*. Obtenido de https://nutrinews.com/cannabis-dieta-pollos-parrilleros/

ESPAC. (2023). Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria continua ESPAC. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac_2022/Bolet%C3%ADn_tecnico_ESPAC_2022.pdf.

Naranjo, D. V. (05 de SD de 2002). focus Comunicación Global. Obtenido de FOCUS Comunicación Global: https://www.maizysoya.com/lector.php?id=20200921&tabla=articulos

Herrera, J. K. (2011). "evaluación de los parámetros productivos y económicos de las ponedoras de la linea lohmann brown-classic en la fase de levante, en la finca experimental punzara de la universidad nacional de loja. *área agropecuaria y de recursos naturales renovables*, 112.

Cuéllar Sáenz Jerson. (2022). Factores que disminuyen la producción de huevos. . veterinaria digital. Obtenido de https://www.veterinariadigital.com/articulos/factores-que-disminuyen-la-produccion-de-huevos/

VERA, Luis. (2023). Uso de una fitasa y de un complejo multi enzimático en dietas de gallinas ponedoras comerciales. efectos sobre indicadores de productividad, calidad interna y externa del huevo y sobre la digestibilidad de energía y proteína. Disponible en: https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/130890/Uso-de-una-fitasa-y-de-un-complejo-multi-enzim%C3%A1tico-en-dietas-de-gallinas-ponedoras-comerciales.-Efectos-sobre-indicadores-de-productividad,-calidad-interna-y-externa-%20del-%.

Galicia. (SF de 12 de 2020). *parámetros productivos y reproductivos*. obtenido de parámetros productivos y reproductivos: http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/111901/Tesis%20Luz%20Clarita%20Garcia%20Osorio%20Repositorio.pdf?sequence=1

Vera K, Salinas J., Adición de cannabis de la variedad Cherry Oregon en el agua como promotor de crecimiento en gallinas Lohman Brown en la etapa de postura, http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/18257, 2025.

Villacis V, Salinas J, Efecto de la adición de cannabis de la variedad Cherry Oregón en el balanceado como promotor de crecimiento en gallinas Lohmann Brown en la etapa de postura. http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/18173 , 2025.



PAS-64. Crecimiento y desarrollo de añojas novillas en pastoreo, suplementadas con bloques multinutricionales que contienen contenido ruminal seco

Growth and development of yearling heifers on pasture, supplemented with Multinutritional blocksc, on taining dry rumen content

A. J. Benitez, R. Mejías, O. Gutiérrez, M. R. González y Y. Ramírez.

Instituto de Ciencia Animal. Carretera Central, km. 47 ½. San José de las Lajas. Mayabeque. Cuba. CP. 32 700.

*Correspondencia a: abdiaz@ica.co.cu

RESUMEN

Se realizó este estudio con el objetivo de evaluar crecimiento y desarrollo de añojas-novillas suplementadas con bloques multinutricionales. Se utilizaron 30 añojas-novillas mestizos lecheros Holstein x Cebú, con edad de 15 meses promedio y 170 ± 0.55 Kg de peso vivo. Se determinó consumo de BMN. Se evaluaron indicadores productivos peso vivo, GMA, condición corporal. Según diseño completamente aleatorizado. Los animales se distribuyeron en dos grupos a los que se aplicaron los diferentes tratamientos experimentales: T1: pastoreo de gramínea +1.5 kg concentrado energético-proteico + BMN a libre voluntad+60 g mezcla mineral y T2: pastoreo de gramínea+ 2 kg concentrado energético - proteico+ 60 g mezcla mineral. La totalidad de los animales tuvieron libre acceso al agua y conformaron un solo grupo para el pastoreo, en horario vespertino-nocturno (4.00 p.m. a 10.00 a.m.), en 12 cuartones, separados en la nave para el consumo del BMN y el suplemento energético-proteico. El consumo de BMN fue de 120.39 ± 14.63 g animal dia^{-1} en la etapa de añoja. Mientras que en la etapa de novillas vario (162.20 a 243.50 ± 9.77 g animal dia$^{-1.}$ Las GMA en ambos tratamientos fue semejante (555.76 ± 27.30 vs 522.07 ± 27.30 g animal día^{-1}) respectivamente. Se concluye que, con consumos moderados de BMN se logra incrementos diarios de peso vivo superiores a 500 g animal día^{-1}, igualdad en el crecimiento y mejor condición corporal.

Palabras clave: *Hembras en crecimiento, indicadores productivos.*

ABSTRACT

This study was conducted to evaluate the growth and development of yearling heifers supplemented with multinutritional blocks. A total of 30 yearling heifer- heifer dairy crossbred Holstein x Cebu were used, with an average age of 15 months and 170 ± 0.55 Kg of live weight. MNB intake were determined. Productive indicators such as live weight, AMG, body condition were evaluated The animals were distributed in two groups according to a complete random design to which different experimental treatments were applied: T1: grasses grazing+1.5 kg energy concentrate-protein+ MNB ad libitum +60g mineral mixture M-6 and T2: grasses grazing +2kg energy concentrate-protein+60g mineral mixture M-6. All the animals had free access to water and formed a group to graze in afternoon-night time (4.00 p.m. to 10.00 a.m.), in a total of four paddocks, but separated for the energy –protein supplement intake in the shadow building. The MNB intake was of 120.39 ± 14.63 g animal day-1in the yearling heifer stage. While in the heifer stage varied (162.20 to 243.50 ± 9.77 g animal day-1).The AMG in both treatments was similar (555.76 ± 27.30 vs 522.07 ± 27.30 g animal day-1), respectively. It is concluded that, with moderate consumpti on of MNB, daily increases in live weight greater than 500 g animal day^{-1}, equal growth and better body condition are achieved.

Keywords: *Growing females, productive indicators.*

INTRODUCCIÓN

La ganadería hoy se traza como estrategia, sistema de crianza que logre un rápido crecimiento y desarrollo para alcanzar edades tempranas a la pubertad. Los sistemas de crianza para las hembras jóvenes, cada vez recobra más importancia en las explotaciones ganaderas, por lo tanto, los sistemas de alimentación deben permitir edades y peso vivo adecuado según la etapa de crecimiento.

El desarrollo corporal acompañado de la edad adecuada, es fundamental para obtener un buen comportamiento reproductivo en esta categoría y lograr mayor productividad. Se precisa de un constante monitoreo. Para ello se pueden utilizar parámetros de crecimientos.

Por lo anterior expuesto el objetivo de este estudio es determinar el crecimiento y desarrollo de añojas-novillas en pastoreo suplementadas con bloques multinutricionales que incluyen contenido ruminal seco.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se emplearon 30 añojas-novillas mestizas lecheras Holstein x Cebú, con edad promedio de 15 meses y 170 ± 0.55 Kg de peso vivo. Los animales se distribuyeron al azar en dos grupos a los que se aplicaron los tratamientos experimentales siguientes:

T_1: Pastoreo de gramínea+ 1.5 kg de concentrado energético proteico+ BMN a libre voluntad+60 gramos de mezcla mineral M-6 y

T_2: Pastoreo de gramínea+ 2 kg de concentrado energético proteico+ 60 gramos de mezcla mineral M-6.

La totalidad de los animales tuvieron libre acceso al agua y conformaron un solo grupo para el acceso a pastoreo fue vespertino-nocturno en horario de (4.00 p.m. a 10.00 a.m.), en un total de 12 cuartones, con una carga de 1.2 UGM ha-1 (1UGM=450 kg PV), separados para el consumo del suplemento energético proteico y de BMN en la nave de sombra, en una sola ocasión (08:30am).

Los bloques para el estudio se elaboraron de forma manual según la metodología descrita por Echemendía (1990). El nivel de inclusión de las materias primas fue de 50% miel final, contenido ruminal 20%, urea 10%, cemento, hidrato de cal y sal común 5%, Fosfato dicálcico 3.5 y mezcla mineral 1.5%. La composición química del contenido ruminal utilizado en los BMN fue: MS 88.12% EE±0.77, PB 10.58% EE±1.37, FB 42.74% EE±4.04, FDN 87.86% EE±1.49, Ca 0.38% EE±0.04, P 0.31% EE±0.03, Mg 0.23% EE±0.02 y K1.70% EE±0.13. El consumo diario del bloque (g animal dia-1), se determinó por la diferencia de peso entre lo ofertado y rechazado.

El concentrado energético proteico ofertado a las añojas novillas mostró valores medios de proteína bruta de 19.87% al inicio del estudio y de 16.03% al final de la investigación.

Indicadores productivos: Todas las medidas se realizaron directamente al animal en el cepo de la unidad. El peso vivo (inicio, final) de los animales se realizó cada 15 días en horario de la mañana (8.00am) en ayuna, se utilizó una báscula digital (DIGI DS-160), y se determinó la ganancia media acumulada (GMA) de peso vivo total.

Condición Corporal: Se determinó al inicio y en el momento de la incorporación a la reproducción. La metodología de evaluación utilizada es la escala de 5 puntos que puede subdividir en unidades de 0.25 puntos para ganar en precisión, (la más utilizada en el ganado lechero) según ACPA (2005).

Análisis estadísticos: Para los indicadores de consumo de bloque se aplicó análisis de varianza según diseño completamente aleatorizado. Los indicadores productivos se analizaron mediante un diseño completamente aleatorizado, con medidas repetidas en el tiempo para PV, GMA. Para la variable cualitativa condición corporal se realizó ANAVA no paramétrico según diseño completamente aleatorizado Kiuskai Walliu. Se utilizó el paquete estadístico SAS (2007)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Consumo bloques multinutricionales que contienen contenido ruminal seco (BMN).

En la tabla 1 se observan los valores medios del consumo del BMN en las añojas y novillas según época del año. Para las añojas, en el periodo poco lluvioso el consumo se incrementó un 35% (42 g animal día), con respecto al periodo lluvioso, a la vez que muestra poca variación. Los valores encontrados están dentro del rango (96 a 142 g animal día^{-1}) establecido por Birbe *et al.* (2006) y superiores a los señalados por Sánchez. (2019) El consumo de BMN puede aumentar hasta tres veces en el periodo poco lluvioso, debido a las deficiencias de N en los pastos.

Por su parte, el desarrollo de la categoría de novillas coincidió con el periodo poco lluvioso, el consumo de BMN fue similar a lo señalado por Birbe *et al.* (2006) para novilla en pastoreo.

El consumo moderado de BMN puedo estar influenciado por su dureza y la calidad del suplemento ofertado, con valores de 17.95% de proteína. El concentrado balanceado con altos tenores de proteína reduce el consumo de BMN. Por otra parte, el porciento de inclusión de urea también incide (Bracho 2017). Además de los aspectos señalados, el material fibroso empleado en el BMN influye en el consumo del mismo

El consumo medio del BMN por categoría añoja-novilla se mantuvo en 182 g animal día-1, logró incorporar diariamente de 13 gramos de urea, por animal días-1, valor que permite la estabilidad en la entrada de nitrógeno al rumen, (Mejías *et al.* 2017). Al respecto Chafla *et al.* (2020) plantean que, los BMN pueden ser una alternativa en la alimentación de rumiantes, por su incidencia en la síntesis de microorganismos celulolíticos en rumen.

Tabla 1. *Consumo de bloques multinutricionales según categoría y época de estudio (g animal día^{-1}).*

Categoría	Época Lluviosa (Septiembre-Noviembre)			Época poco Lluvioso (Diciembre-Marzo)		
	Ẋ	D.E	CV	Ẋ	D.E	CV
Añojas	120.39	14.63	12.15	162.20	8.09	4.99
Novillas	---			243.50	9.77	4.01

Indicadores productivos

Los resultados de desempeño productivo fueron semejantes y mostraron poca variación para la ganancia media acumulada (Tabla 2), En ambos grupos el PV responde a un buen comportamiento animal.

Los valores de ganancia media acumulada (555.76 ± 27.30 vs 522.07 ± 27.30 g animal día^{-1}), respectivamente, superan los 450-500 g animal día^{-1}, descrito por Mejías *et al.* (2017), durante toda la etapa de crecimiento (ternera-incorporación). Componente que permiten un desarrollo aceptable y un mejor comportamiento en los procesos reproductivos (arribo a la pubertad e incorporación) y responde a una alimentación adecuada. Por otra parte, Acuña (2020) plantea que el uso de BMN en bovinos bajo un sistema de pastoreo permite obtener mejores ganancias de pesos

Tabla 2. *Los indicadores productivos de los dos tratamientos evaluados durante el periodo en estudio.*

Variables	Tratamientos			
	Tratamiento 1 Con BMN		Tratamiento 2 Sin BMN	
	Ẋ	EE±	Ẋ	EE±
PV inicial (kg)	170.20	9.70	170.00	8.60
PV final (kg)	355.50	19.80	356.10	19.60
Prom. PV, kg	262.85	7.07	263.05	4.00
GM acumulada (g)	555.76	27.30	522.07	27.30

La condición corporal al inicio y final del estudio, expresa que los valores medios no difieren entre tratamiento (grafico 1) y se comportaron dentro de los rangos aceptables para la categoría (Barmore 1995). Al inicio los animales tienen igualdad de condiciones con mayor cantidad de animales con puntuación de 3.5, al final del experimento el tratamiento que consumió BMN con contenido ruminal seco, presenta mayor cantidad de animales con condición corporal en el rango de 3.5 a 4. Situación esta que les permitirá una mejor respuesta reproductiva.

Resultados similares señalaron Birbe *et al.* (2006) en novillas suplementadas con BMN donde obtuvieron mejor condición corporal en la primera actividad ovárica y reducción de la edad al primer parto. Por otra parte, Acuña (2020), Gallardo *et al.* (2023) y Sánchez. (2019) consideran que la suplementación BMN mejora la condición corporal en animales en condiciones de pastoreo. La condición corporal es un indicador del estado energético y proteico de los animales, empleadas en la evaluación de los principales eventos reproductivos, por tanto, en este estudio las añojas y novillas presentaron una buena condición corporal en el momento de la incorporación a la vida reproductiva por lo que tendrán un buen desempeño reproductivo y productivo.

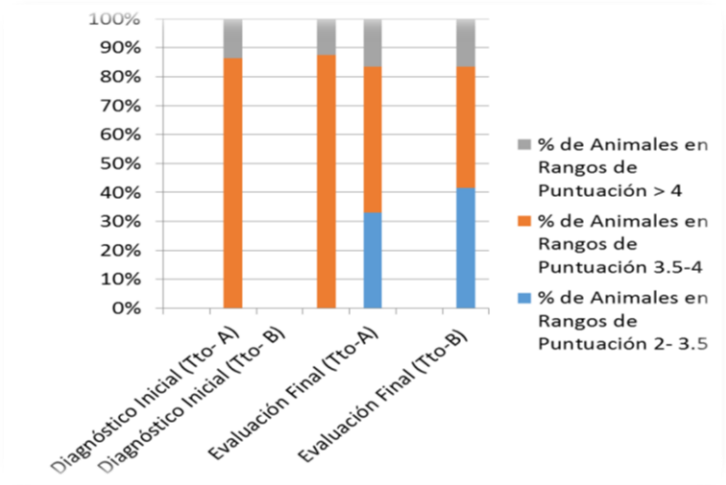


Gráfico 1. *Condición corporal de los dos tratamientos al inicio y al final del estudio.*

SILVOPAT – 2025 | ICA | ISBN: 978-959-7171-88-1 | Cu-ID: https://cu-id.com/book/978-959-7171-88-1

CONCLUSIONES

Con consumos moderados de BMN se logra incrementos diarios de peso vivo superiores a 500 g animal día^{-1} , desarrollo corporal adecuado, además de una buena condición corporal en el momento de la incorporación a la vida reproductiva.

BIBLIOGRAFÍA

Acuña Leiva, A. Y. (2020). Uso de bloques multinutricionales a base de sub productos locales, en etapa de recría de toretes brown swiss mestizo, bajo un sistema extensivo.

ACPA. 2005. Manual de tecnologías agropecuarias.

Barmore, J., Hoffman, P. &Price, S. 1995. Las Raciones Balanceadas Ayudan a las Vaquillas a Crecer. Horad's Dairyman. Feb: 168-169.

Birbe, Beatriz, P. Herrera; O. Colmenares; N. Martínez; 2006 a X Seminario Manejo y Utilización de Pastos y Forrajes en Sistema de Producción Animal, Maracaibo, Venezuela.

Bracho, H. 2017. Valoración del contenido ruminal de bovinos beneficiados en el municipio Piritu estado Falcón-Venezuela, como recurso alimenticio. Artículo Técnico. En: http://www.engormix.com/mbr1185657/contenido.htm.

Echemendía, Mirian. 1990. Metodología para la elaboración de bloques multinutricionales. Tesis de Especialista en Alimentación y Manejo del Ganado Bovino, ICA, La Habana, Cuba.

Gallardo, R., Utrilla, V. R., Andrade, M., Fernández, R., & Mansilla, J. (2023). Suplementación de vacas de cría con bloques nutricionales en pastura de agropiro en la Patagonia Austral. EEA Santa Cruz, INTA.

Chafla, A. L., Aillón, F., Silva, L., & Acosta, I. (2020). Determinación del valor nutricional de bloques nutricionales obtenidos a partir de residuos agroindustriales enriquecidos. UEA| Revista Amazónica Ciencia y Tecnología (RACYT)|, 9(2), 10-17.

Mejías, R., Hechemendía, M., Gutiérrez, O., Crespo, G., Benítez, Ana Jeidy. & Núñez, R. 2017. Propiedades físicas en Bloques Multinutricionales, consumo por carneros y su extensión como complemento alimentario a hembras bovinas en desarrollo. Congreso internacional sobre Azúcar y Derivados, Diversificación.

Sánchez Villanueva, H. (2019). Evaluación de bloques multinutricionales en vacas lecheras al pastoreo en Tactayog, distrito Santa Ana de Tusi, provincia Daniel Alcides Carrión, región Pasco–2019.

SAS. 2007. User's guide: Statistics. Version 9.1.3. SAS. Institute. INC, Cary, N.C., USA.



PAS-65. Comportamiento de indicadores sanguíneos en vacas de primer parto en la vaquería Genético 4 del Instituto de Ciencia Animal (ICA)

Behavior of blood indicators in first-calving cows at the Genetic 4 dairy farm of the Institute of Animal Science (ICA)

Y Rodríguez González[1]; M Méndez Mendoza[1]; F Díaz Barrera; R Rodríguez Hernández; D. Valenciaga Gutiérrez*

Instituto de Ciencia Animal. Carretera Central km 47 ½. Apartado Postal 24. San José de las Lajas, La Habana.

*Correspondencia a: yaisel910906@gmail.com

RESUMEN

Con el objetivo de caracterizar los indicadores sanguíneos en vacas de primer parto, se utilizaron 10 vacas ubicadas en la vaquería Genético 4, perteneciente al Instituto de Ciencia Animal, durante el periodo de un año (2023-2024). Se determinaron los indicadores sanguíneos: hemoglobina (HB), hematocrito (HTO), leucocitos (LT), linfocitos (LF) y monocitos (MN). Los indicadores se analizaron en dos grupos de animales, el grupo 1 eran los que presentaban la condición corporal entre 1 y 2, y el grupo 2 entre 2,5 y 3. Se determinaron las medias, desviación estándar y coeficientes de variación para cada una de las variables en estudio. La información se analizó mediante el paquete estadístico SAS. Existió correspondencia entre los indicadores sanguíneos con la condición corporal, ya que los animales investigados no mostraban sintomatología que indicara alguna enfermedad. Se encontró diferencias entre los grupos experimentales, presentando mayores valores los animales del grupo 2, lo cual era de esperarse ya que presentaban una condición corporal mejor.

Palabras claves: *hemoglobina, hematocrito, leucocitos, linfocitos, condición corporal.*

ABSTRACT

To characterize blood indicators in first-calf cows, 10 cows located at the Genetic 4 dairy farm, belonging to the Institute of Animal Science, were used over a one-year period (2023-2024). The blood indicators were determined: hemoglobin (HB), hematocrit (HTO), leukocytes (LT), lymphocytes (LF), and monocytes (MN). The indicators were analyzed in two groups of animals: group 1 with a body condition score between 1 and 2, and group 2 with a body condition score between 2.5 and 3. The means, standard deviation, and coefficients of variation were determined for each of the study variables. The data was analyzed using the SAS statistical package. Blood indicators corresponded with body condition, as the animals studied showed no symptoms indicative of any disease. Differences were found between the experimental groups, with the animals in group 2 presenting higher values, which was expected since they had better body condition.

Keywords: *hemoglobin, hematocrit, leukocytes, lymphocytes, body condition*

INTRODUCCIÓN

La trasformación de la ganadería cubana a partir de una población eminentemente cebuina y de pequeños núcleos lecheros aislados, hacia una ganadería cuyos niveles productivos puedan satisfacer los niveles productivos las necesidades crecientes de consumo de leche por los humanos, fue uno de los principales objetivos económicos y sociales de Cuba desde inicio de los años 60 (Uffo *et al.* 2013). En la estrategia de mejoramiento genético se diseñó el genotipo Siboney de Cuba (5/8 Holstein 3/8 Cebú). Este genotipo ha mostrado un mejor comportamiento y adaptación a las condiciones medioambientales del trópico (Hernández y Ponce de León, 2020).

Las vacas en producción son susceptibles a padecer diferentes patologías. Las enfermedades se pueden presentar en diversas etiologías por lo que es fundamental apoyarse en algo más que la experiencia y un adecuado examen físico, como en el desarrollo de exámenes complementarios que permitan al médico sustentar diagnósticos precisos como es un estudio de química sanguínea y hemograma.

Los valores de hematología se consideran de gran interés dentro del diagnóstico de patologías en los animales porque ofrecen información adicional acerca de los cambios en el fisiologismo animal, lo que permite al veterinario un diagnóstico más preciso y verídico que conducirá a la aplicación de un mejor tratamiento.

Por este motivo, este trabajo tuvo como objetivo general caracterizar indicadores sanguíneos en vacas de primer parto en la vaquería Genético 4 del Instituto de Ciencia Animal (ICA).

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó la información de 10 vacas de primer parto que se encontraban en ordeño de la raza Siboney de Cuba y sus mestizos, pertenecientes a la Vaquería Genético 4 de la Granja Genética, ubicada en el Instituto de Ciencia Animal, en el municipio San José de las Lajas, provincia Mayabeque.

Las muestras de sangre para el hemograma se recogieron por medio de punción de la vena yugular y depositada en tubos de ensayo que contenían 13

anticoagulante EDTA, con refrigeración inmediata y remitida a la Unidad Central de Laboratorio (UCELAB), del ICA.

Se realizó la determinación de: HTO (Hematocrito), HB (Hemoglobina), LIF (Linfocitos) y MON (Monocitos) utilizando el analizador de hematología hemacounter 60, modelo: RT-7600 calibrado para la especie bovina

Los indicadores se analizaron en dos grupos de animales. El grupo 1 eran los que presentaban la condición corporal entre 1 y 2, y el grupo 2 entre 2,5 y 3.

La información fue analizada mediante un modelo lineal por el procedimiento del SAS, versión 9.3 (2013), donde se incluyó como efecto fijo el grupo (1 y 2).

El modelo lineal de efectos fijos evaluado:

$$Y_{ij} = \mu + G_i + e_{ij}$$

Dónde:

μ = constante común a todas las observaciones

G_i = efecto del i-ésimo grupo $\quad i = 1, 2$

eij = error residual, normal e independientemente distribuido con media cero y varianza σ_e^2

Se determinaron las medias, desviación estándar y coeficientes de variación para cada una de las variables en estudio. La información fue analizada mediante el paquete estadístico SAS, versión 9.3 (2013).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 1 se presentan los valores de las medias, desviación estándar y coeficientes de variación para cada una de las variables en estudio tanto para el grupo 1 como para el grupo 2.

En cuanto a la línea blanca los valores medios encontrados de linfocitos (LF) y monocitos (MN) para ambos grupos son similares a los reportados en vacas lactantes Holstein en Ecuador por Sigua (2019). Para el caso de los leucocitos (LT) en nuestro estudio se obtuvo un valor muy por debajo a lo indicado por Sigua, (2019) donde obtuvo una media de 50.34, sin embargo, coincide con el valor referencial utilizado en la investigación de Calzada *et al* (2002) que indicaron valores de 4 -12 x 109/ L. Estas diferencias se pueden deber a las situaciones de estrés al que es sometido el animal al momento de la extracción de muestra y por otros factores como las condiciones climáticas y de altitud.

Tabla 1. *Resultados de indicadores sanguíneos en vacas de primer parto.*

Variable	Media	CV	DS	Mín	Máx
Grupo 1					
HB	10.49	3.03	0.31	10.00	11.00
HTO	31.57	3.09	0.97	30.00	33.00
LT	14.48	26.27	3.80	10.50	20.20
LF	64.85	4.12	2.67	60.00	68.00
MN	2.00	50.00	1.00	1.00	3.00
Grupo 2					
HB	11.23	1.54	0.17	11.00	11.30
HTO	33.66	1.71	0.57	33.00	34.00
LT	14.86	16.14	2.4	13.00	17.60
LF	65.00	9.3	6.08	58.00	69.00
MN	3.33	17.32	0.57	3.00	4.00

Dentro de la línea roja que comprende los valores de hemoglobina (HB) y hematocrito (HTO) se encuentran sin alteración, coincidiendo estos resultados con los valores de referencia del hemograma bovino para el hematocrito (24-46) y el recuento de hemoglobina (80-150) (Campos *et al*, 2018). Coincidiendo también con los valores mostrados por Campos *et al*, (2024) que observaron valores de hemoglobina entre 8 y 15 g/dL. Al analizar su desviación estándar y varianza, se aprecia que los datos son homogéneos, así como su CV muestra que el estudio se ha llevado bajo condiciones normales de muestreo.

Los resultados del análisis de varianza mostraron que la fuente de variación considerada en el modelo incidió sobre la hemoglobina y el hematocrito.

Al evaluar los indicadores sanguíneos con la condición corporal (tabla 2) se puede considerar que existe correspondencia, ya que los animales investigados no mostraban sintomatología que indicara alguna enfermedad. Se encontró diferencias entre los grupos experimentales, presentando mayores valores los animales del grupo 2, lo cual era de esperarse ya que presentaban una condición corporal mejor. Paulo *et al.* (2014) notificaron resultados similares al expresar que el conocimiento de los datos hematológicos es importante para saber dónde y cómo actuar cuando se presenta alguna alteración.

Tabla 2. *Efecto del grupo sobre la hemoglobina y el hematocrito en vacas del primer parto.*

Grupo	$\overline{X}$ HB	EE ±	$\overline{X}$ HTO	EE ±
1	10.49	0.11	31.57	0.34
2	11.20	0.17	33.67	0.52

CONCLUSIONES

Los parámetros hematológicos se encontraron dentro de los valores normales para la especie en correspondencia con su condición corporal.

BIBLIOGRAFÍA

Calzada, P; Morales, E; Quiroz, E; Salmerón, S; García, C; y Hernández, J. 2002. Valores Hematológicos en vacas de raza Holstein-Friesian seropositivas a Neospora caninum de la cuenca lechera de Tizayuca, Hidalgo, México. Vet.Mex, 33 (2), 119-124.

Campos, R; Correa, A & Vélez, M. 2024. Metabolic and endocrine variations during peripartum and early lactation in lowland tropical dairy systems. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, *35* (6), . https://doi.org/10.15381/rivep.v35i6.27607

Campos, R; Correa, A; Zambrano, GL y Ospina, A. 2018. Alteraciones bioquímicas y metabólicas en el periodo de transición en vacas lecheras. Rev Invest Agraria Amb 9: 165-179.

Hernández, A y Ponce de León, R. 2020. Índices de selección para la mejora genética de vacas Siboney de Cuba. Archivos de zootecnia, ISSN-e 1885-4494, ISSN 0004-0592, Vol. 69, Nº. 265, págs. 46-53

Paulo, M; Fensterseifer, S; Alves, P; Schwegle, E; Garcés, L; Bianchi, I; Burkert, A y Nunes, C. 2014. Padrões hematológicos de vacas leiteiras no período de transição. Disponible en: http://www.grupocultivar.com.br/site/content/artigos/artigos.php?id=871. [Consultado: 20/5/2025].

SAS. 2013. Users guide Statistic. V. w.9.3. De SAS Institute. INC, Cary, N. C., USA.

Sigua, F. 2019. Determinación de valores referenciales en hemograma y química sanguínea en bovinos hembras de raza Holstein en condiciones de altitud. Tesis presentada en opción al grado de Médica veterinaria y Zootecnia. Cuenca. Ecuador.

Uffo O, Acosta A., Ribot, A. 2013. Caracterización molecular del ganado Siboney de Cuba. Biotecnol. Aplicada. 30 (3) 232-233.

PAS-66. Productive response of calves fed with RELAC milk replacer and a medium-quality concentrate

Respuesta productiva de terneros alimentados con el lactoremplazante RELAC y un concentrado de mediana calidad

B. B. Chongo García[1]; D. Casanova Rivera[1]; M. Domínguez Lima[1]; A.J. Benítez; V. Torres Cardenas[1,2]*

[1]Instituto de Ciencia Animal. Departamento de Rumiantes, Carretera Central Km.47 ½, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba

[2]Departamento de Biomatemática, Instituto de Ciencia Animal.

[*]Correspondencia a: bchongo@ica.edu.cu; berthachongo@gmail.com

ABSTRACT

An experiment was carried out in the breeding farm of the Institute of Animal Science, with the objective of evaluating the productive behavior, nutrient consumption and its relationship with drinking water consumption in crossbred Siboney calves of both sexes fed with the Cuban milk replacer RELAC and a medium quality concentrated feed (PB < 16%) and RALTEC (commercial technology) as a control. Three treatments were used from 30 to 90 days of age of the calves according to a completely randomized design. Treatment 1 with RALTEC technology; Treatment 2 RELAC from 30 days of age and Treatment 3 RELAC from 60 days of age. Analysis of covariance (ANCOVA), a statistical technique that combines elements of analysis of variance (ANOVA) and regression analysis of dry matter, crude fiber, and water, was performed, while ANOVA was used for the other indicators. Nutrient intake at 120 days differed between treatments in dry matter (P<0.05), a similar result was indicated by crude fiber intake (P<0.05) and calculated water intake (P<0.05) for 25 ºC and 30 ºC. There was a positive relationship between water intake and FB, but not so in dry matter, both with a low R2. The GMD, greater than 300 g. anim. d-1, was lower (P<0.05) in treatment 2 and did not differ between treatments 1 and 3. The results obtained indicated adequate behavior with the consumption of RELAC compared to the imported milk.

Keywords: *calves, milk replacers, intake, live weight, gain, regression*

Resumen

Se realizó un experimento en la recría del Instituto de Ciencia Animal, con el objetivo de evaluar el comportamiento productivo, consumo de nutrientes y su relación con el consumo de agua de bebida en terneros mestizos de Siboney de ambos sexos alimentados con el lactoremplazante cubano RELAC y un alimento concentrado de mediana calidad (PB< 16%) y el RALTEC (tecnología comercial) como control. Se utilizaron 3 tratamientos de 30 a 90 días de edad de los terneros según diseño completamente aleatorizado. Tratamiento 1 con la tecnología de RALTEC; tratamiento 2 RELAC desde 30 días de edad y el tratamiento 3 RELAC desde los 60 días de edad. Se realizó el análisis de covarianza (ANCOVA) que es una técnica estadística que combina elementos de análisis de varianza (ANOVA) y análisis de regresión de la materia seca, la fibra bruta y el agua, mientras que el ANOVA para los demás indicadores. El consumo de nutrientes a los 120 días difirió entre tratamientos en la materia seca (P<0.05), similar resultado indicó el consumo de fibra bruta (P<0.05) y el del agua calculada (P<0.05) para 25 ºC y 30 ºC. Hubo una relación positiva entre el consumo de agua y la FB, no así en la materia seca, ambos con un bajo R^2. La GMD, superior a los 300 g. anim. $d^{-1,}$, fue inferior (P<0.05) en el tratamiento 2 no difirió entre el tratamiento 1 y 3. Los resultados obtenidos indicaron un comportamiento adecuado con el consumo de RELAC respecto al lactoremplazante importado.

Palabras claves: terneros, lactoremplazantes, Consumo, peso vivo, ganancia, regresión

INTRODUCCIÓN

En cualquier sistema ganadero, la crianza del ternero es fundamental, si se destina a la ceba o por la importancia y necesidad de reemplazar el rebaño lechero debido a diferentes causas (longevidad, problemas reproductivos entre otros). Esta primera etapa dada las características fisiológicas del animal resulta costosa; actualmente debido al costo elevado de las materias primas de alta calidad para la formulación de remplazantes lácteos y de concentrados para lograr un crecimiento rápido y garantizar las etapas posteriores. En Cuba, la no disponibilidad de alimentos de alto valor como el maíz, la soya entre otros, el elevado costo en el mercado internacional, unido al fuerte bloqueo, afectan la compra de leche en polvo y sus derivados, de insumos de calidad para los piensos (maíz, soya etc.) en el mercado internacional y no permiten un acceso regular a la adquisición de estos alimentos. Esto afecta el comportamiento productivo del ternero, retarda el tiempo para lograr un destete eficiente y no garantiza la producción futura del hato.

En el mundo el uso de lactoremplazantes o sustitutos lecheros data del pasado siglo, actualmente se incorporan fuentes alternativas como opción viable para liberar leche. En nuestro país, el empleo diferentes lactoremplazates importados han permitido alcanzar ganancias superiores a los 600 g.anim d^{-1} (Ybalmea y Plaza 2008). También, los trabajos de Plaza y Fernández (1996) refieren un buen comportamiento del ternero con el sustituto lechero cubano RELAC con el uso de la levadura torula (Candida utilis) crecida sobre mieles.



En la actualidad, la búsqueda de soluciones alternativas que contribuyan a recuperar la ganadería es de interés el empleo del RELAC fabricado con levadura torula a partir de vinazas de producción industrial vislumbra un comportamiento satisfactorio del ternero en cría artificial como alternativa sostenible para el ternero. De ahí que, el objetivo de este trabajo fue evaluar el comportamiento productivo de terneros alimentados con el lactoremplazante RELAC y un concentrado de mediana calidad

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en la recría del Instituto de Ciencia Animal, San José de las Lajas Mayabeque. Se utilizaron 27 terneros hembras y machos, con un peso promedio inicial de 3,4 Kg. distribuidos en tres tratamientos con nueve animales cada uno, según diseño completamente aleatorizado.

Tratamientos 1 (Control). Sustituto lechero Raltec Milk-17-1 y la papilla Raltec Star T-1 según tecnología y Ficha Técnica Raltec milk17-1. (Composición química) firma Xovel S. A. desde 15 hasta 90 días

Tratamiento 2 Raltec desde 15 hasta 60 días Sustituto lechero Relac de 61 a 90 días y un concentrado de mediana calidad.

Tratamiento 3 Raltec desde 15 hasta 30 días Sustituto lechero Relac de 31 a 90 días y un concentrado de mediana calidad

El destete que se efectuó a los 90 días. Además se les suministró agua a voluntad, se realizaron medidas tres veces por semana para monitorear el consumo.

La composición del RELAC es la descrita por Plaza et al, (1998). El análisis químico de los alimentos se realizó en la UCELAB del propio instituto. En la tabla 1 se indica la composición química de los alimentos ofrecidos.

Tabla 1. Composición química de los alimentos utilizados durante el experimento

Nutrientes Alimentos	MS	C	PB	FB	Ca	P
RALTEC	91.21	7.0	21.3	0,70	0.65	0.55
RALTEC Papilla	89.78	6.30	16	4.50	0.90	0.67
RELAC	89.36	5,45	17. 26	2.9	0.61	0.28
Concentrado	88.56	6,54	15.18	7.23	0.84	0.43

Alimentación y controles

El alimento lácteo se suministró en dos frecuencias diarias a la 8:30 y 2:30 p.m., el consumo se determinó en aquellos animales que tuvieron rechazo pasada media hora de ofertado. Mientras que el alimento concentrado se suministró en el horario matutino, al día siguiente el consumo se midió por el método de oferta y rechazo. Se ofreció agua a voluntad Además, se realizaron medidas tres veces por semana para monitorear el consumo al final del experimento, se estimó el consumo a 25 y 30 ºC mediante la ecuación descrita por Morrill (1994) citado por Alonso (2015).

El peso vivo de los animales se midió al inicio del experimento 15, 30 y 90 días de edad, en una báscula analógica, y se determinó la ganancia media diaria (GMD) de PV al final del experimento.

Se observó el estado de las heces fecales todos los días y el control veterinario de salud del rebaño.

Análisis estadístico

Se utilizó el análisis de covarianza (ANCOVA) que es una técnica estadística que combina elementos de análisis de varianza (ANOVA) y análisis de regresión. Se utiliza para comparar medias de grupos, considerando el efecto de una o más variables continuas (covariables) que puedan influir en la variable dependiente. El ANCOVA permite analizar si existen diferencias significativas entre tratamientos, incluso después de controlar el efecto de las covariables. Las medias de tratamientos están ajustadas de acuerdo al valor del coeficiente de correlación estimado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El consumo de lacteoremplazantes tuvo buena aceptación en toda la etapa experimental. La avidez a juzgar, por el bajo índice de rechazo y la rapidez del consumo de estos alimentos se mantuvo entre 5 a 10 minutos de ofrecido, solo un animal del tratamiento tres tuvo mayor retardo.

En la tabla 2 se indica el consumo de materia seca que difirió entre tratamientos ($P< 0.01$) fue inferior en el tratamiento donde el RELAC se comenzó a suministrar desde los treinta días. En los tratamientos 2 y 3 los consumos son comparables con lo alcanzado por Domínguez (2024) en un experimento con RELAC en condiciones de producción, sin embargo inferiores a los anteriormente informados por Guevara (2015). Esto se relaciona en parte con lo informado

por (Kertz, 2023) respecto al consumo máximo de materia seca respecto al peso vivo de los terneros. En este sentido, Daneshvar; et al, (2017) hicieron énfasis en la influencia de la calidad del alimento lácteo y dieta iniciadora en el comportamiento y la salud de terneros en la etapa de predestete. Aragona et al (2020) reportaron consumos de materia seca superiores a los nuestros en similar rango de edad con un concentrado complementado con heno ambos de buena calidad.

El consumo de proteína figura 1 difirió entre tratamientos (P<0.05), en los tres tratamientos fueron inferiores a los reportados por Guevara et al (2012) también inferiores a los indicados por Daneshvar; et al, (2017) quienes indican la importancia de este nutriente en la etapa predestete están en el rango de los reportado Domínguez (2024) en condiciones de producción. Este resultado no solo responde al nivel de proteína de los alimentos, también a la digestibilidad diferente de los alimentos ofrecidos y probablemente una calidad superior en el RALTEC. Al respecto Chongo (2002) indicó la importancia de la fuente proteica en los lactoreemplazantes y su comportamiento digestivo también descrito por Guilloteau et al (2009).

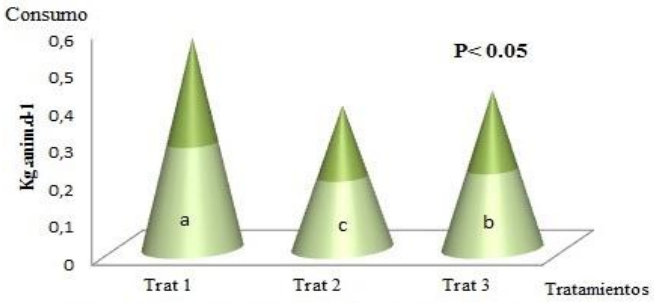


Figura 1. Consumo de proteína bruta durante la etapa experimental (30-90 días)

En la FB, el consumo difirió entre tratamientos (P< 0.01) (tabla 2) fue superior en el tratamiento 2 al parecer relacionado con el nivel de fibra de la dieta, ya que el RELAC aporta mayor contenido de este indicador y su consumo fue por un tiempo mayor. Sin embargo, son inferiores a los reportados por Martínez, (2009) con leche entera y dieta integral; igualmente son inferiores a los reportados por Guevara et al (2012) en un experimento de validación con el RELAC con levadura torula crecida sobre vinazas pero un concentrado de óptima calidad.

El consumo de agua a 25ºC difirió entre tratamientos (Tabla 2), no así a 30ºC, de manera general fueron similares entre sí. Estos consumos están en el rango señalado por Alonso et al, (2015) en experimentos con lactoremplazante. Por otra parte Alonso y col, (2016) reportaron consumos de materia seca y agua comparables con los del presente trabajo. Pocos trabajos, prestan atención a la relación entre el consumo de materia seca y agua en terneros en la primera etapa de vida, sin embargo, es un aspecto importante si tenemos en cuenta que, el agua consumida en los alimentos lácteos no sigue igual destino en la fisiología digestiva del animal, que el agua de bebida que beneficia el consumo de alimentos secos y fibrosos la digestión y función ruminal. En el consumo de fibra bruta con relación a la cantidad de agua bebida aunque fue significativo (P< 0.01), fue bajo, el coeficiente de regresión obtenido y no permite predecir su consumo, nos acerca a profundizar en otros trabajos atendiendo a los efectos de los cambios climáticos y la escasez de agua. Parsons, et al (2022), destacan la importancia del agua su relación con los componentes de la dieta sobre todo con el consumo de materia seca que también fue bajo.

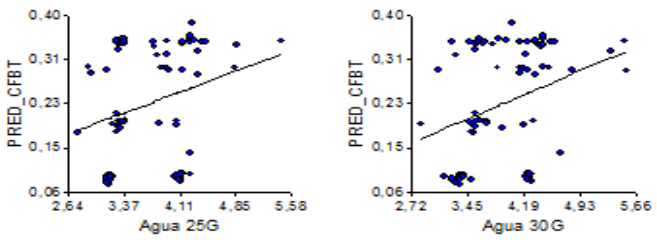


Figura 2ª, b. Modelo de regresión lineal del consumo de la fibra bruta (FB) y agua de bebida a 25 y 30 ° C respectivamente

Tabla 2. Consumo de materia seca, fibra bruta y agua de bebida

Tratamiento	Consumo			
	Materia seca total (CMST) Kg.anim.d^{-1}	Fibra Bruta total (CFBT) Kg.anim.d^{-1}	Agua de bebida[1] L.anim.d^{-1}	
			25 ° C	30° C
1 Control RALTEC	1.26 ^{a}	0,10 ^{c}	3,67 ab	3,84
2 RELAC (desde 30 dias de edad	1.07 ^{c}	0,35 ^{a}	3,6 a	3,95
3 RELAC (desde 60 dias de edad	1.17 ^{b}	0,24 ^{b}	3,82 b	3,99
C C (edad)	-0.96	-0.04	0,78	0,78
EE(±)	0.01	0.01	0,09	0,09
Significación	P<0,001	P<0,001	P<0,05	P>0,05

a,b,c Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos según Duncan (1955)
CC Coeficiente de correlación
[1] Temperatura del ambiente,

Su consumo, nos acerca a profundizar en otros trabajos atendiendo a los efectos de los cambios climáticos y la escasez de agua, pero su necesaria función en el animal.

La ganancia media diaria, no difirió entre el tratamiento control y el tratamiento con RELAC desde 60 días (tabla 4), si hubo diferencias (P<0.05) para el PV y la GMD superiores en los terneros del tratamiento control (T.1) respecto al T.2 con el consumo de RELAC desde 30 días. Estos resultados, son inferiores a los reportados por Plaza y col, (2005), cabe señalar que los pesos vivos de entrada eran superiores con terneros de mayor fortaleza física. Aunque, las ganancias de peso encontradas en este trabajo, están en el rango de las indicado por Prieto et al (2013) en sistemas de crianza con bajos recursos en el trópico. No coincide con lo informado por Hyde et al (2017) con un plano nutricional superior

Alonso y col. (2016) reportaron resultados superiores en la ganancia de peso de hembras de reemplazo con sustituto lechero entre ellos el RELAC con levadura torula obtenida con la miel como sustrato y un pienso de superior calidad. Recientemente, Dominguez (2024), en un trabajo similar en condiciones de producción, reportó consumo de nutrientes y ganancias en el rango reportado en este trabajo, con el uso de un pienso de 16%.57, lo que atribuyó, entre otras causas, a los bajos pesos de entrada de los animales en la recría.

Por otra parte, el uso de RELAC crecido sobre mieles permitió ganancias superiores a las reportadas en nuestro trabajo (Plaza y Ybalmea 2015), dos factores son importantes, diferentes a los de nuestro trabajo, uno relacionado con las materias primas del pienso utilizado y calidad y nivel de proteína que permitieron consumos de materia seca, superiores a 1.5 Kg.anim.día^{-1} en igual etapa; el otro relacionado con el bajo PV de los animales del presente trabajo que entraron a la recría en la etapa experimental, reflejo de ganadería cubana actual.

Las diferencias encontradas en el consumo de nutrientes a favor del tratamiento control, se relacionan con la tecnología RALTEC y la papilla acompañante con un mejor balance de nutrientes de calidad, aunque no fueron elevadas; ni fueron superiores a las reportadas en trabajos anteriores (Ybalmea 2015), lo que confirma la importancia del PV de los animales desde que nacen para alcanzar mejores tasas de ganancia y PV superiores al destete.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos indicaron un comportamiento adecuado del consumo de RELAC con ganancias superiores a los 300g.anim.d-1 comparables con el lactoremplazante importado. Estudios posteriores precisarán en la importancia económica del resultado.

AGRADECIMIENTOS

A los trabajadores de la UEB Derivados de AZCUBA, Quivicán por ofrecer las instalaciones para la elaboración del lactoremplazante RELAC.

A los obreros, técnicos y especialistas de la recría y fábrica de pienso DITA, a los de la UCELAB y el departamento de Biomatemática por su valiosa contribución al resultado.

BIBLOGRAFÍA

Plaza, J. y Hernández, J.L. 1996a. Milk replacers for calves. 1. The utilization of torula yeast. Cuban J. Agric. Sci. 30:21.

Plaza, J. y Hernández, J. L. 1996. Efecto del sistema de alimentación en el comportamiento de los terneros. Rev. Cubana Cien. Agric. Tomo.29:125.

Chongo, B. 2002. La crianza del becerro. Mundo Ganadero. Conferencia Magistral en Feria de Ganaderos del Estado de Tabasco. Villahermosa, Tabasco, México.19 p.

Plaza, J.; Ybalmea, R. 2008 Efecto de la leche entera y los reemplazadores lecheros en el comportamiento de ternera de reposición. Rev. Cubana. Cien. Agric.42:04

Guilloteau, P., Zambielski, R and Blum. J. 2009. Gastrointestinal tract and digestion in the young ruminant: Ontogenesis, adaptations, consequences and manipulations. J. Physiol. Pharmacol. 60:37-46.

Martínez Y. (2009) Efecto de la inclusión de harina de Tithonia diversifolia en la dieta integral para terneros. Tesis de Maestría en Producción Animal para la zona tropical. Instituto de Ciencia Animal, Mayabeque, Cuba.

Guevara-Rodríguez, CA; Rodríguez-Domínguez, V; Rodríguez-Medina, A; Rodríguez-Acosta, L. (2012). Validación del uso de la levadura (*C. utilis* NRRL Y-600), en la fabricación de los sustitutos lecheros ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar, vol. 46, núm. 3, septiembre-diciembre, 2012, pp. 45-51 Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar Ciudad de La Habana, Cub. ISSN: 0138-6204 revista@icidca.edu.cu.

Prieto E.: Montes D.; Patiño R.; Cuello H. y Regino C. 2013. Desempeño productivo y comportamiento ingestivo de terneros recibiendo diferente manejo alimenticio en un sistema doble propósito, departamento de Sucre, Colombia. Rev. Colombiana cienc. Anim. 5(2):380-395,2013

Ybalmea, R. 2015. Alimentación y manejo del ternero, objeto de investigación en el Instituto de Ciencia Animal. *Redalyc*, 13.

Daneshvar, D., Khorvash, M., Ghasemi, E and Mahdavi, A.H. 2017. Combination effects of milk feeding methods and starter crude protein concentration: Evaluation on performance and health of Holstein male calves. Anim. Feed Sci. Technol. 223:1-12. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2016.10.:025ç

Kertz, AF., Hill, TM., Quigley Lii, JD., Heinrichs, AJ., Linn, JG., Drackley JK. 2017. Revista de ciencia láctea 100 (12), 10151-10172.

Kertz A. F. 2019.Dairy Calf and Heifer Feeding and Management. Some Key Concepts and Practices. Outskirts Press.

Pared, S. Bilbao*, G. Gatius, S. Alvarado, P.I. Rubi, R.A. 2020. Evaluación de la crianza artificial de terneros lactantes, con dos tipos de alimentación inicial. Departamento de Producción Animal, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNCPBA) Campus Universitario B7000, Tandil, Buenos Aires, Argentina. ITEA-Inf. Tec. Econ. Agrar. 116(1): 30-40. https://doi.org/10.15232/aas.2023-02453

Aragona KM, Suarez FX, Dennis TS, Quigley JD, Hu W, Hil TM. Schlotterbeck RL, 2020. Effect of stater form, starch concentration and amount of forage fed on Holstein calf growth from 2 to 4 months of age, J. Dairy Sci. 103(3) 2324-2332.

Hyde R.M.; Green, M. J.; Hudson Chris and Down P. M. 2022. Improving growth rates in preweaning calves on dairy farms: A randomized controlled trial. J. Dairy Sci. 105:782-792 https://doi.org/10.3168/jds.2021-20947

Kertz A. F. 2023. Perspective and Commentary: Dairy calf feeding and nutrition major variables and subsequent performance. Applied Animal Science 39:449-445 Applied Animal Science 39:449–455. https://doi.org/10.15232/aas.2023-02453.

Domínguez, Mélanis 2024. Respuesta productiva de terneros alimentados con lactoreemplazante RELAC y una dieta integral complementaria. Tesis de Maestría en Producción Animal para la zona tropical. Instituto de Ciencia Animal, Mayabeque, Cuba.





Pas-67. Efecto del consumo del forraje de *tithonia diversifolia* (helms) a. Gray en el perfil enzimático sanguíneo de cabras lecheras en pastoreo

Effect of the consumption of the forage of *tithonia diversifolia* (helms) a. Gray in the sanguine enzymatic profile of goats milkmaids in shepherding

Yarisleiby Cruz Cruz[1], Delfín Gutiérrez González [2], Yandre Soto Rodríguez [1]*

[1]Universidad Agraria de la Habana.

[2]Instituto de Ciencia Animal

[*]Correspondencia a: yarisleibycruzcruz@gmail.com

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue conocer la influencia del consumo de la ración totalmente mezclada con inclusión de *tithonia diversifolia* vc icacuba oc-10 en el perfil enzimático sérico de cabras lactantes en pastoreo. Para ello, se utilizaron 40 cabras de la raza anglo nuvia, distribuidas de forma aleatoria en dos grupos (n=20), peso vivo promedio 29,33±3,08 kg, 3,0 ±1,3 años y 149 ±71,0 días de lactación. Durante 23 semanas las cabras fueron manejados de forma restringida (6h diurna) en un sistema extensivo de pastoreo compuesto por diversidad de géneros y especies de gramíneas, leguminosas y arbóreas, y suplementadas al encierro en la nave (06:30pm) con la ración totalmente mezclada fresca (rtm: 70%: *t. Diversifolia* + 20% caña de azúcar + *cenchrus purpureus híbrido* cuba om-22). Los tratamientos consistieron en t_0: pastoreo y t_1: t_0 + suplementación c/ rtm a libre voluntad.el diagnostico enzimológico de la aspartato aminotransferasa (ast), alanina aminotransferasa (alt), la fosfatasa alcalina (fa) y la gamma glutamil transpeptidasa (ggt) fue mediante espectrofotometría. Los resultados muestran variaciones estadísticas para la ast (103,78±26,66 ul^{-1}, p=0,0029) y la alt (17,49±5,60 ul^{-1}, p<0,0001), pero los valores medio alcanzados están por debajo del rango fisiológico normal para la especie caprina (rango: 167-387 ul^{-1} *vs* rango: 24-83 ul^{-1}), respetivamente. Sin embargo, fa aun no difiriendo (p= 0,2003) el valor obtenido (226,20 ±412,27ul^{-1}, p= 0,2003, rango: 93-387ul^{-1}) se encuentras dentro del índice de referencia, semejante comportamiento estadístico mostró la ggt (42,36±13,64ul^{-1}, p= 0,6176, rango: 60-101ul^{-1}). Se concluye que los niveles séricos obtenidos del perfil enzimático en estudio indican buena funcionalidad hepática y salud de las cabras y sin la aparición de estrés metabólico.

Palabras clave: *cabras, enzimas hepáticas, forraje arbóreo, ración totalmente mezclada*

ABSTRACT

The objective of the present study was to know the influence of the consumption of the completely blended portion with inclusion of *tithonia diversifolia* vc icacuba oc-10 in the profile enzymatic sérico of goats nurslings in shepherding. For it, 40 goats of the race anglo nuvia was used, distributed in a random way in two groups (n=20), i weigh i live average 29,33±3,08 kg, 3,0 ±1,3 years and 149 ±71,0 days of nursing. During 23 weeks the goats were managed in a restricted way (6h day) in an extensive system of shepherding composed by diversity of goods and species of gramineous, leguminous and arboreal, and suplementadas to the confinement in the ship (06:30pm) with the fresh completely blended portion (rtm: 70%: t. Diversifolia + 20% sugar cane + *cenchrus hybrid purpureus* cuba om-22). The treatments consisted on t0: i shepherd and t1: t0 + suplementación c / rtm to free voluntad. The diagnoses enzimológico of the aspartate aminotransferasa (ast), alanine aminotransferasa (alt), the alkaline fosfatasa (fa) and the gamma glutamil transpeptidasa (ggt) it was by means of espectrofotometría. The results show statistical variations for the ast (103,78±26,66 ul^{-1}, p=0,0029) and the alt (17,49±5,60 ul^{-1}, p <0,0001), but the reached mean value is below the normal physiologic range for the species caprina (range: 167-387 ul^{-1} *vs* range: 24-83 ul^{-1}). However, fa not yet differing (p = 0,2003) the obtained value (226,20 ±412,27ul^{-1}, p = 0,2003, range: 93-387ul^{-1}) you are inside the reference index, similar statistical behavior showed the ggt (42,36±13,64ul^{-1}, p = 0,6176, range: 60-101ul^{-1}). You concludes that the levels obtained séricos of the enzymatic profile in study indicate good hepatic functionality and health of the goats and without the appearance of metabolic stress

Keywords: *goats, hepatic enzymes, arboreal forage, completely blended portion*

PAS-68. Caracterización química y toxicológica del fruto de la Palma Real (palmiche)

H. Herrera Galindo[1], N Albelo Dorta[1], I González Blanco[2]*

[1]Instituto de Ciencia Animal (ICA). Carretera Central Km 47 ½ San José de las Lajas, C.P. 32700, Apartado Postal 24, Mayabeque, Cuba.

[2]Instituto de Farmacia y Alimentos (IFAL). Facultad de Farmacia. Calle 222 #2317 / 23 y 29, La Coronela, La Habana, Cuba.

*Correspondencia a: ditaherre06@gmail.com

RESUMEN

El conocido fruto de la Palma Real, palmiche, es uno de los principales alimentos alternativos, energéticos y naturales disponibles en Cuba, utilizado principalmente en la crianza y alimentación de ganado porcino. Esto se debe a su alto potencial en lípidos y otros componentes que ayudan a fortalecer la producción en ausencia de piensos y cereales. Este trabajo tuvo como objetivo la caracterización físico-química del fruto y su evaluación toxicológica. Para el estudio de composición química se desarrollaron métodos de determinación de materia seca, cenizas totales, fraccionamiento de fibra y detección de minerales y carbohidratos. La toxicidad se evaluó utilizando el método alternativo de las Clases Tóxicas Agudas utilizando una dosis límite de 2000 mg/kg. Los parámetros físico-químicos indicaron que el palmiche es un fruto con gran contenido de materia seca y fibra, además con un contenido apropiado de carbohidratos y minerales. En el ensayo de toxicidad, el palmiche administrado por vía oral, resultó ser potencialmente no tóxico.

Palabras claves: *palmiche, alimento alternativo, producción animal, aditivo*

INTRODUCCIÓN

La alimentación de los países tropicales se basa generalmente en alimentos de origen animal, los mismos son una fuente muy importante para su estabilidad económica y un elemento fundamental en la seguridad alimentaria y en la sostenibilidad de un abastecimiento de alimentos de alta calidad, saludables para la población (1).

En la actualidad la crisis nutricional es grave y la elevación de los precios tiene consecuencias para muchas naciones, donde se agudizan los altos índices de pobreza y el constante crecimiento demográfico.

Los países subdesarrollados no cuentan con el avance tecnológico ni con modelos convencionales basados en cereales y piensos (2,3), que les permitan sostener la producción de ganado, teniendo en cuenta que este debe competir con el hombre por los mismos alimentos. Además, los costos de producción son afectados también por variables ajenas al proceso, como los factores ambientales, el déficit de acceso directo al agua y las bajas tasas de fertilidad (4). Es importante explorar alternativas que incrementen los índices de salud, el rendimiento animal y que sean beneficiosos desde el punto de vista ambiental, económico y humano. Estos recursos deben ser potencialmente adaptables a los niveles productivos, de fácil consecución y bajo costo, limitando la utilización de materias primas tradicionales como el maíz o la soya que compiten en la alimentación humana (5).

En Cuba uno de los suplementos más utilizados en la alimentación porcina es el fruto de la Palma Real, endémica de la isla. El palmiche es un fruto botánico que constituye uno de los alimentos naturales más abundantes en la nación con altos valores nutritivos, sobre todo para la ceba de cerdos (6,7). Este fruto en forma ovoidea y redondeado en ambos extremos, es muy difícil de despulpar y de semilla dura. Se da en toda época del año en gran abundancia, lo cual resulta fructífero pues se sustituye la importación de suministros para piensos, siendo este un producto con contenido de energía digestible (6).

El palmiche ha sido utilizado tradicionalmente, y por sus ventajas se ha incorporado en las líneas de investigación del Instituto de Ciencia Animal (ICA) de Mayabeque con el objetivo de registrarlo como un recurso natural para la alimentación animal. Hasta el momento se carecen de estudios en la provincia que caractericen desde el punto de vista químico y toxicológico al fruto para su futuro registro como suplemento nutricional en animales (problema científico).

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio de composición química se realizo en el Instituto de Ciencia Animal ICA, situado en el km 47 $^{1}/_{2}$ de la Carretera Central, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba. Para ello se realizaron evaluaciones de porcentaje de materia seca, cenizas y fraccionamiento fibroso.

Los frutos fueron recolectados aleatoriamente de plantas sanas en la provincia Mayabeque. Los racimos limpios y secos, posteriormente fueron molinados en molino de cuchillas. Para el momento de las determinaciones se tomaron cinco muestras de 1000 g cada una de fruto entero, cáscara y semilla.

Determinación de materia seca: Se pesaron 10 g de la muestra, luego se pasó al proceso de secado en estufa a temperatura de 105°C. Posteriormente la muestra se pesó nuevamente, repitiendo todo el proceso hasta alcanzar un valor constante.

Determinación de cenizas totales: Se tomaron 2 g de muestra, por triplicado y se llevaron a una mufla con temperatura de 550° C por 24 horas, para eliminar todo el material orgánico.

Fraccionamiento de la fibra: Fibra Detergente Neutro, Fibra Detergente Ácida, Lignina, celulosa y Hemicelusa (Van Soest)

Tabla III.2. **Composición de la fibra entre las muestras de palmiche: fruto entero, semilla y cáscara.**

Composición de la fibra (%)	Palmiche			±EE
	Fruto entero	Semilla	Cáscara	
Lignina	9,74 [a]	9,90 [a]	12,08 [b]	0,48 p=0,0038
Celulosa	38,10 [a]	39,18 [ab]	40,88 [b]	0,59 p=0,0041
Hemicelulosa	22,24	20,35	23,39	1,18 p=0,0072

[a, b] Medias con letras diferentes en la misma fila difieren estadísticamente a P<0,05 (Duncan 1955)

El análisis de toxicidad aguda oral se realizó en el Instituto de Farmacia y Alimentos (IFAL), Facultad de Farmacia situado en calle 222 #2317 / 23 y 29, La Coronela, La Habana, Cuba. Se realizó un estudio de dosis límite 2000 mg/kg del material seco molido usando el procedimiento por "pasos" descrito en el ensayo alternativo de la Clase Tóxica Aguda (8). La dosis fue administrada, por vía oral, mediante canulación intragástrica a razón de 20 mL/kg en un período de 24 horas a grupos de seis ratas hembras. Se evaluó un grupo control que recibió carboximetilcelulosa a través del mismo esquema de administración.

Los animales fueron observados diariamente los próximos 14 días con especial atención durante las primeras 24 horas, registrando los signos de toxicidad (cambios en el pelo, ojos, membranas mucosas, sistema respiratorio, circulatorio, SNA, SNC, la actividad 18 somatomotora y el comportamiento, etc.) así como el peso corporal de cada uno de los animales al inicio, 7 y 14 días del ensayo.

Se utilizó la estadística descriptiva para el análisis de las variables en estudio y para la comparación entre tratamientos se empleó la décima de rangos múltiples de Duncan, para el procesamiento de la información, se empleó el paquete estadístico INFOSTAT. Para la variable ganancia de peso corporal se estimaron parámetros descriptivos como media y desviación estándar y el análisis estadístico se realizó mediante la prueba t Student previo a una homogeneidad de varianza según Prueba F.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El primer parámetro evaluado fue el contenido de materia seca, donde no se apreciaron diferencias significativas (p ≥0,05) en las diferentes muestras, esto indica la capacidad nutritiva del fruto y una estimación de su humedad residual.

Determinaciones (%)	Palmiche		
	Fruto entero	Semilla	Cáscara
Materia seca	97,15 ± 0,32	97,29 ± 0,27	96,38 ± 0,35
Ceniza	5,99 ± 0,48	5,16 ± 0,19	8,37 ± 1,69
FDN	72,62 ± 2,97	73,82 ± 2,53	75,16 ± 0,95

Los valores se representan como valor medio ± desviación estándar relativa.

Generalmente, las normas y farmacopeas establecen un contenido de humedad entre el 8 % y 14 % en dependencia del material vegetal (9, 10). En el estudio realizado al fruto las determinaciones de materia seca indicaron valores de humedad por debajo del intervalo, lo que demostró la eficiencia del proceso.

Las Farmacopeas plantean un índice de cenizas totales de 5 % (9), aunque los valores puedan variar en dependencia del material y lugar de colecta. Los resultados obtenidos no sobrepasaron en gran medida el límite exigido para el caso del fruto entero y las semillas y corresponden a los resultados obtenidos por Martínez y col. 2021. La cáscara del fruto reportó un valor mayor que puede ser debido a que los frutos fueron recolectados de palmas cosechadas en los suelos más fértiles de la provincia Mayabeque.

Los indicadores de fibra del palmiche fueron elevados y coinciden con los promedios informados por Arias y col. 2016 y Martínez y col. 2021. Al analizar los resultados, la cáscara tiene los mayores contenidos de cada una de los componentes del fraccionamiento (lignina, celulosa y hemicelulosa) convirtiéndola en el material más fibroso, lo cual es una característica común en la mayoría de los frutos.

Tabla III.2. **Composición de la fibra entre las muestras de palmiche: fruto entero, semilla y cáscara.**

Composición de la fibra (%)	Palmiche			±EE
	Fruto entero	Semilla	Cáscara	
Lignina	9,74 [a]	9,90 [a]	12,08 [b]	0,48 p=0,0038
Celulosa	38,10 [a]	39,18 [ab]	40,88 [b]	0,59 p=0,0041
Hemicelulosa	22,24	20,35	23,39	1,18 p=0,0072

[a, b] Medias con letras diferentes en la misma fila difieren estadísticamente a P<0,05 (Duncan 1955)

En el ensayo de toxicidad aguda, la vía oral constituyó el paso inicial que proporcionó información básica sobre los posibles daños a la salud que conlleva la exposición única del fruto de la Palma Real, siendo además la vía de administración propuesta para su uso. Durante el período de ensayo no se evidenciaron signos de toxicidad en los animales tratados. Desde el punto vista clínico los animales mantuvieron una apariencia normal correspondiente a su especie. Por otra parte, en las mediciones de los reflejos flexorhomolateral, pineal, corneal (indicativo de las funciones sensoriales y motoras), no se apreciaron modificaciones sobre el mismo en los animales tratados con respecto a los controles. En la tabla III.1 se muestra el comportamiento del peso corporal, así como la ganancia media de peso de los animales durante el período de ensayo. La evaluación de este último indicador mostró un incremento de peso normal asociado a la especie estudiada lo que se traduce en la ausencia de diferencias entre el grupo tratado con PALMICHE y el grupo control.

Tabla III.1. **Ganancia de peso corporal de los animales administrados con PALMICHE a la dosis de 2000 mg/kg por vía oral en ratas.**

Grupos	Ganancia de peso (g)		
	0-7*	7-14	0-14*
Control	39,86 ± 7,48	31,23 ± 1,41	71,1 ± 7,49
Palmiche	39,9 ± 3,45	30,7 ± 0,93	70,7 ± 3,22

Valores expresados como media ± DE, P<0,05; (*) diferencia estadísticamente significativa respecto al día 0 en cada grupo ensayado. (n=6)

CONCLUSIONES

En conclusión el palmiche, según los estudios de composición realizados, es un fruto con alto contenido de materia seca y de fibra poco digestible, su contenido de cenizas está dentro de los valores reportados por las regulaciones lo que indica la pureza del fruto.

El fruto administrado por vía oral resultó potencialmente no tóxico a una dosis de 2000 mg/kg y se clasificó, según el Sistema Global Armonizado, como "NO CLASIFICADO".

BIBLIOGRAFÍA

Hernández Suárez D, Fontes Rosado S. Agricultural evaluation of the Livestock Project `` Production and commercialization of pork´´ Cuba-Germany. ISBN [Internet] 2022; 20 (2):978-959-16-4723-8 [citado 20 de julio 2024]. Disponible en:



FAO 2021. Perspectivas alimentarias, diciembre, FAO, Roma.

Febrero Toussaint I, Romero Cruz O, Ruiz Ortiz L, González Salas R. Jacinto de agua (Eichhornia crassipes) una alternativa para la alimentación de pollos en ceba. REDVET [Internet] 2005; VI (5):1-10 [citado 3 de agosto 2024]. Disponible en: http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63617216011

Arrázola G, Buelvas H, Arrieta Y. Aprovechamiento de las características nutricionales del almendro de la India (Terminaliacatappa L.) como suplemento en la alimentación animal. MVZ Córdoba [Internet] 2008 [citado 24 de julio 2024]; 13 (1):1205-1214. Disponible en: http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=69313112

Kawaz Garza JR, Fuentes Rodríguez JM, Torres Hernández M, Malacara Álvarez OE, García Castillo RF, Salinas Chavira J. Efecto de la suplementación de lisina sobre la ganancia de peso y características cárnicas y de la canal en credos en iniciación. Revista científica [Internet]. 2010; XX (1):61-66. Disponible en: http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=95915974009

Martínez Pérez M, Vives Hernández Y, Rodríguez B, Pérez Acosta OG. Nutritional value of palm kernel meal, fruit of the royal palm tree (*Roytonearegia*), for feeding broilers. Cuban Journal of AgriculturalScience[Internet] 2021; 55(3):305-313 [citado 23 de septiembre 2024]. Disponible en: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=653769747005

Leyva A. Notes on Cuban native palms [Internet]. BotanischerGartenundBotanischesMuseum; 20 de abril de 2016 [citado 25 julio 2024]. Disponible en: http://www.jstor.org/stable/3997726

OECD. 2001. Guidelines for the Testing of Chemicals No 423: Acute Oral Toxicity – Acute Toxic Class Method, Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development.

Miranda MM, Cuéllar AC. 2000. Manual de prácticas de laboratorio. Farmacognosia y productos naturales. Editorial Félix Varela. La Habana. P.33-7.

Lou Zhi-cen. General control for vegetable drugs. Comparative study of methods included in thirteen pharmacopoeias an proposals on their international unification. WHO/PHARM/80.502. 1980. P.8-39

PAS-69. Metabolismo energético durante el ayuno en variedades de ovinos Pelibuey bajo condiciones de pastoreo tropical

Energy metabolism during Fasting in Pelibuey Sheep varieties under tropical grazing conditions

Norge Fonseca Fuentes[1], Sulema Milán Rabí[2], Yailín Piña Solano[2], Jorge Wright Ramírez[2], Eliecer Pérez Pineda[1], Juraj Grizelj[3]*

[1]Universidad de Granma.

[2]Instituto de Investigaciones Agropecuarias "Jorge Dimitrov".

[3]Universidad de Zagreb, Croacia.

[*]Correspondencia a: norgefonseca023@gmail.com

RESUMEN

El estudio evaluó el metabolismo energético durante el ayuno en tres variedades de ovinos Pelibuey (Bermejos, Blancos y Patrón invertido) manejados en pastoreo en condiciones tropicales. Setenta y cinco machos (25/variedad) fueron sometidos a un ayuno prolongado de hasta 96 horas tras un período de aclimatación y tratamiento antiparasitario. Se midieron indicadores fisiológicos (frecuencia respiratoria, frecuencia cardíaca, temperatura rectal) y del metabolismo gasoenergético (consumo de O_2, producción de CO_2, cociente respiratorio - CR, producción de calor - PC) utilizando la metodología de intercambio respiratorio. Los resultados mostraron que la triada clínica basal se mantuvo dentro de rangos normales. A las 72 horas de ayuno, se observaron diferencias significativas ($p<0.05$) en el CR y la PC entre variedades. A las 96 horas, estas diferencias se acentuaron ($p<0.01$), con la variedad Bermeja mostrando consistentemente los valores más altos de CR y PC, seguida por el Patrón invertido y luego la Blanca. Esto sugiere una utilización diferencial de sustratos energéticos (grasas vs. proteínas) y una eficiencia metabólica variable durante el estrés por inanición entre las variedades, posiblemente relacionada con su genotipo. Se concluye que la variedad Blanca demostró una mayor eficiencia energética en condiciones de ayuno prolongado.

Palabras clave: *Ovinos Pelibuey, metabolismo en ayuno, cociente respiratorio, producción de calor.*

ABSTRACT

This study evaluated fasting energy metabolism in three varieties of Pelibuey sheep (Red, White, and Reverse pattern) managed under tropical grazing conditions. Seventy-five males (25/variety) underwent a prolonged fast of up to 96 hours after an acclimatization period and antiparasitic treatment. Physiological indicators (respiratory rate, heart rate, rectal temperature) and gas exchange metabolism parameters (O_2 consumption, CO_2 production, respiratory quotient - RQ, heat production - HP) were measured using respiratory exchange methodology. Results showed that the basal clinical triad remained within normal ranges. At 72 hours of fasting, significant differences ($p<.05$) in RQ and HP were observed among varieties. At 96 hours, these differences became more pronounced ($p<.01$), with the Red variety consistently showing the highest RQ and HP values, followed by the Reverse pattern and then the White. This suggests a differential utilization of energy substrates (fats vs. proteins) and variable metabolic efficiency during starvation stress among the varieties, possibly related to their genotype. It is concluded that the White variety demonstrated higher energy efficiency under prolonged fasting conditions.

Keywords: *Pelibuey sheep, fasting metabolism, respiratory quotient, heat production.*

INTRODUCCIÓN

La producción ovina en regiones tropicales se enfrenta constantemente a desafíos ambientales, como el estrés por calor y la disponibilidad fluctuante de forraje, lo que puede conducir a períodos de ayuno involuntario en los animales (Serrano *et al.*, 2024). Comprender la respuesta fisiológica y metabólica de los ovinos ante estas adversidades es crucial para desarrollar estrategias de manejo que mejoren su resiliencia y productividad. El metabolismo energético durante el ayuno es un proceso complejo que implica la movilización de reservas corporales y ajustes en la utilización de sustratos para mantener la homeostasis (Fonseca *et al.*, 2008). El cociente respiratorio (CR), definido como la relación entre el dióxido de carbono producido y el oxígeno consumido, es un indicador clave del tipo de sustrato energético que está siendo oxidado (grasas, carbohidratos o proteínas). Paralelamente, la producción de calor refleja la tasa metabólica y la eficiencia energética del animal. La raza Pelibuey, conocida por su adaptación a climas cálidos, presenta diversas variedades fenotípicas cuya potencial diferencia en la eficiencia metabólica bajo estrés nutricional no ha sido suficientemente explorada. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue evaluar y comparar los indicadores del metabolismo gasoenergético durante un ayuno prolongado (72 y 96 horas) en las variedades Bermeja, Blanca y de Patrón invertido de ovinos machos Pelibuey en condiciones de pastoreo tropical, para identificar posibles ventajas adaptativas de una variedad sobre otra.



MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló en el IIA Jorge Dimitrov en la provincia Granma. Se utilizaron 75 ovinos machos Pelibuey en pastoreo a partir de los cuatro meses de edad, de las variedades bermejos, blancos y de patrón invertido, los cuales se seleccionaron para medir su metabolismo de ayuno (25 por cada variedad). Al total de animales se les realizó análisis coprológico, mediante la técnica helminto ovoscópica de flotación y de sedimentación, según Lines et al. (1980). Se les aplicó tratamiento antiparasitario con Levamisol en dosis de 7,5 mg/kg de peso previo al experimento.

El sistema de manejo y alimentación aplicado consistió en el pastoreo continuo durante 8 horas en un área cubierta de pasto Estrella Jamaicano (*Cynodon nlenfuensis*) sin fertilización ni riego, con una carga de 1 UGM.ha^{-1} en el horario de 8:00 am a 4:00 pm, con dos horas por la tarde en banco de proteína con *Leucaena leucocephala*. Luego del horario de pastoreo los animales permanecieron en las naves de sombra, donde se les ofertó agua y sales minerales a voluntad.

La temperatura rectal se determinó con un termómetro clínico de máxima en el horario de la mañana, antes de salir al pastoreo. Además, se determinó la frecuencia cardiaca y la frecuencia respiratoria.

Para el estudio de los indicadores del metabolismo gasoenergético en ayuno, los animales se sometieron a inedia hasta 96 horas. Se determinó el cociente respiratorio y se midió la producción de calor. Para determinar el metabolismo de ayuno para la raza y por variedad o tipo, se aplicó la metodología de intercambio respiratorio descrita por (Kimakovski et al. 1979).

A cada animal seleccionado se les midió la producción de calor a través del intercambio respiratorio por la metodología descrita por Kimakovski et al. (1979), cada 15 días, por dos días consecutivos. Se realizaron 3 muestreos al día (madrugada, medio día y tarde). Se recogió la muestra de aire expirado de cada animal y se analizó la cantidad de O2 consumido y de CO2 producido.

Para el análisis estadístico de los datos se utilizó un análisis de varianza clasificación simple y para la diferencia entre medias la prueba de rango múltiple de Duncan (1955), para lo cual se utilizó el software de análisis de datos Statistica versión 8.0 para Windows (StatSoft, 2007).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La regionalización climática del área experimental se clasifica como tipo II subtipo 6, que se define como "Llanura y alturas con humedecimiento estacional relativamente estable, alta evaporación y altas temperaturas". En la Tabla 1, se presenta el comportamiento del clima, según información obtenida de los archivos meteorológicos de tres estaciones agrometeorológicas que caracterizan el territorio.

Las temperaturas máximas medias anuales, registraron valores superiores a los 30°C con oscilaciones entre los 30–34 °C, y las mínimas medias anuales registraron valores de 19,4°C con oscilaciones entre los 16–21 °C, lo que propicia días cálidos con madrugadas frescas. La temperatura media anual se comporta entre los 23,3 °C en la época menos lluviosa, mientras que en la lluviosa alcanza los 27,3 °C.

Tabla 1. *Comportamiento Climático de la zona.*

Mes	T. Máx (°C)	T. Mín (°C).	T. Med (°C)..	Hr.Máx. (%)	Hr.Mín (%)	Hr.Med. (%)	ITH	D.D.S. (horas)	Vel.Vto (Km/h)	Prec.Pluv. (mm)
1	29,6	15,9	22,9	96	76	86	72	8,6	8,3	24,4
2	30,8	16,4	23,9	94	74	84	73	8,3	10,3	42,6
3	31,7	17,8	24,5	95	74	85	74	7,8	9,4	50,5
4	31,6	19,0	24,8	92	73	83	75	7,4	8,3	81,1
5	32,2	20,5	25,9	93	78	86	77	7,5	6,2	134,0
6	33,3	21,5	27,1	95	82	89	78	6,9	6,8	176,0
7	34,0	21,3	27,6	96	79	88	79	7,0	5,1	127,0
8	34,3	21,0	27,9	96	78	87	80	7,6	4,6	97,8
9	33,4	21,3	27,0	97	83	90	80	7,5	5,3	148,0
10	32,2	21,2	26,0	97	85	91	78	7,8	7,3	151,0
11	30,9	19,8	25,0	94	81	88	75	8,3	7,3	37,1
12	30,0	17,8	23,5	97	82	90	73	8,8	7,2	24,4
Media	32,0	19,4	25,4	95	79	87	76	7,8	7,2	1088,8

Los valores basales de la triada clínica (frecuencia respiratoria, frecuencia cardíaca y temperatura rectal) medidos antes del inicio del ayuno se presentan en la Tabla 2. Todos los indicadores se encontraron dentro de los rangos considerados fisiológicamente normales para ovinos en condiciones tropicales, lo que sugiere que los animales iniciaron el experimento en un buen estado de salud y bienestar. Este punto de partida es fundamental para asegurar que las variaciones posteriores en el metabolismo puedan atribuirse principalmente al estrés del ayuno y no a condiciones patológicas subyacentes. Las condiciones climáticas de la zona de estudio (Tabla 1), caracterizadas por temperaturas medias altas y alta humedad relativa, confirman el ambiente tropical típico donde se desenvuelve esta raza, indicando que los resultados son representativos de sistemas de producción reales en estas latitudes. El Índice de Temperatura y Humedad (ITH) mostró valores consistentemente por encima de 72, lo que señala un estrés calórico constante de ligero a moderado, un factor que puede interactuar con la respuesta al ayuno (Sánchez *et al.*, 2020).

La frecuencia respiratoria en los ovinos Pelibuey mostró un promedio de 63 respiraciones por minuto, resultado que se encuentra por encima del rango considerado normal para la especie. Valdés y García (2002), en investigaciones realizadas en el Instituto de Ciencia Animal (ICA) encontraron un valor de la frecuencia respiratoria en los ovinos entre 12-15 respiraciones por minuto, siendo considerado normal para la especie. Además, es importante considerar que el límite de la temperatura del aire para corderos de engorde es de 10-15 ºC y en este caso los animales estaban expuestos a temperaturas medias de 25,4 ºC durante todo el año.

Al respecto Vicar (2015), plantea que en condiciones de reposo la frecuencia respiratoria en la especie ovina oscila en el rango de 10 a 15 respiraciones por minuto. En este sentido, es importante tener en cuenta que cuando el medio físico supera la zona de termoneutralidad, como sucede cuando los ovinos son expuestos a regímenes de manejo a base de pastos, se genera el estado de estrés calórico que produce un aumento de la temperatura corporal y de la frecuencia respiratoria, lo cual incrementa los requerimientos para mantenimiento de un 7 a un 25%.

Esta energía adicional es el costo de los animales para por hacer adaptaciones fisiológicas y de comportamiento en estrés calórico. Además, en estrés calórico el ganado ovino disminuye la ingesta especialmente cuando se les ofrece alimento de baja calidad como sucede generalmente en ovinos a pastoreo en la zona tropical, debido tanto al esfuerzo para reducir la producción de calor y el pasaje más lento del alimento por el tracto digestivo. Por lo tanto, en condiciones de estrés calórico se afectaría lograr suplir los requerimientos de los animales a pastoreo en estas condiciones, lo que coincide con los datos publicados por Marroquín et al. (2011)

Por otro parte, la ritmicidad de la temperatura del cuerpo es un importante proceso biológico y un confiable marcador del funcionamiento del organismo según Stephens (2009), así como también, un indicador de la salud general de un animal y de su metabolismo energético

Tabla 2. *Triada clínica de ovinos machos Pelibuey en pastoreo.*

Indicadores	U/M	Media	DE
Frecuencia respiratoria	r/min	63	2,8
Frecuencia cardiaca	lat/min	75	7,1
Temperatura rectal	ºC	39,3	1,1

DE, Desviación estándar

La frecuencia cardiaca promedio fue de 75 latidos por minuto, valor que se considera adecuado para la especie ovina en condiciones de pastoreo en clima tropical, sometido a una intensa actividad estresante como respuesta al ambiente y a las condiciones de manejo aplicadas, al respecto Valdés y García (2002) en determinaciones realizadas encontraron que este parámetro se mantuvo entre los 70 - 80 latidos por minuto, coincidiendo con los resultados del presente estudio al enmarcarse en el rango descrito por estos autores.

La variación diaria de la frecuencia cardiaca está influenciada por cambios en la actividad física y por el nivel metabólico, pero también esta sincronizada con cambios en la intensidad de la luz, la temperatura ambiente y por otros factores ambientales.

Los indicadores del metabolismo de ayuno según la variedad o tipo de ovinos Pelibuey a las 72 horas de inedia mostraron que los animales aun no estaban en ayuno verdadero al expresar un cociente respiratorio por encima de 0,78 y una producción de calor superior a los 475 kj/kgW0,75/día en las tres variedades estudiadas (Tabla 3).

Tras 72 horas de ayuno, los resultados mostraron que el peso metabólico, la frecuencia respiratoria, el volumen de oxígeno utilizado y la eliminación de CO_2 no presentaron diferencias estadísticamente significativas ($p>0.05$) entre las tres variedades de ovinos. Esto indica que, en una etapa intermedia del ayuno, la demanda energética basal y la ventilación pulmonar fueron similares independientemente del fenotipo.

Tabla 3. *Metabolismo de ayuno a las 72 horas de ovinos machos Pelibuey según variedad o tipo.*

Indicadores	Variedad o tipo.			EE ±	Sig
	Bermejos	Blancos	Patrón invertido		
Peso metabólico (kg)	14,61	14,38	14,26	0,37	NS
Frecuencia respiratoria (r.min^{-1})	28,77	26,72	28,52	2,05	NS
Oxígeno utilizado (L.h^{-1})	8,89	8,99	8,7	0,30	NS
Eliminación de CO2 (L.h^{-1})	7,11	7,01	7,05	0,12	NS
Cociente respiratorio	0,80 ab	0,78 a	0,81 b	0,03	*
Producción de calor (kj/kgw^{0,75}.día^{-1})	482,60 b	475,22 a	479,32 ab	0,95	*

Letras desiguales en la misma fila difieren entre sí, P<0,05; EE, error estándar; Sig, significación estadística (, p<0,05).*

Aun cuando los animales no estaban en el metabolismo basal a las 72 horas de ayuno, la variedad Blancos (0,78) mostró diferencias significativas con respecto a los de Patrón invertido (0,81), no así con los Bermejos (0,80) en el cociente respiratorio. La producción de calor fue menor en la variedad Blancos con 475,22 (kj/kgw0,75.día-1), existiendo diferencias estadísticas en relación a los Bermejos (kj/kgw0,75.día-1)pero no con los de Patrón invertido (kj/kgw0,75.día-1). Estos resultados muestran que a pesar de no encontrarse los animales utilizando la energía necesaria para el mantenimiento del metabolismo basal, la variedad Blancos muestra valores más bajos que el resto de las variedades en estudio.

Las diferencias en el CR a las 72 horas, aunque leves, fueron estadísticamente significativas y se correlacionaron con la producción de calor. La variedad Blanca, con el CR más bajo (0.78), también presentó la menor producción de calor (475.22 kJ/kgw$^{0.75}$/día), lo que sugiere una mayor eficiencia en la utilización de sus reservas energéticas, probablemente con una mayor dependencia de la β-oxidación de ácidos grasos, un proceso metabólico más eficiente en términos energéticos por molécula de ATP producida (Silva et al., 2021). Por el contrario, las variedades Bermeja y de Patrón invertido, con CR y PC más altos, podrían estar movilizando una proporción ligeramente mayor de sustratos glucogénicos o proteicos, lo que resulta en una menor eficiencia energética y una mayor generación de calor como subproducto metabólico en esta etapa del ayuno.

Las variables fisiológicas son consideradas indicadores eficientes de la tolerancia de los animales a situaciones de estrés por calor, máxime cuando su alimentación básica depende de los pastos y forrajes de baja calidad, aspecto valorado en estudios realizado en otras latitudes por otros autores como Souza et al. (2011). Diferentes estudios demuestran que existen relaciones entre las condiciones climáticas del ambiente y la producción de calor (Souza et al. 2005), frecuencia respiratoria (Souza et al. 2010) y en menor grado, frecuencia cardiaca (Santos et al. 2006).

Al extender el período de ayuno hasta las 96 horas, las diferencias entre variedades se hicieron más evidentes y altamente significativas (p<0.01), como se muestra en la Tabla 4. Los valores obtenidos permiten afirmar que los ovinos Pelibuey en condiciones de pastoreo previo al muestreo se encontraban en ayuno verdadero, al mostrar un cociente respiratorio por debajo de 0,70 y una producción de calor por debajo de 247,6 (kj/kgw^{0,75}.día^{-1}), para todas las variedades estudiadas. Nuevamente, los parámetros de consumo de O_2 y producción de CO_2 no mostraron diferencias, lo que refuerza la idea de que el gasto energético basal fue similar. No obstante, el CR disminuyó notablemente en todas las variedades en comparación con las 72 horas, un hallazgo esperado que confirma la profundización del estado de ayuno y el cambio hacia una casi exclusiva oxidación de grasas como fuente de energía (Gonzalez-Ronquillo et al., 2018). La magnitud de esta disminución, sin embargo, no fue uniforme.

A las 96 horas, la jerarquía en los valores de CR se mantuvo: Bermejos (0.67) > Patrón invertido (0.64) > Blancos (0.61). Este comportamiento es de suma importancia fisiológica. Un CR de 0.61, como el mostrado por la variedad Blanca, es muy cercano al valor teórico de 0.71 para la oxidación pura de grasas, lo que indica una adaptación metabólica muy eficiente al ayuno prolongado, con una minimización de la gluconeogénesis a partir de proteínas corporales. Por el contrario, un CR de 0.67 sugiere que, incluso después de 96 horas de ayuno, los ovinos Bermejos aún dependen en una pequeña pero significativa medida de la oxidación de sustratos no lipídicos, posiblemente proteínas musculares, lo que podría tener implicaciones negativas a largo plazo para la conservación de la masa magra, (Fonseca *et al.*,2022).

Tabla 4. *Metabolismo de ayuno a las 96 horas de ovinos machos Pelibuey según variedad.*

Indicadores	Variedad o tipo.			EE ±	Sig
	Bermejos	Blancos	Patrón invertido		
Peso metabólico (kg)	14,45	14,22	14,14	0,33	NS
Frecuencia respiratoria (r.min^{-1})	19,13	18,63	17,25	1,90	NS
Oxígeno utilizado (L.h^{-1})	4,90	4,20	4,63	0,9	NS
Eliminación de CO2 (L.h^{-1})	3,28	2,56	2,96	0,78	NS
Cociente respiratorio	0,67 c	0,61 a	0,64 b	0,02	**
Producción de calor (kj/kgw^{0,75}·día^{-1})	142,32 c	129,36 a	139,44 b	0,43	**

Letras desiguales en la misma fila difieren entre sí, P<0,01;
EE, error estándar; Sig, significación estadística (**, p<0,01).

El patón observado en la Producción de Calor (PC) a las 96 horas fue congruente con el del CR. La variedad Blanca registró la PC más baja (129.36 kJ/kgw$^{0.75}$/día), significativamente menor que la de las otras dos variedades. Una menor producción de calor implica una menor tasa metabólica y, por lo tanto, un menor gasto de energía para el mantenimiento de las funciones vitales durante el ayuno. Esto representa una clara ventaja adaptativa en un escenario de escasez de alimento, permitiendo a los animales conservar sus reservas corporales por más tiempo (Martínez *et al.*, 2024). La variedad Bermeja, con la PC más alta (142.32 kJ/kgw$^{0.75}$/día), demostró ser metabólicamente menos eficiente en estas condiciones extremas.

La base de estas diferencias metabólicas probablemente sea genética. El genotipo influye en la eficiencia metabólica, la composición corporal y la capacidad de movilización y oxidación de ácidos grasos (Serrano et al., 2024). El color del pelaje en los ovinos, determinado por genes específicos, podría estar asociado a otros genes que regulan procesos metabólicos, un fenómeno conocido como pleiotropía o linkage genético. Futuros estudios que involucren análisis genómico podrían identificar marcadores moleculares asociados a esta mayor eficiencia en el ayuno, lo que sería valioso para programas de selección genética enfocados en la resiliencia (Serrano et al., 2021).

A las 96 horas de inedia, el cociente respiratorio y la producción de calor obtenida muestran que los animales se encontraban en un estado próximo al metabolismo basal. Blaxter (1989), plantea que en los rumiantes el metabolismo no alcanza un bajo nivel hasta que han pasado dos o tres días desde la última comida y considera que la razón de esto radica en la lentitud del proceso de digestión en el rumiante.

El 80 % del contenido del tubo digestivo es eliminado entre las 24 y 96 horas después de su ingestión. El cociente respiratorio de los ovinos Pelibuey en ayuno comúnmente alcanzó valores entre 0,75 y 0,73 al final del segundo día, y se alcanzaron valores por debajo de 0,70 al final del tercer día en las diferentes variedades objeto de estudio, valores que se corresponden con los publicados por Blaxter (1965), al evaluar el estado de inedia en rumiantes.

CONCLUSIONES

Las tres variedades de ovinos Pelibuey mantuvieron parámetros fisiológicos basales dentro de la normalidad antes del ayuno, bajo las condiciones climáticas tropicales del estudio.

A las 72 horas de ayuno, se detectaron diferencias significativas en el Cociente Respiratorio y la Producción de Calor, iniciándose una gradación en la eficiencia metabólica.

Los ovinos Pelibuey sometidos a ayuno, no alcanzaron el metabolismo basal hasta las 96 horas después de suspendida la alimentación, con diferencias en el CR y la PC entre variedades altamente significativas período donde se alcanzaron cocientes respiratorios propios de la degradación de las grasas.

La variedad Blanca consistentemente mostró los valores más bajos de CR y PC, indicando una mayor dependencia de la oxidación de grasas y una mayor eficiencia energética. La Bermeja registró los valores más altos de CR y PC, sugiriendo una menor eficiencia metabólica y un posible mayor catabolismo proteico durante el ayuno prolongado y la Patrón Invertido mostró un comportamiento metabólico intermedio entre las variedades Bermeja y Blanca.

La producción de calor mostró diferencias significativas entre las variedades de ovinos Pelibuey, indicador que afecta la eficiencia de utilización de la energía para la ganancia de peso como respuesta al manejo de la dieta y los factores ambientales.

BIBLIOGRAFÍA

Blaxter, K. L. 1965. Metabolismo energético de los rumiantes. P 239.

Blaxter, K.L. 1989. Physiology of digestion in the ruminant. Butterworth, Washington, p. 390.

Fonseca F.N, Tamayo O. Leticia, Garcés S. R, Fonseca S.A, Serrano T.J, Grizelj J. 2022. Indicadores del metabolismo gasoenergético de ayuno en ovinos Pelibuey en Cuba. Pastos y Forrajes, Vol. 45, 2022.

Fonseca Fuentes, N.; Costa Gómez, P.J.; La O Arias, M.; Ponce Palma, Isela; Vázquez Aldana, J.; Miranda Miranda, O. 2008. Resultados del metabolismo energético del ovino Pelibuey bajo las condiciones de Cuba. Revista de Producción Animal, 20 (1): 3-7. ISSN 0258-6010.

Gonzalez-Ronquillo, M., Balcells, J., Guada, J. A., & Castrillo, C. (2018). Fasting heat production and energy expenditure of respiration in ruminants: a meta-analysis. Journal of Animal Science, 96(6), 2480-2492. https://doi.org/10.1093/jas/sky144

Kimakovski, V., Ortiz, R., y Benítez, D. 1979. Metodología para la alimentación y consumo de hierbas en pastoreo. ICA. La Habana.

Lines, R., Demedio, J., Cartas, J., Meireles, Teresa., y Roque, G. 1980. Manual práctico de parasitología y enfermedades Parasitarias. Ministerio de Educación Superior. ISCAH.

Marroquín Ayala, R. 2011. Las Constantes Fisiológicas del Ganado. [En línea]. Citado en noviembre 2015. Disponible en Internet: http://www.estanciasvh.com/?p=333.

Martínez M.J, Serrano T.J.O , González M.A , Fonseca F,N , Lorenzo F.J.C y Herrera V, Magali. 2024. Efecto de la intensidad de radiación solar del sistema de pastoreo en la conducta de ovinos Pelibuey en el periodo lluvioso. Revista de Ciencias Biológicas y de la Saludhttp://biotecnia.unison.mx. Volumen XXVI, Número 1. DOI: 10.18633/biotecnia. V.26.2004.

Sánchez, J. P., Peña, R., & García, A. 2020. Thermoregulatory responses of hair sheep breeds in tropical environments: A systematic review. Journal of Thermal Biology, 94, 102773. https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2020.102773

J R, Souza B B, Souza W H, Cezar M F e Tavares G P. 2006. Respostas fisiológicas e gradientes térmicos de ovinos das raças Santa Inês, Morada Nova e de seus cruzamentos com a raça Dorper às condições do semi-árido nordestino. Ciência e Agrotecnologia 30(5): 995-1001.

Serrano J.O, Martínez-Melo J, Sieiro M. Grethel, Fonseca. F.N, Dong M.M.F. 2021. Physiological and environmental indicators as predictors of heat stress in sheep of the Pelibuey breed. Volumen 8 | Número 3 Agroecosistemas| Revista para la transformación agraria sostenible ISSN: 2415-2862.2021.

Serrano J.O, Martínez-Melo J, Sieiro M. Grethel, Fonseca. F.N, Rodríguez M. Aliana, Matos P. M.2024. Escenarios bioclimáticos para los sistemas de producción de ovinos en Ciego de Ávila, Cuba. Animal Science S.I, López Cuban Journal of Agricultural Science. Journal site: https://cjascience.com Cu-ID: https://cu-id.com/1996/v58e14. Volume 58, January-December 2024, ISSN: 2079-3480

Silva, T. P. D., Marcondes, M. I., & Machado, F. S. 2021. Energy metabolism and thermoregulation in sheep: An integrative review. Livestock Science, 253, 104702. https://doi.org/10.1016/j.livsci.2021.104702

Souza B B, Andrade I S, Filho J M e Silva A M 2011. Efeito do ambiente e da suplementação no comportamento alimentar e no desempenho de cordeiros no semiárido. Revista Caatinga 24(1): 123-129.

Souza B B, Oliveira I J, Mellace E M, Siqueira R F, Zotti C A e Garcia P R. 2010. Avaliação do ambiente físico promovido pelo sombreamento sobre o proceso termorregulatório em novilhas leiteiras. Agropecuária Científica No Semi-Árido 6(2): 59-65.

StatSoft, Inc. 2007. STATISTICA (data analysis software system), version 8.0. www.statsoft.com.

Stephens, D, B. 2009.Stres and its measurement in domestic animlas:A rewiew of behavioral and physiological studies under field and laboratory situations. Adv. Vet. Sci .Comp. Med.24:179.

-Hernández, G. y García-López, R. 2002. Medidas, conversiones e indicadores de empleo en las actividades ganaderas. San José de Las Lajas, Cuba: Instituto de Ciencia Animal.

Vicar F. 2015. Manual Ganadero. Fabrica y comercializa productos farmacéuticos veterinarios. [En línea] Citado 23 septiembre 2015. Disponible en Internet: http://www.vicar.com.co/manual_ganadero7.html.

PAS-70. Incremento de la productividad ovina: Efecto de un modelo de pastoreo rotacional y suplementación en unidades de demostración del Valle del Cauto

Increasing sheep productivity: Effect of a rotational grazing and supplementation model in demonstration units in the Cauto Valley

Gleidis Milanés Rodrígues[1], *Jorge V. Wright Ramírez*[1], *Sulema Milán Rabí*[1], *Norge Fonseca Fuentes*[2]

[1]Instituto de Investigaciones Agropecuarias "Jorge Dimitrov".

[2]Universidad de Granma.

*Correspondencia a: gmilanes@dimitrov.cu

RESUMEN

El Valle del Cauto en Cuba se caracteriza por ecosistemas con suelos vertisoles y variabilidad climática que limitan la productividad ganadera. Este estudio evaluó el impacto de un sistema de manejo mejorado (UDD) frente al sistema tradicional semi-trashumante (UC) en la cría de ovinos Pelibuey bermejo claro. El sistema mejorado incorporó pastoreo rotacional, un potrero de maternidad con baja carga animal, estabulación temporal de corderos (hasta 60 días) y suplementación con forraje de *Cenchrus purpureus* y una mezcla de plantas proteicas a base de *Moringa oleifera*, *Tithonia diversifolia* y *Morus alba* (70:30). Se monitorearon indicadores productivos y reproductivos en siete unidades productivas (cinco UC y dos UDD). Los resultados mostraron que las UDD superaron consistentemente a las UC. La natalidad fue del 70% (UDD) frente al 64% (UC), la mortalidad de crías se redujo a 0% frente al 1.2%, y los pesos corporales en todos los puntos de medición (nacimiento, destete, 10-12 meses) fueron superiores en las UDD, acercándose más a los parámetros de referencia establecidos. Se concluye que la implementación de prácticas de manejo intensivo, como el pastoreo rotacional y la suplementación estratégica, mitiga las limitaciones del ecosistema y mejora significativamente la eficiencia productiva y la sostenibilidad de la producción ovina en la región.

Palabras clave: *Ovino Pelibuey, pastoreo rotacional, suplementación, Moringa oleifera, producción ovina, Valle del Cauto.*

ABSTRACT

The Cauto Valley in Cuba is characterized by ecosystems with vertisol soils and climatic variability that limit livestock productivity. This study evaluated the impact of an improved management system (UDD) versus the traditional semi-transhumant system (UC) in breeding light red Pelibuey sheep. The improved system incorporated rotational grazing, a maternity paddock with low animal load, temporary confinement of lambs (until 60 days), and supplementation with *Cenchrus purpureus* forage and a protein plant mixture based on *Moringa oleifera*, *Tithonia diversifolia*, and *Morus alba* (70:30). Productive and reproductive indicators were monitored in seven production units (five UC and two UDD). The results showed that the UDD consistently outperformed the UCs. Natalility was 70% (UDD) vs. 64% (UC), lamb mortality was reduced to 0% vs. 1.2%, and body weights at all measurement points (birth, weaning, 10-12 months) were higher in the UDD, closer to established reference parameters. It is concluded that the implementation of intensive management practices, such as rotational grazing and strategic supplementation, mitigates the limitations of the ecosystem and significantly improves the productive efficiency and sustainability of sheep production in the region.

Keywords: *Pelibuey sheep, rotational grazing, supplementation, Moringa oleifera, sheep production, Cauto Valley.*

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de producción ovina en regiones tropicales, como el Valle del Cauto en Cuba, enfrentan desafíos significativos asociados a la degradación de pastizales, la baja fertilidad de los suelos vertisoles y la marcada estacionalidad climática (Serrano et al., 2024). Estas limitantes ambientales condicionan la disponibilidad y calidad del forraje a lo largo del año, impactando directamente sobre los indicadores productivos y reproductivos de los rebaños. La raza Pelibuey, adaptada a condiciones tropicales, es fundamental para la producción de carne en la región, pero su potencial genético a menudo no se expresa completamente bajo sistemas de manejo extensivos tradicionales, caracterizados por el pastoreo continuo o semi-trashumante con escasa o nula suplementación alimentaria (Fonseca et al., 2008). Este tipo de manejo conduce a bajas tasas de natalidad, elevada mortalidad neonatal y ganancias de peso subóptimas, perpetuando un ciclo de baja productividad e ingresos para los productores. Por lo tanto, es imperativo desarrollar e implementar estrategias de manejo que optimicen el uso de los recursos disponibles, mejoren la nutrición animal y, en consecuencia, la rentabilidad de los sistemas de producción. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la implementación de un sistema de manejo mejorado, basado en pastoreo rotacional, manejo diferencial de categorías y suplementación estratégica con recursos forrajeros locales, sobre los indicadores productivos y reproductivos de ovinos de la raza Pelibuey en el ecosistema del Valle del Cauto.



MATERIALES Y MÉTODOS

La localidad de Mabay es una zona llana, típica del ecosistema predominante en el Valle del Cauto, caracterizada por suelos vertisoles, con disminución de la capacidad productiva de los sistemas pastoriles, por las variaciones estacionales del clima y la pérdida de la fertilidad de los suelos.

Siete bases productivas (3 UBPC, 2 CPA, 2 CCS) que tributan sus producciones a la Empresa Agroindustrial Azucarera Arquímedes Colina, mantienen la crianza de ovinos Pelibuey cubano, del tipo bermejo claro, predominantemente, en unidades comerciales (UC) con instalaciones semirústicas, de las cuales dos fueron escogidas como unidades de demostración (UDD).

Los rebaños de las cinco UC, mantenían como promedio 64 reproductoras, en las que se practicaba el pastoreo alterno y semi-trashumante, con predominio de pastos naturalizados con escasa o sin complementación. En las UDD, con 140 reproductoras, se introdujo gradualmente un Proceso Mejorado basado en pastoreo rotacional, en las que se diseñó el Potrero de Maternidad para dar prioridad a las reproductoras próximas al parto y paridas hasta 30 días, que pastaron con baja carga, y la inclusión de gramíneas mejoradas y leguminosas rastreras y arbustivas, con sombra natural y agua permanente; se practicó la estabulación de las crías hasta 60 días de edad; pastoreo de las reproductoras y sus crías juntas desde 60 a 120 días, momento en que se produjo el destete; complementación al pasto con forraje de *Cenchrus purpureus* y plantas proteicas (*Moringa oleifera*, *Tithonia diversifolia*, *Morus alba*), presecados y molidos mezclados, en una proporción de 70:30.

Se realizaron pesajes de los animales al nacer, al destete (4 meses), a los 10 meses en machos, 12 meses en hembras y reproductoras al parto. Se aplicó la estadística descriptiva para determinar media, desviación estándar, coeficiente de variación, valores mínimo y máximo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos demuestran una clara superioridad del sistema de manejo mejorado (UDD) implementado sobre el sistema tradicional (UC) en todos los indicadores evaluados. La natalidad, un parámetro reproductivo crucial, fue un 6% superior en las UDD (70%) en comparación con el promedio de las UC (64%). Si bien ambos valores se encuentran por debajo del parámetro de referencia (85%), la mejora observada sugiere un mejor estado corporal de las reproductoras en las UDD, probablemente asociado a una mejor oferta forrajera y al manejo en el potrero de maternidad durante el período peripartal (Souza et al., 2010). Este manejo especializado, con baja carga animal y acceso prioritario a forraje de calidad, se supone reduce el estrés nutricional y físico de las hembras gestantes y lactantes, creando condiciones más favorables para la expresión de su potencial reproductivo. Aunque el indicador de crías por parto mostró una ligera mejoría (1.2 vs. 1.1), la proximidad al valor de referencia (1.3) indica que la prolificidad de la raza es inherente y menos susceptible a mejoras inmediatas mediante manejo nutricional.

El indicador más significativo fue la mortalidad de las crías, la cual se redujo a 0% en las UDD, frente a un 1.2% en las UC y muy por debajo del parámetro de referencia considerado aceptable (10%). Este resultado es de enorme relevancia económica y de bienestar animal. La práctica de estabular las crías hasta 60 días de edad implementada en las UDD las protege de factores de estrés ambientales, parasitarios y de depredación durante su etapa más vulnerable (Vera et al., 2019).

Tabla 1. *Indicadores del comportamiento reproductivo y de salud de los ovinos.*

Indicador	Unidades Comerciales (UC)	Unidades de Demostración (UDD)	Parámetros de Referencia (según Fonseca, 2003; Fonseca et al., 2008)
Natalidad, %	64.0	70.0	85.0
Crías por parto	1.1	1.2	1.3
Mortalidad de Crías, %	1.2	0.0	10.0

En cuanto al desempeño productivo, (Tabla2), los pesos al nacer fueron más altos en las UDD para todas las categorías: hembras (2.2 vs. 2.0 kg), machos (3.0 vs. 2.5 kg), partos simples (2.8 vs. 2.4 kg) y dobles (2.2 vs. 1.8 kg). El peso al nacer es un factor determinante para la supervivencia y el crecimiento posterior del cordero, ya que refleja directamente el estado nutricional de la madre durante la gestación final (Ferguson et al., 2017). La suplementación con leguminosas arbustivas de alto valor proteico (Moringa, Tithonia) en las UDD, provee los nutrientes necesarios para el desarrollo fetal, mitigando la restricción nutricional que suele ocurrir en los sistemas tradicionales, especialmente en épocas secas donde la calidad del pasto naturalizado decae considerablemente.

Esta ventaja inicial en el peso se mantuvo hasta el destete (120 días). Los pesos al destete en las UDD superaron a los de las UC en aproximadamente 0.4 a 0.6 kg (ej., machos: 13.4 vs. 13.0 kg; hembras: 12.9 vs. 12.5 kg). Aunque la diferencia absoluta puede parecer modesta, es biológica y económicamente significativa. Esto indica que el sistema de pastoreo rotacional, que permite periodos de descanso y recuperación de las praderas, junto con la suplementación continua, logró sostener una mejor calidad y cantidad de forraje disponible para las reproductoras lactantes y sus crías durante el pastoreo conjunto (de 60 a 120 días). La combinación de leche materna de mejor calidad y forraje de mayor valor nutritivo se traduce en mejores tasas de crecimiento pre-destete.

La superioridad del sistema mejorado se hizo aún más evidente en las fases de crecimiento y desarrollo posterior al destete. Los machos de parto simple en las UDD alcanzaron un peso de 31.9 kg a los 10 meses, comparado con 29.7 kg en las UC. Un patrón similar se observó en hembras a los 12 meses (UDD: 26.3 kg vs. UC: 26.0 kg para partos simples) y en reproductoras de otros partos (UDD: 34.5 kg vs. UC: 32.9 kg). Estas diferencias, aunque aún por debajo de los parámetros de referencia ideales, son cruciales. Un mayor peso a la edad de sacrificio o a la primera cubrición, esto puede contribuir directamente en mayores ingresos para el productor y en una mayor precocidad reproductiva de las hembras de reemplazo.

Tabla 2. *Indicadores del comportamiento de ovinos Pelibuey en un ecosistema del Valle del Cauto.*

Indicador	Factor	Unidades Comerciales	Unidades de Demostración	Parámetros de Referencia (Fonseca, 2003; Fonseca et al., 2008)
Peso al Nacer, kg	Hembras	2.0	2.2	2.8
	Machos	2.5	3.0	3.2
	Parto simple	2.4	2.8	3.0
	Parto doble	1.8	2.2	2.5
Peso al Destete, kg	Hembras	12.5	12.9	14.0
	Machos	13.0	13.4	16.0
	Parto simple	12.8	13.1	16.0
	Parto doble	12.1	12.7	15.0
Peso de Machos a 10 meses, kg	Parto simple	29.7	31.9	34.0
	Parto doble	28.8	31.0	34.0
Peso de Hembras a 12 meses, kg	Parto simple	26.0	26.3	30.0
	Parto doble	25.2	25.4	30.0
Peso de Reproductoras, kg	Primer parto	29.1	29.9	32.0
	Otros partos	32.9	34.5	38.0

La discusión científica de estos hallazgos se centra en la sinergia positiva creada por el conjunto de prácticas aplicadas en las UDD. El pastoreo rotacional no solo mejora la eficiencia del uso del forraje, sino que también contribuye al control de parásitos gastrointestinales al romper su ciclo biológico, un problema omnipresente en los sistemas ovinos tropicales (López et al., 2015). Por otro lado, la suplementación estratégica con recursos forrajeros locales de alta calidad, como la Moringa, conocida por su excepcional perfil de aminoácidos y vitaminas, compensa el déficit proteico-energético de los pastos base, especialmente durante la estación seca (Serrano et al., 2021). Esto no solo mejora la productividad, sino también la resiliencia del sistema productivo ante la variabilidad climática.

Es importante destacar el componente de sostenibilidad económica de la propuesta. Las prácticas implementadas en las UDD se basan en el uso intensivo de recursos locales y renovables (leguminosas, gramíneas mejoradas), minimizando la dependencia de insumos externos costosos como los concentrados comerciales. Esto hace que el sistema no solo sea técnicamente superior, sino también potencialmente más accesible y adoptable por productores de mediana y pequeña escala en condiciones similares. La reducción a cero de la mortalidad y la mejora en la tasa de natalidad, representan una esperada ganancia neta directa en el número de animales vendibles, lo que puede aumentar la rentabilidad sin necesariamente incrementar el tamaño del rebaño.

Finalmente, el estudio demostró de manera contundente que las limitaciones impuestas por el ecosistema del Valle del Cauto sobre la producción ovina pueden ser efectivamente mitigadas mediante la implementación de un manejo zootécnico racional e intensivo. La adopción de tecnologías de bajo costo, pero alto impacto, como el pastoreo rotacional, el manejo específico de categorías sensibles (reproductoras peripartas y crías) y la suplementación estratégica con bancos de proteína, permite desbloquear el potencial genético de la raza Pelibuey. Los resultados avalan la replicabilidad de este modelo en unidades productivas con desafíos similares, promoviendo una producción ovina más eficiente, resiliente y sostenible en el trópico.



CONCLUSIONES

La aplicación del sistema de manejo mejorado, que integra pastoreo rotacional, un potrero de maternidad, estabulación temporal de corderos y suplementación estratégica, supera significativamente al sistema tradicional semi-trashumante en el comportamiento de indicadores productivos y reproductivos evaluados.

La implementación del sistema mejorado resulta en un aumento de la natalidad y una drástica reducción de la mortalidad de crías, lo que impacta directamente en la rentabilidad económica del sistema.

Los pesos corporales al nacer, destete, 10 y 12 meses se incrementan consistentemente en el sistema mejorado, acercándose a los parámetros de referencia ideales para la raza, lo que indica una mejor nutrición y manejo a lo largo de todo el ciclo productivo.

El uso de recursos forrajeros de alta calidad proteica (*Moringa oleifera, Tithonia diversifolia, Morus alba*) en la suplementación demostra ser una estrategia efectiva y sostenible para mejorar la disponibilidad de nutrientes críticos.

BIBLIOGRAFÍA

Ferguson, D. M., Fisher, A., Colditz, I. G., & Lee, C. 2017. Future challenges and opportunities. Sheep welfare. Advances in Sheep Welfare. (pp.285-293). Woodhead Publishing

Fonseca. N. 2003. Contribución al estudio de la alimentación del ovino cubano. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Medicina Veterinaria. Instituto de Ciencia Animal. La Habana Cuba.

Fonseca Fuentes, N.; Costa Gómez, P.J.; La O Arias, M.; Ponce Palma, Isela; Vázquez Aldana, J.; Miranda Miranda, O. 2008. Resultados del metabolismo energético del ovino Pelibuey bajo las condiciones de Cuba. Revista de Producción Animal, 20 (1): 3-7. ISSN 0258-6010.

López, R., Pinto, S. L., Perozo, D., Pineda, J., Oliveros, I., Chacón, T., Rossini, M., & Ríos, D. L. 2015. 'Confort térmico y crecimiento de corderas West African pastoreando con y sin acceso a sombra artificial'. Archivos de Zootecnia, 64(246), 139-146. Serrano et al., 2024)

Serrano J.O, Martínez-Melo J, Sieiro M. Grethel, Fonseca. F.N, Dong M.M.F. 2021. Physiological and environmental indicators as predictors of heat stress in sheep of the Pelibuey breed. Volumen 8 | Número 3 Agroecosistemas| Revista para la transformación agraria sostenible ISSN: 2415-2862.2021.

Serrano J.O, Martínez-Melo J, Sieiro M. Grethel, Fonseca. F.N, Rodríguez M. Aliana, Matos P. M. 2024. Escenarios bioclimáticos para los sistemas de producción de ovinos en Ciego de Ávila, Cuba. Animal Science S.I, López Cuban Journal of Agricultural Science. Journal site: https://cjascience.com Cu-ID: https://cu-id.com/1996/v58e14. Volume 58, January-December 2024, ISSN: 2079-3480

Souza, B. B., Oliveira, I. J., Mellace, E. M., Siqueira, R. F., Zotti, C. A., & Garcia, P. R. 2010. Avaliação do ambiente físico promovido pelo sombreamento sobre o proceso termorregulatório em novilhas leiteiras. Agrop Cientif No Semi-Árido, 6(2), 59-65.

Vera, H. I., Ortega, C. M., Herrera, H. J., & Huerta, J. M. 2019. Bienestar en ovinos y su evaluación. . Agro Productividad, 12(9).

PAS-71. Estructura y composición de bosques de pino-encino en sistemas silvopastoriles con cerdo criollo, Viñales

Structures and composition of forests of pine-encino in silvopastoriles systems with creole pig, Viñales

Yoeslin Urrutia Hernández[1], Isyoel Urrutia Hernández[1], Beatriz Rodríguez Alfaro[2], Tania Sánchez Santana[3], Rosangela Paredes Sánchez[1].*

[1]Universidad de Pinar del Río Hermanos Saíz Montes de Oca. Centro Universitario Municipal Viñales. Pinar del Río Cuba.

[2]Instituto de Investigaciones Agro- Forestales. La Habana. Estación Experimental Agro-Forestal Viñales.Pinar del Río Cuba

[3]Estación Experimental de Pastos y Forrajes. Indio Hatuey, Universidad de Matanzas. España República. Perico, Matanzas, Cuba.

[*]Correspondencia a: yoeslinu@gmail.com

RESUMEN

La investigación que se presenta se desarrolló en área pertenecientes a los Finqueros Forestales de los poblados Santa Fé y Cayos de San Felipedel municipio Viñales donde el encino se desarrolla como la especie dominante. Con el objetivo de evaluar la estructura y composición de los bosques pino-encinoy su influencia con la producción sostenible de bellotas para la ceba de cerdos criollos,de forma extensiva. Para desarrollar el estudiose establecieron 10 parcelas cuadradas de 10x10 m (100 m²), en cada una de las áreas de intervención del proyecto CIENPINOS, distribuidas de forma aleatoria donde se confeccionaron los listados florísticos correspondientes. Se calcularon las diversidades alfa y beta, y la distribución por clases diamétricas, se describió la estructura vertical a través de de los índices de diversidad de especie. El índice de Margaleff evidenció una alta diversidad florística asociada a la comunidad vegetal en cada área de trabajo. Se identificaron 60 especies asociadas a los encinos en la Zona de Los Cayos, agrupadas en 34 familias, y en la Zona de Santa Fé se identificaron 57 especies pertenecientes a 35 familias, siendo las familias más representadas las *Melastomataceae, Fabaceae,* y *Poaceae* con cuatro especies, y *Rubiaceae Euforbiaceae Sapindaceae y Mimosaceae* con tres especies, la mejor representadas. Se comprobó que el nivel de antropización determinó en gran medida el estado de conservación de la comunidad vegetal de los encinares naturales donde su finalidad principal se concentra en el pastoreo intensivo de cerdo criollo. Se pueden alcanzar 3377 frutos por árbol y como promedio 11,35 kg de bellotas para la alimentación de cerdos.

Palabras clave: *Finqueros Forestales, bellotas, cerdos, Quercus cubana.*

ABSTRACT

The investigation that is presented was developed in area belonging to the Forest Farmers of the towns Santa Fé and Keys of San Felipedel municipality Vinales where the encino is developed as the dominant species. With the objective of evaluating the structure and composition of the forests pine-encino and their influence with the sustainable production of acorns for it feeds it of pigs creole, of it forms extensive. To develop the estudy they established 10 square parcels of 10x10 m (100 m²), in each one of the areas of intervention of the project CIENPINOS, distributed in a random way where the striped corresponding floristics was made. The diversities alpha and beta, and the distribution were calculated by classes diametrics, the vertical structure was described through of the indexes of species diversity. The index of Margaleff evidence a high diversity floristics associated to the vegetable community in each workspace. 60 species associated to the encinos were identified in the Area of The Keys, contained in 34 families, and in the Area of Santa Fé 56 species belonging to 35 familias, being the familys but represented the *Melastomataceae, Fabaceae*, and *Poaceae* was identified with four species, and *Rubiaceae, Euforbiaceae. Sapindaceae* and *Mimosaceae* with three species, the best represented. She was proven that the level of antropization determine en great measure the state of conservation of the vegetable community of the natural encinares where their main purpose concentrates on the intensive shepherding of Creole pig. 3377 fruits can be reached by tree and like average 11,35 kg of acorns for the feeding of pigs.

Keyword: *Forest Farmers, acorns, pigs, Cuban Quercus.*

INTRODUCCIÓN

El género *Quercus* se compone de aproximadamente 400 especies que se dan en Europa, Asia y en las Américas. Según Acevedo (2012) *Quercus cubana* A. Rich., "Encina", "Encino". Es un árbol grande, de hojas perennes, hojas coriáceas, oblongas a elípticas, de 3 – 12 cm, obtusas o aguditas, comúnmente enteras, lampiñas y más o menos lustrosas en el haz. Pecíolos de 0,5 – 1 cm. Amentos masculinos colgantes, agrupados. Cáliz acompañado de 4 – 7 lóbulos. Óvulos, 2 en cada cavidad, madurado 1 comúnmente en cada pistilo. Fruto en aquenio grande coriáceo o bellota de 2 – 2,5 cm, sostenido por una cúpula escamosa de unos 15 mm de ancho y plantean que se encuentra en Pinar del Río y en el Sur de los Estados Unidos.



La importancia del conocimiento fenológico de las especies vegetales se ha reconocido gradualmente a través del tiempo, ya que permite identificar los fenómenos de floración, fructificación, germinación y dispersión de semillas así como el estado vegetativo y brote de yema, con la perspectiva de lograr un mejor manejo de ellos y su conservación, como aspecto principal; además, genera información sobre las variaciones que ocurren en las plantas para entender las respuestas de estas a las condiciones climáticas y la dinámica de las comunidades vegetales (Bello, 1988).

Algunos autores expresan que el estudio de la composición, estructura y dinámica de un bosque es el punto de partida para la adecuación de criterios, métodos de conservación y recuperación de ecosistemas (Finegan, Palacios, Zamora y Delgado, 2001). Algunos de los cambios pueden percibirse como positivos, ya que favorecen a especies utilizadas como recursos, o crean condiciones favorables para los seres humanos. Según Pickett y White (1985), una perturbación es un suceso discreto en el tiempo que altera la estructura de los ecosistemas, de las comunidades o de las poblaciones.

Quercus cubana A.Rich. es única especie de este género presente en la flora cubana, específicamente en el occidente, creciendo asociado con pinares naturales y también a plantaciones que han sido establecidos en las últimas décadas de *Quercus cubana* A. Rich. Es una especie multipropósito y crece en una gran diversidad de suelos que van desde las arenas blancas hasta las alturas de pizarras. Su madera es apreciada por su dureza y durabilidad, es excelente como dendroenergía y los campesinos lo utilizan para la alimentación de crianzas de cerdos dándole un sabor peculiar a esta carne (Santana *et al*., 2015).

En la mayor de las Antillas se encuentra distribuido en el Occidente de la Provincia de Pinar del Río ocupando 13862,31 ha (Dinámica Forestal (SEF Pinar del Río, 2016) y ocupa los suelos arenosos siliceos y las lomas arcillosas (Fors, 1975), de modo que podemos encontrar encinares en los municipios pinareños de Sandino, Guane, Mantua, San Juan, Pinar del Río, Consolación, Minas de Matahambre, Viñales, Los Palacios.

Objetivo general: Evaluar la estructura y composición de los bosques pino-encino en las áreas de Santa Fé y Cayos San Felipe y su influencia con la producción sostenible de bellotas en sistemas silvopastoriles, para la ceba de cerdos criollos,de forma extensiva.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para evaluar los efectos del fuego sobre la vegetación se consideraron varios parámetros ecológicos, es decir: la riqueza florística, modelo de abundancia e índice de diversidad (usando el índice del Shannon-Weaver). y estrategias reproductivas, considerado las plantas que se propagan por semillas, por rebrotes y ambas. Para la evaluación de la diversidad florística se levantaron 10 parcelas de muestreode 10 X 10 m (100 m²) distribuidas en las áreas de trabajo.

Cada parcela se subdividió en subparcelas de 1 x 1 m. Se identificaron y cuantificaron todos los individuos de las plantas vasculares presentes en la unidad muestreada. Para la identificación nos auxiliamos de la experiencia de diferentes profesionales. Se observó y se monitoreo el hábito de crecimiento de cada una de las especies presentes, y se determinó la cobertura de cada una de las especies. De esta forma se confeccionaron los correspondientes listados florísticos con los cuales fue posible calcular los índices de diversidad de especies de Margalef, Shanon – Weaner, Berger – Parker., de acuerdo con las ecuaciones 1, 2 y 3.(Moreno, 2001).

La determinación de los diferentes índices de diversidad de especies se realizó utilizando el programa Bio Diversity Professional (McAleece, Gage, Lambshead y Patterson, 1997). Para la nomenclatura de las especies presentes se siguieron los criterios de Sánchez (2007) y Acevedo y Strong (2012).

La diversidad (alfa) de las especies en cada área detrabajo fue estimada mediante la riqueza de especies (Magurran, 1989). Se determinaron además las curvas suavizadas de acumulación de la riqueza observada (curvas de rarefacción basadas en muestras) para la vegetación presente en cada encinar mediante el software Estimates versión 9.0.0 (Colwell, 2011).

Con el fin de evaluar la similitud florística entre las parcelas y las poblaciones, se realizó un análisis de conglomerados usando el software PC-ORD (McCune y Mefford, 1999), con la medida de distancia de Sorensen cuantitativo (Bray-Curtis) y el método de asociación de los grupos fue el de Ward's (Acosta, Araujo e Iturre, 2006).

$$D_{Mg} = \left(\frac{S-1}{\ln N} \right) \quad (1)$$

Donde:

DMg: Índice de Margalef
S: Número de especies
N: Número total de individuos

$$H' = -\sum pi * \ln pi \quad (2)$$

Donde:

H: Índice de Shannon - Weaver
Pi = ni / N: Valor de importancia (número de individuos de la n-ésima especie entre el número total de individuos)
Ni: Número de individuos de la especie.
N: Número total de individuos de la muestra.

$$D = \frac{N\,\max}{N} \tag{3}$$

Donde:

D: Índice de Berger – Parker

Nmax = Número de individuos de la especie más abundante.

N = Número de individuos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como se observa en la Figura 6 la composición de la vegetación existente en la totalidad del área en estudio se aprecia poca variación en cuanto a las especies por parcelas donde a partir de la parcela 6 se hace notorio el comportamiento similar y homogéneo de las especies por parcelas.Por tal motivo consideramos que el número propuesto de 10 parcelas es suficiente para la representación del estudio de la comunidad vegetal del bosque pino encino donde la especie predominante es el *Quercus.*

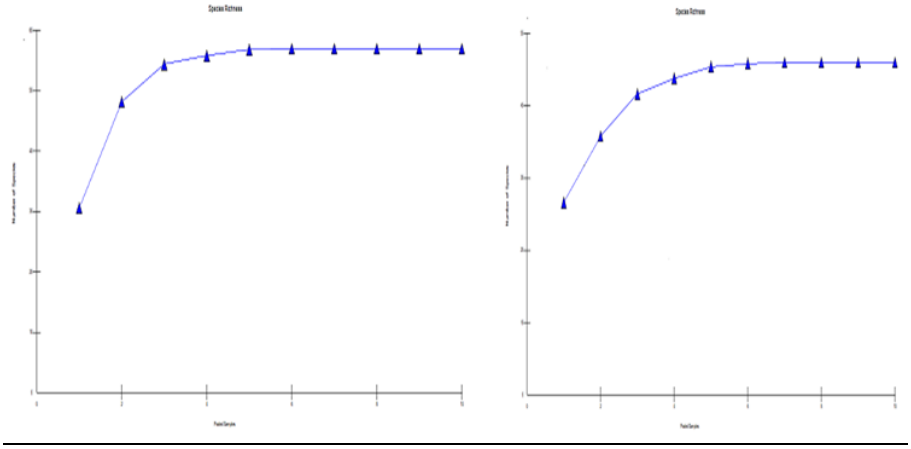


Figura 6. *Curva de especies de las áreas de intervención.*

En el análisis de jerarquización del bosque pino encino figura 7 se forman dos grandes grupos presentando cierta similitud entre las parcelas evaluadas dado a la homogeneidad de la diversidad de especies presentes en cada parcela. González *et al* 2019, refieren que la formación de estos grupos y sus diferencias entre ellos está dada fundamentalmente porla ubicación de las parcelas dentro del área, así como el sistema de manejo y el nivel de antropización. La tendencia observada del uso y manejo de las áreas productivas indican que, con el tiempo, la selectividad de los árboles por parte del productor lleva a una considerable reducción de la diversidad de especies, ya que solo se permite el crecimiento de árboles que ofrezcan beneficios maderables.

En la figura 8 se presentan los resultados al analizar el índice de Shannon para el área de Santa Fédonde se evidencia que en las parcelas 1,2,3,4,6 y 7 indican una mayor diversidad en la comunidad vegetal, dado a las condiciones específicas de cada parcela evaluada donde las más próximas a humedales presentan mejores condiciones para el desarrollo de la vegetación. Sin embargo en el área de los Cayos las parcelas 2 y 3 son las que mayor diversidad presentan dado al estado de conservación y calidad de sitio de las parcelas en el área. En cuanto a la composición de especies, Cascante y Estrada (2000) obtuvieron resultados similares en el estudio de la composición florística y estructura de un encinar en la zona húmeda premontana en el valle central de Costa Rica. Estos mostraron que en un área de aproximadamente 2.40 ha (cinco parcelas de 100 m2), se observó 85% del total de especies del estudio y que el aumento en la intensidad del muestreo no provee un aumento significativo en la riqueza de especies.

Los resultados obtenidos del muestreo realizado con el índice de Margalefffigura 9 indican un comportamiento similar en cuanto al número de especies por número de individuos especificados, sin embargo, las parcelas 9 y 10 son las que muestran mayor número de especies en la Zona de Santa Fé.Por otra parte, los resultados obtenidos en la Zona de los Cayos revelan que las parcelas 1,9, y 10 presentan el mayor número de especies por número de individuos especificados, dado a que, en las parcelas, ubicadas en sitios de difícil acceso, más distante, sucede lo contrario, donde el aprovechamiento forestal se dificulta y el estrato arbóreo queda dominado por árboles de encino de mayor porte, y esto regula la estructura bajo el dosel. Es de resaltar que en estas áreas González *et al.* (2016) seleccionaron 10 árboles fenotípicamente superiores con dimensiones dasométricas superiores.

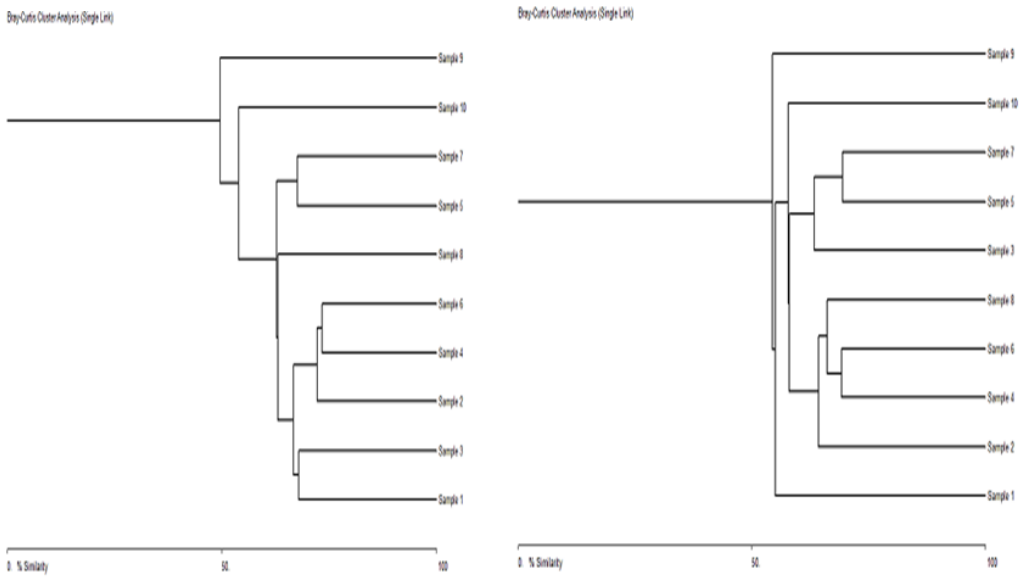


Figura 7. *Análisis de Clúster de las áreas de trabajo.*

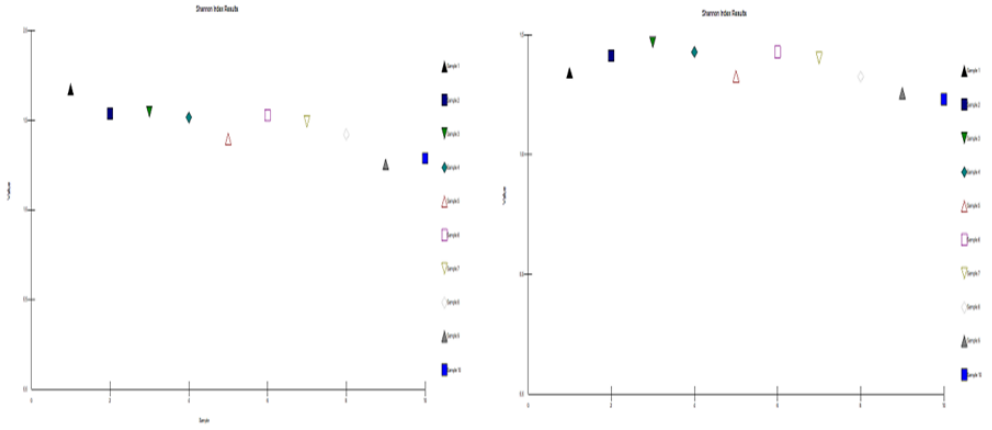


Figura 8. *Representación del índice de Shannon*

Estos resultados se corresponden con los reportados por González *et al*. (2012) en estudios realizados en ecosistemas de pino-encino en Alturas de Pizarras de Viñales, mostrándose que la sistematicidad de tratamientos silvícolas inadecuados en este ecosistema, atenta contra la conservación de la diversidad florística natural y la ocurrencia de cambios en las condiciones ecológicas óptimas para el desarrollo de especies nativas de esta formación.

En la figura 10 se presentan la relaciòn de árboles por clase diamétrica en los sitios de intervención del proyecto lo cual indica que la mayor cantidad de árboles corresponden a la clase diamétrica de 6 a 10 cm con un comportamiento similar en las dos áreasde estudio, seguido de la de 10,1 a 15 cm indicador que demuestra la presencia de una comunidad vegetal relativamente juvenil muy similar al sitio de intervencion perteneciente al zona de los Cayos lo cual es atribuido a la similitud de su sistema de explotaciòn basado en el pastoreo extensivo de cerdo criollo bellotero en bosques naturales de encino.

La distribución diamétrica de la vegetación en las áreas de los encinares estudiados asemejó a la forma típica de una J invertida, representativa de un bosque natural (Sidoruk, 2000). La caracterización de ambos potreros resultado de esta investigación indica que la historia, edad, sistema de producción y manejo de cada potrero influyen sobre la densidad, la diversidad y la distribución diamétrica de los individuos en los potreros. Corroborado por Villacís (2008). Sin embargo se aprecia una diferencia en cuanto a la clase diamétrica mayor de 30 cm en la Zona de los Cayos con respecto a la Zona de Santa Fé, donde hay presencia de mayor porciento de árboles con dimensiones mayores dado a su estado de conservación y características y calidad de sitio los cuales permiten el crecimiento favorable de la especie dominante *Quercus cubana*. Estas especies tienen patrones próximos a distribuciones de forma exponencial negativa (J invertida) y asimétricas positivas, lo cual asegura la existencia de individuos jóvenes que a la larga reemplazarán a los adultos y, por ende, su existencia en los potreros.

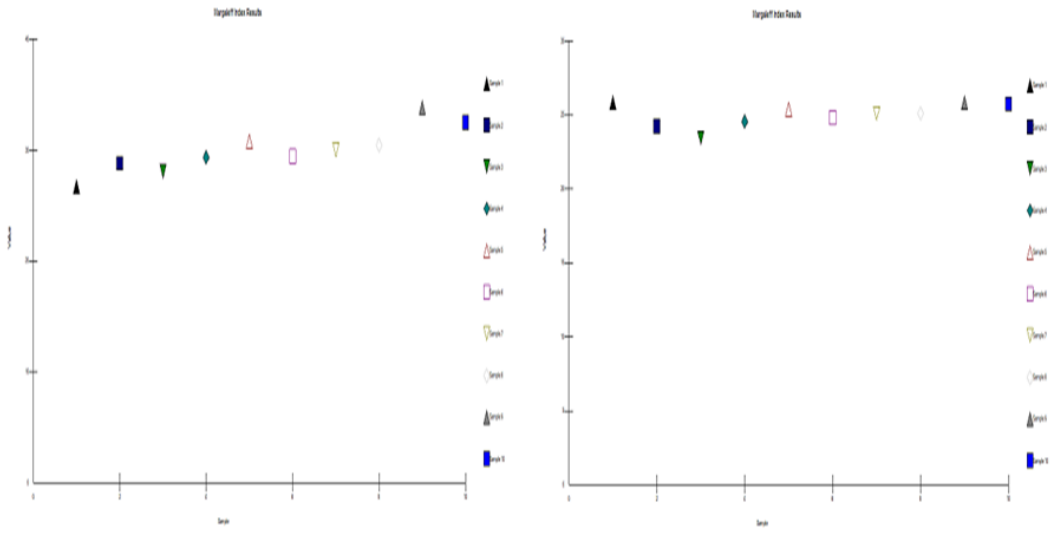


Figura 9. Representación del índice de Margaleff.

En el inventario florístico para las dos áreas de intervención de bosques de pino encino donde la especie dominante es el Quercus cubana se identificaron un total de 57 especies para el área de Santa Fé pertenecientes a 35 familias sin embargo para la Zona de Los Cayos de San Felipe se registran 46 especies agrupadas en 29 familias (Tabla 2). Apreciándose un comportamiento similar en cuanto a las familias más representadas donde se destacan las *Melastomataceae, Poaceae, Fabaceae* con cuatro especies, seguida de las familias, *Rubiaceae, Sapindaceae, Mimosaceae y Euforbiaceae*, con tres especies cada una. En el área se encuentran representadas cinco de las diez familias registradas por Acevedo y Strong (2012) como las de mayor diversidad de taxa en las Antillas: *Euphorbiaceae, Fabaceae, Melastomataceae, Poaceae, Rubiaceae* y *Urticaceae*, lo que resalta el valor ecológico y el potencial de conservación de la vegetación montañosa analizada.

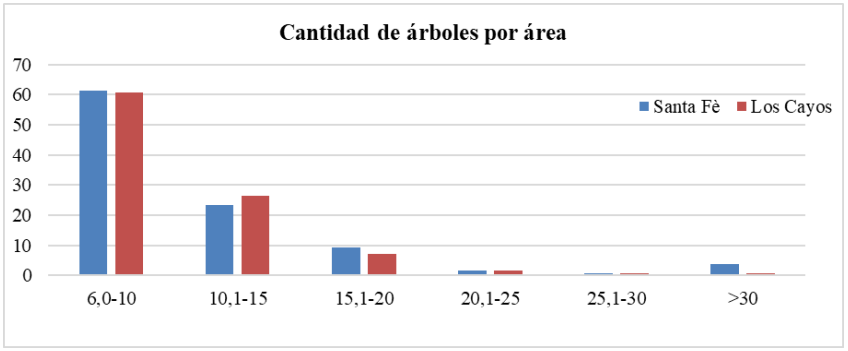


Figura 10. *Representación de la cantidad de árboles por clase diamétrica en las áreas de intervención.*

Por otra parte González *et al*. 2019 revelaron para encinares similares un total de 39 especies, pertenecientes a 25 familias, esto puede estar dado a que en el estudio de vegetación realizado se contempló la mayor diversidad de áreas las cuales se incluyeron las especies de bosques de galería y la gran gama de especies asociadas a esta comunidad vegetal.

En cuanto al estudio de la regeneracion natural se evidencia una escasa regeneración natural de la especie del *Quercus cubana* dado a que el fruto de la misma es consumido por los cerdos en pastoreo durante todo el año lo cual imposibilita en su medio natural su germnación a pesar de poseer elevado porciento de germinación, donde en el ámbito de la regeneración natural, los árboles en potreros son útiles ya que pueden considerarse núcleos de regeneración ya que crean un microclima, condiciones de humedad y luz favorables para el establecimiento y la supervivencia de plántulas de especies arbóreas (Guevara,*y J. Laborde,* 2012). Sin embargo, la permanencia de estos árboles es inestable debido a complicaciones en la regeneración y en la sobrevivencia de las plántulas, atribuidas al manejo del potrero y al impacto del ganado (Esquivel *et al*., 2009).

Tabla. *Listado de las especies de las áreas de intervención del proyecto.*

No.	Especies	Nombre común	Familia	Santa Fé	Los Cayos
1	*Hibanthus havanensis* Jacq	Jia	Violaceae		x
2	*Myrica cerífera* Sw.	Araigan	Myricaceae	x	x
3	*Alophylus cominia* Sw.	Palo de caja	Sapindaceae	x	
4	*Manguifera indica* L.	Mango	Anacardiaceae	x	x
5	*Roystonia regia* (Kunth)	Palma real	Arecaceae	x	x
6	*Andira inermis* Sw	Yaba	Fabaceae	x	x
7	*Hebestigmacubensis* H.B.K	Frijolillo	Fabaceae	x	
8	*Jambosa vulgaris* DC.	Pomarrosa	Myrtaceae	x	x
9	*Quercus cubana* A.Rich	Encino	Fagaceae	x	x
10	*Chrysobalanus icaco* L.	Icaco	Chrysobalanaceae	x	x
11	*Tabernaemontana amblyocarpa* L.	Huevo de gallo	Apocynaceae	x	
12	*Bursera Simaruba* L.	Almacigo	Burseraceae	x	
13	*Citharexylum fruticosum* Lin.	Canilla de venado	Verbenaceae	x	x
14	*Clidemia neglecta* D. Don	Cordoban liso	Melastomataceae	x	x
15	*Constegia xalapensis* D.	Cordoban grande	Melastomataceae	x	x
16	*Cupania Glabra* Sw.	Guara americana	Sapindaceae	x	x
17	*Guarea guidoni* (L.)	Yamao	Meliaceae	x	x
18	*Alchornea latifolia* Sw	Aguacatillo	Euphorbiaceae	x	x
19	*Alibertia edulis* (L. C. Rich.) A. Rich. ex DC.	Cafetillo	Rubiaceae	x	x
20	*Andropogon bicornis* Lin	Pajon macho	Poaceae	x	x
21	*Blechum serrulatum* (A,Rich)	Helecho	Blechnaceae	x	x
22	*Brya microphylla* Bisse	Granadillo	Fabaceae	x	x
23	*Byrsonima crassifólia* (L) H.B. K	Peralejo	Malpigeaceae	x	x
24	*Calophyllum antillanum Bisse*	ocuje	Clusiaceae	x	x
25	*Casearia hirsuta Sw.*	Raspa lengua	Salicaceae	x	x
26	*Cassia diphylla* L.	Hierba	Caesalpinaceae	x	x
27	*Cassytha filiformis* L.	Bejuco fideillo	Lauraceae	x	x
28	*Cecropia schreberiana* L.	Yagruma	Cecropiaceae	x	

29	*Citharexylum fruticosum* Lin.	Palo de guitarra	Verbenaceae	**x**	
30	*Centrosema pubescens* Benth	Bejuco flor mariposa	Fabaceae	x	x
31	*Clidemia hirta* (L) D. Don	Cordoban peludo	Melastomataceae	x	x
32	*Clusia rosea* Jacq.	copey	Clusiaceae	x	x
33	*Cyathea arborea* Smith	Rabo de mono	Cyatheaceae	x	x
34	*Davilla rugosa* Poir	Bejuco colorado	Dillelinace	x	x
35	*Dichrostachys cinerea* Forsk	marabu	Mimosaceae	x	x
36	*Didimopanxmorototinii* (Aubl) Dec. Et Planch	Yagrumon	Aralaceae	x	
37	*Eugenia farameoides* Sw.	Eugenia	Myrtaceae	x	x
38	*Laciasis divaricata* (L.) Hitch	Hierba	Poaceae	x	
39	*Matayba apetala* (Maca) Radlk.	Macurije	Sapindaceae	x	x
40	*Mimosa pudica* L.	dormidera	Mimosaceae	x	x
41	*Odontosoria writghiana* Maxon	Helecho	Polipodiaceae	x	x
42	*Parathesis cubana* Griseb	Agracejo	Myrsinaceae	x	x
43	*Paspalum virgatun* Lin.	Caguazo	Poaceae	x	x
44	*Phania matricariodes* (Less) Griseb	Mansanilla de la tierra	Asteraceae	x	x
45	*Pinus caribaea* var caribaea. Morelet	Pino Macho	Pinaceae	x	x
46	*Pinus tropicalis* Morelet	P Hembra	Pinaceae	x	x
47	*Phylanthus junceus* Mucll. Ang	Dormilona	Euforbiaceae	x	
48	*Pithecellobium abovale* (A.Rich.) C. Wr.	Moruro	Mimosaceae	x	
49	*Roigella correifolia* (Griseb.) Borhidi & Fernandez	Jazmin del pinar	Rubiaceae	x	x
50	*Sebastiania corniculata* (Vahl) Pax	Guayaba cimarrona	Euforbiaceae	x	
51	*Smilax havanensis* Jacq	Bejuco rabo de gato	Smilaceae	x	x
52	*Sorghastrum stipoides* HBK Nash	Pajon Hembra	Poaceae	x	x
53	*Tetrazigia coreacea* (Mill) Cogn	Cordobancillo	Melastomataceae	x	x
54	*Thillandsia habanensis* L.	Curujey	Bromeliaceae	x	x
55	*Vernonia cubensis* Grises.	Flor morada hojas espinas	Asteraceae	x	

56	*Waltheria americana* Lin.	Malva	Sterculiaceae	x	x
57	*Xilopia aromatica* (Lam.) Mait	Malagueta	Annonaceae	x	x
58	*Olyra latifolia* L.	Tibisí	Poaceae		x

CONCLUSIONES

Los índices de diversidad de especies evidencian una alta diversidad florística asociada al bosque natural pino encino en los sistemas silvopastoriles de cerdo criollo. Se registraron un total de 56 especies para el área de Santa Fé pertenecientes a 35 familias y para la Zona de Los Cayos de San Felipe se registran 46 especies agrupadas en 29 familias.

La distribución diamétrica de la vegetación en las áreas de los encinares estudiados se asemejó a la forma típica de una J invertida, representativa de un bosque natural que asegura la continuidad de individuos jóvenes que a largo plazo reemplazarán a los adultos y, por ende, su existencia en los sistemas silvopastoriles.

La regeneración natural de la especie dominante (Quercus) del bosque natural pino encino se dificulta en su medio natural por el silvopastoreo intensivo de los cerdos en las áreas de estudio.

BIBLIOGRAFÍA

Acevedo, P. & Strong, M. (2012). Catalogue of Seed Plants of the West Indies. *Smithsonian Contribitions to Botany*, *98*, 1-1192. doi: 10.5479/si.0081024X.98.1

Acosta, V. H., Araujo, P. A., & Iturre, M. C. (2006). *Caracteres estructurales de las masas*. Serie Didáctica No. 2. Universidad Nacional de Santiago del Estero, Santiago del Estero, Argentina.

Bello González, M. A. (1988) Consideraciones metodológicas para estudios fenológicos en bosques templados de Coníferas. Revista Mexicana de Ciencias Forestales. Vol.13 Num.64.

Colwell, R. K. (2011). Estimates: Statistical estimation of species richness and shared species from samples (version 9) [software de cómputo]. Recuperado de http://purl.oclc.org/estimates.

Cascante, M. A. & Estrada, Ch. A. (2000). *Composición florística y estructura de un bosque húmedo pre montano en el Valle Central de Costa Rica*. San José, Costa Rica: Departamento de Historia Natural, Museo Nacional de Costa Rica.

Esquivel, M. J. *et al.* (2009). "Regeneración natural de árboles y arbustos en potrerosactivos de Nicaragua". *Agroforestería en las Américas*, 47, 76-84.

Finegan, B., Palacios, W., Zamora, N., & Delgado, D. (2001). Ecosystem-level forest biodiversity and sustainability assessments for forest management. En R. Raison, A. Brown, & D. Flinn (Eds.), *Criteria and indicators for sustainable forest management* (pp. 341-378). Viena, AT: IUFRO.

Servicio Estatal Forestal [SEF] (2016). *Encinares existentes en la Provincia de Pinar del Río. Dinámica 2016*. Pinar del Río, Cuba: Servicio Estatal Forestal.

Sánchez, C. (2007). *Los helechos y licófitos de Cuba*. La Habana: Científico Técnica.

González, M., Sánchez, O., & Figueroa, C. (2012). Restauración de la biodiversidad florística en ecosistemas degradados de *Pinuscaribaea*Morelet. *Revista Forestal Baracoa*, *31*(1), 17-23. 2078-7235.

González, M., Fidelmant, M., Lebbet, M., Miñoso, Y., Sanches, O., &Friol, P. (2016). *Inicio de un programa de manejo silvícola de Quercus cubana A. Rich. en la provincia Pinar del Río, Cuba. Fase I*. Memorias del Simposio Internacional sobre Manejo Sostenible de los Recursos Forestales. Cuba: Universidad de Pinar del Río.

González-Menéndez., M., Alonso-Torrens, Y., Urrutia-Hernández, I, Miñoso, Y., Santana, I., Luis-Suárez, J., & González-Torres, C. M. (2019). Estructura y composición de encinares naturales en las Alturas de Pizarras del Municipio de Viñales, Pinar del Río, Cuba. *Madera y Bosques*, *25*(2), e2521667. doi: 10.21829/myb.2019.2521667

Guevara, S. y J. Laborde (2012). "The Mesoamerican Rain Forest EnvironmentalHistory. Livestock and LandscapeBiodiversity at los Tuxtlas, México".*Pastos. Revista de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos*,42 (2), 219-248.

Lamprecht, H. (1990). Silvicultura en los Trópicos. Los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas – posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido. República Federal de Alemania: Eschborn (Germany) GTZ.

Magurran, A. E. 1988. Ecological diversity and is measurement Croon Helm and London. pp.20-24

McAleece, N., Gage, J. D., Lambshead, J., & Patterson, G. (1997). Biodiversity Professional. Londres: The Natural History Museum & The Scottish Association for Marine Science.

McCune, B. & Mefford, M. J. (1999). Multivariate analysis of ecological data (Versión 4.0) [Software de cómputo] Glenenden Beach, Oregon, EUA

Moreno, C. (2001). Métodos para medir la Biodiversidad. México: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

Pickett, A. & White, S. (1985). *The ecology of natural disturbance and patch dynamics*. EUA: Academic Press.

Samek, V. 1973. Pinares de Cajálbana. Estudio sinecológico. Serie forestal No. 13. Academia de Ciencias de Cuba, La Habana, 56 p.

Santana, I., Abeledo, C., Ferrer, R. M., González, M., & Pimentel, J. (2015). Asociación cerdos criollo-encino en el municipio pinareño de la palma para la producción de carne ecológica de sabor especial. *Revista Computadorizada de Producción Porcina*, (2). Recuperado de http://www.iip.co.cu/RCPP/222/222_10ISantana.pdf

Sidoruk, V. (2000). Análise biométrica da regeneração natural de algunas espécies em uma Floresta Estacional Semidecidual localizada no Município de Cássia- MG. Curitiba. Tesis de maestría, Universidad Federal de Paraná. Paraná, Brasil.

Villacís, J. (2008). Contribución de los árboles dispersos en potreros a los sistemasde producción ganadera en Rio Frio, Costa Rica. *AgroforesteríaEcológica*, 1–12. Recuperado de: www.agroforesteriaecologica.com



PAS-72. Causas de degradación en sistemas silvopastoriles con cerdo criollo, Viñales

Causes of degradation in silvopastoriles systems with creole pig, Viñales

Isyoel Urrutia Hernández[1], Beatriz Rodríguez Alfaro[2], Tania Sánchez Santana[3], Arnaldo F. Álvarez Brito[2], Alicia Mercadet Portillo[2], Yoeslin Urrutia Hernández[1], Berta Rita Castillo Edua[4]*

[1]Universidad de Pinar del Río Hermanos Saíz Montes de Oca. Centro Universitario Municipal Viñales. Pinar del Río Cuba, CP 20100.
[2]Instituto de Investigaciones Agroforestales. La Habana. Estación Experimental Agro-Forestal Viñales. Pinar del Río Cuba, CP 20100.
[3]Estación Experimental de Pastos y Forrajes. Indio Hatuey, Universidad de Matanzas. España República. Perico, Matanzas, Cuba.
[4]Centro de Estudios Forestales de la Universidad de Pinar del Río "Hermanos Saíz Montes de Oca". Pinar del Río, Cuba.

[*]Correspondencia a: isyoel.urrutia@upr.edu.cu

RESUMEN

La investigación que se presenta se desarrolló en las áreas de intervención del proyecto CIENPINOS perteneciente a los Finqueros Forestales de los poblados La Majagua, en Santa Fé y El Capón del municipio Viñales donde el encino se desarrolla como la especie dominante en suelos de alturas de pizarras. Con el objetivo de evaluar las causas de degradación en los sistemas silvopastoriles con cerdo criollo. Permitiendo establecer planes de manejo que permitan mitigar y conservar el bosque de Pino encino, donde se pràctica la cría de cerdos de forma extensiva. Para la realización del estudio se levantaron cinco parcelas permanentes de muestreo en cada uno de los sitios de intervención con dimensiones de 20x25 m (500 m^2) en extensiones de 500 ha aproximadamente por áreas debidamente georreferenciadas, identificando y evaluando la cantidad de árboles afectados según las causas de degradación a partir de la proyección en el manejo correspondiente, determinando que las principales causas de degradación de forma general están dadas por la tala ilícita, daños mecánicos a causa de eventos naturales como los huracanes, los incendios forestales, la incidencia de plagas, la tala forestal y en algunos sitios el sobre pastoreo intensivo que provoca la erosión de los suelos y la existencia de raíces fuera de la superficie provocado por la acción de los cerdos.

Palabras claves: *Daños, degradación, sobre pastoreo, cría de cerdos*

ABSTRACT

The investigation that is presented was developed in the areas of intervention of the project CIENPINOS belonging to the Forest Finqueros of the towns The Majagua, in Santa Fé and The Capon of the municipality Viñales where the encino is developed as the dominant species in floors of heights of slates. With the objective of evaluating the degradation causes in the systems silvopastoriles with Creole pig. Allowing handling plans that allow to mitigate and to conserve the forest of Pine encino, to settle down where you pràctica the breeding of pigs in an extensive way. For the realization of the study five permanent parcels of sampling rose in each one of the intervention places with dimensions of 20x25 m (500 m2) in extensions of 500 there are approximately properly for areas georreferenciadas, identifying and evaluating the quantity of affected trees according to the degradation causes starting from the projection in the corresponding handling, determining that the main causes of degradation in a general way are given by the illicit pruning, mechanical damages because of natural events as the hurricanes, the forest fires, the incidence of plagues, the forest pruning and in some places the envelope intensive shepherding that causes the erosion of the floors and the existence of roots outside of the surface caused by the action of the pigs.

Keywords: *Damages, degradation, on shepherding, breeding of pigs*

INTRODUCCIÓN

Los bosques de pino encino del municipio de Viñales ocupan el 57% en la provincia de Pinar del-Río según la dinámica nacional 2021, están constantemente sometidos a presión antrópica y a eventos naturales como los huracanes los cuales afectan sus superficies y reducen sus densidades, razón por la cual es imperativo el involucramiento de los actores locales en el diseño de las prácticas de conservación y participación directa en las normas de manejo sustentable de sus recursos forestales.

Algunos autores expresan que el estudio de la composición, estructura y dinámica de un bosque es el punto de partida para la adecuación de criterios, métodos de conservación y recuperación de ecosistemas (Finegan *et al.,* 2001). Algunos de los cambios pueden percibirse como positivos, ya que favorecen a especies utilizadas como recursos, o crean condiciones favorables para los seres humanos. Según Pickett y White (1985), una perturbación es un suceso discreto en el tiempo que altera la estructura de los ecosistemas, de las comunidades o de las poblaciones.

En la región tropical, los encinares están en peligro de extinción. Muchos están muy degradados y aunque todavía hay algunos individuos grandes y viejos, no existen bosques primarios de encino. La mayoría de los encinares han sido convertidos en potreros para ganado. Una gran parte de los encinares se ven como una sabana de pasto con árboles solitarios y pequeños de encino, frecuentemente asociados con *Byrsonima crassifolia, Curatella americana* y *Gliricidia sepium* (Pennington y Sarukhán, 1998).

En Cuba, por las características de su madera, los bosques de encino han sido muy explotados con fines de extracción de madera, para la elaboración de carbón, horcones de casas (para vivienda y para curar tabaco), así como para la construcción de implementos de trabajo de uso doméstico, lo cual provoca que este tipo de vegetación tienda a fases secundarias (González *et al*., 2016).

Q. cubana A. Rich es la única especie de este género presente en la flora cubana, específicamente en el occidente, crece en asociación con pinares naturales; está reconocida como endémica cubana, limitada solo a Pinar del Río (Izquierdo *et al*., 2013). Su madera es apreciada por su dureza y durabilidad; por su alto poder calorífico es usada en la cocción de alimentos.

El estudio de composición y estructura de la comunidad arbórea en los potreros permite conocer el estado ecológico y de conservación de los árboles, así como los elementos que indican su regeneración o envejecimiento.

Por lo anterior, se pretenden identificar los procesos de degradación de los sistemas silvopastoriles en bosques de pino encino del municipio de Viñales con base en el análisis de las causas de degradación y el rol de los actores locales que inciden en la conservación o deterioro de sus recursos forestales.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en la formación de Alturas de Pizarras del centro de Pinar del Río, Cuba, ubicada en la Cordillera de Guaniguanico, específicamente en áreas de encinares naturales categorizados como *Bosques para la protección de la fauna* (República de Cuba, 1998), pertenecientes al municipio, la precipitación promedio anual del área de estudio es de 1765 mm, la temperatura promedio anual de 25 °C. Presenta una temperatura máxima de 28.8 °C y una mínima de 19.5 °C. Según Hernández, Ascanio, Carrera y Morales (2003), los suelos en donde se realizó el estudio se clasifican como Alíticos, con ph ácido, esqueléticos y con bajo porciento de materia orgánica, destacándose en ellos el alto contenido de aluminio y el contenido de arcilla es mayor en el subsuelo que en el suelo superficial.

El proyecto es desarrollado por un grupo de investigadores y especialistas de la Unidad de Manejo Municipal, Provincial y Nacional del proyecto CIENPINOS de la Universidad de Pinar del Río y de la Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, asesorados por el Instituto de Investigaciones Agro-forestales (INAF), y con la colaboración de participantes y asesores de CIENPINOS. La metodología utilizada, propuesta por Mercadet, *et al.* (2020), se aplicó ajustada a las condiciones de bosque natural para la conservación de la flora y la fauna del área y las características del Sistema de Información (SI).

Para el análisis de distribución diamétrica se parte del supuesto de la relación entre el tamaño del diámetro y la edad de los árboles. Las clases diamétricas son representadas mediante histogramas de frecuencias que reflejan la estructura demográfica de la población de las especies arbóreas.

Para determinar o seleccionar una u otra metodología a la hora de realizar el muestreo y análisis de los datos, es vital la importancia del propósito del estudio o acción de monitoreo a efectuar y las características particulares del sitio (Ferro, 2015). Crear una base de información para la investigación y educación que pueda contribuir a la conservación y manejo de Reservas de Biosfera y otras áreas protegidas de todo el planeta se reconocen entre los propósitos básicos del establecimiento de PMP (Dallmeier 1992; Ferro 2015), aspecto a lo cual nuestra área otorga prioridad.

Con respecto a la dimensión de las parcelas para el desarrollo del muestreo Synnott (1979), menciona que el tamaño más eficiente de las PMP en una situación particular dependerá de los objetivos, la precisión requerida, la variabilidad del bosque y los costos presentes y futuros. En este caso las evaluaciones fueron realizadas empleando un muestreo aleatorio proporcional al área (una PMP cada 50 ha) que utiliza PMP de 20 x 25 m (500 m^2), distribuidas en cantidad de 5 parcelas en los cinco sitios de intervención del proyecto, suficientes para representar adecuadamente toda la variación natural existente y además de estimar a partir de ellas, los valores correspondientes a toda el área forestal evaluada.

Se realizó un trabajo de gabinete mediante el cual se estableció la georreferenciación de cada una de las parcelas de muestreo permanente en el área de trabajo, asignándole secuencialmente un número que mantendrán durante el muestreo permanente y duración del proyecto, empleando las coordenadas correspondientes al centro de cada parcela y mediante un GPS.

Se procedió a marcar a 1,30 m sobre el suelo, el árbol en uno de los vértices de la parcela (árbol guía), donde se coloca el número de la parcela, a partir del cual siguiendo una recta de 25 m se marcaron a igual altura todos los árboles que están en o por fuera de la línea que forma ese lado de la parcela; luego, siguiendo una recta de 20 m a partir del árbol inicial, pero en sentido perpendicular a la anterior, se marcaron a igual altura todos los árboles que están en o por fuera de la línea que forma el segundo lado de la parcela.

El trazado de los dos lados restantes se realizó, hasta asegurar que en el extremo superior derecho de la parcela ambos lados coincidieran, cerrando el área de la parcela; entonces se procedió a marcar con pintura (o cintas), a igual altura, todos los árboles de ambos lados para dejar establecida la parcela. Para la medición de las PMP se trabajó con los modelos proporcionados por el INAF.

La degradación forestal se define como (Álvarez, Mercadet y Ajete 2024). Área establecida de bosque natural o artificial, donde causas de origen natural, antrópico o resultantes de su interacción, limitan o impiden el cumplimiento cualitativo y/o cuantitativo de las funciones que le corresponden, ya sea la asociada a su función principal (determinada por su

categoría), como las asociadas a sus funciones complementarias (determinadas por la provisión de otros bienes y servicios ambientales diferentes a los de su función principal).

En este caso es evaluada mediante ocho indicadores comunes para bosques de cualquier categoría, más dos indicadores para categorías específicas, todos medidos en una escala de 0 (sin degradación) a 5 (degradación extrema) y su promedio aritmético refleja el nivel general de degradación existente, que es acompañado por el valor de su incertidumbre (nivel de error), expresada en porcentaje.

LPT es el *software* desarrollado para evaluar la degradación forestal en bosques de hasta 1500 ha de superficie con parcelas permanentes de hasta 300 árboles, que además ofrece informaciones sobre:

-la composición y abundancia de especies en formaciones naturales (valora algo más de 350 especies), evaluando el estado de la biodiversidad (diversidad α),

-la dendrometría del bosque (total, por hectárea y por clases diamétricas), calculando el error de cada variable.

En cada PMP se precisaron las causas que provocan la degradación (tabla 1) y cuán severa es (tabla 2), de manera que a partir de ellas se pueda trazar el plan de manejo para disminuirla.

Tabla 1. *Causas de degradación en los bosques para la conservación de la flora y la fauna.*

1-Afectaciones por plagas	6-Incendios
2-Daños mecánicos	7-Talas ilícitas
3-Especies espinosas	8-Caza o pesca ilícitas
4-Erosión	9-Especies exóticas
5-Abundancia de sotobosque	10-Abundancia de fauna

Tabla 2. *Criterios para evaluar los valores de degradación en las parcelas permanentes.*

Valor	Degradación
0	Sin degradación
1	Degradación muy baja
2	Degradación baja
3	Degradación moderada
4	Degradación alta
5	Degradación extrema

Ferro (2015) considera que los parámetros a medir tampoco tienen que ser fijos, estos dependerán de los objetivos del inventario y de la estructura forestal de que se trate, en nuestro caso para cada árbol numerado con diámetro ≥ 6 cm a 1,30 m sobre el suelo se tomó la especie, el grosor de la corteza a 1,30 m sobre el suelo (en mm, en números enteros), el diámetro a 1,30 m sobre el suelo (en cm, con un decimal) y la altura total (en m, con un decimal).

Las acciones orientadas a la disminución de la degradación son planificadas para el área de trabajo, incluyendo cinco parcelas de muestreo permanente en los sitios de intervención del proyecto.

A partir de la ejecución del plan de manejo se comparará el efecto en la disminución de la degradación y será posible su validación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Sitio de intervención El Capón

En la figura 1 se muestran los resultados de la evaluación por clase diamétrica de los árboles identificados en las parcelas permanentes de muestreo, donde se aprecia que el mayor porcentaje por clase diamétrica lo presenta la de 6 a 10 cm con 63,90 % seguido de la clase diamétrica de 10,1 a 15,0 cm, sin embargo, las clases diamétricas menos representadas corresponden a las de 25,1 a 30,0 y mayor de 30,0 cm, aspecto donde se hace notable la existencia de

un bosque relativamente joven. Por el contrario, una distribución diamétrica con asimetría a la derecha o negativa es indicio de árboles mayores lo cual indica un envejecimiento de la vegetación arbórea (Ajbilou, Marañón y Arroyo 2003, Melo Cruz y Vargas Ríos, 2002).

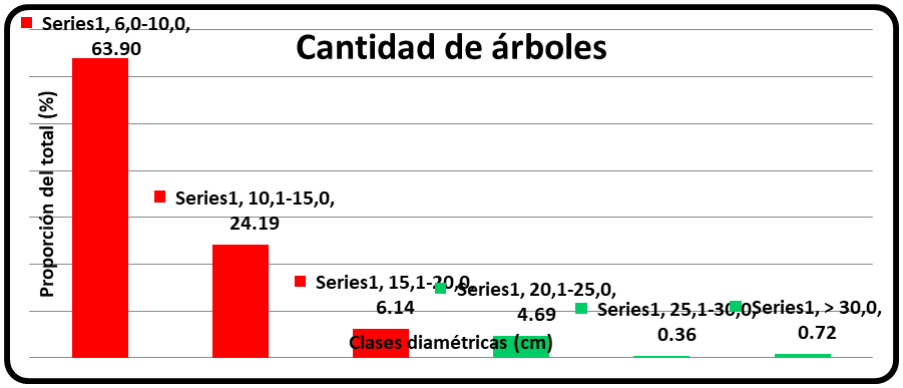


Figura 1. *Representación de la cantidad de árboles por clase diamétrica. El Capón.*

En este sitio se muestran los resultados de las causas de degradación (tabla 3), donde las afectaciones por daños mecánicos representan el 20,34 % debido a la incidencia del fuerte huracán Ian, desbastador sobre las poblaciones de encino. Sin embargo, es notorio destacar la capacidad de resiliencia y mecanismos de adaptación de la especie la cual rebrota con facilidad desde los tocones y ramas dañadas.

Además, la presencia de abundante vegetación no arbórea representa el 22,03 % lo que es debido al manejo inadecuado y al sistema de explotación de estos bosques, cuya finalidad está dirigida a la conservación y al pastoreo extensivo de cerdo criollo bellotero. La cría extensiva de los cerdos en los sistemas silvopastoriles también es uno de los elementos que incide en la conservación de estos bosques lo cual limita la regeneración natural y en ocasiones favorecen la erosión de los suelos. Es de destacar la alta incidencia de incendios forestales en estas comunidades vegetales, donde en la provincia se concentran más del 70% de estos siniestros que destruyen poblaciones enteras en relación a la intensidad y frecuencia en que ocurran los cuales representan el 12 % dentro de las causas de degradación evaluadas.

En correspondencia con los resultados obtenidos se hace necesario atender el desarrollo de capacidades y estrategias de participación ciudadana, la cual debe ser transversal a lo largo de todas las actividades para el manejo integral del bosque. Se trata pues de generar proyectos de recursos naturales, ya que como apunta Sepúlveda (2008) tienen como fin promover la producción ambientalmente amigable y proteger, conservar y recuperar la base de recursos naturales.

Tabla 3. *Informe de degradación forestal. El Capón.*

Nº	Indicador	Degr. (0-5)	Aporte* (%)
a) Causas generales de degradación			
1	Afectaciones por ataque de plagas	1	8,47
2	Afectaciones por daños mecánicos	2	20,34
3	Presencia de especies espinosas	0	0,00
4	Erosión eólica y/o hídrica del suelo	1	10,17
5	Abun. veg. no arbórea (excepto manglar)	3	22,03
6	Afectaciones por incendios	0	0,00
7	Tala ilícita de árboles	1	11,86
8	Ocurrencia de caza o pesca ilícita	0	0,00
b) Causas específicas de degradación			
12	Presencia de especies exóticas	0	0,00
14	Abundancia de fauna silvestre	4	27,13
Nivel de degradación general del área de trabajo			Baja
Incertidumbre (%)			± 6,89

** Contribución del indicador al nivel de degradación general.*

Sitio de intervención Santa Fé

En la figura 2 se presenta la proporción de árboles por clase diamétrica lo cual indica que la mayor cantidad corresponde a la clase 6,0 a 10,0 cm seguida de la de 10,1 a 15,0 cm, indicador que demuestra la presencia de una comunidad vegetal relativamente juvenil muy similar al sitio de intervencion perteneciente al zona del Capón lo cual es atribuido a la similitud de su sistema de aprovechamiento basado en el pastoreo extensivo de cerdo criollo bellotero en bosques naturales de encino. La caracterización de ambos potreros resultado de esta investigación indica que la historia, edad, sistema de producción y manejo de cada potrero influyen sobre la densidad, la diversidad y la distribución diamétrica de los individuos en los potreros, lo que ha sido corroborado por Villacís (2008).

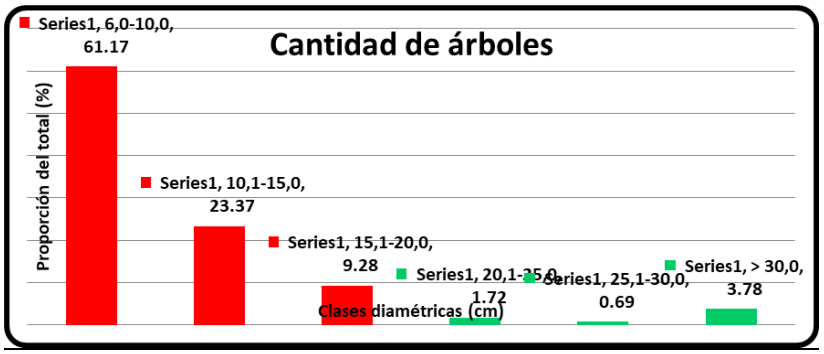


Figura 2. *Representación de la cantidad de árboles por clase diamétrica. Santa Fé.*

Tabla 4. *Informe de degradación forestal. Santa Fè.*

Nº	Indicador	Degr. (0-5)	Aporte* (%)
Causas generales de degradación			
1	Afectaciones por ataque de plagas	1	10,00
2	Afectaciones por daños mecánicos	2	16,67
3	Presencia de especies espinosas	0	0,00
4	Erosión eólica y/o hídrica del suelo	1	8,33
5	Abun. veg. no arbórea (excepto manglar)	3	20,00
6	Afectaciones por incendios	0	0,00
7	Tala ilícita de árboles	2	15,00
8	Ocurrencia de caza o pesca ilícita	0	0,00
b) Causas específicas de degradación			
12	Presencia de especies exóticas	0	0,00
14	Abundancia de fauna silvestre	4	30,00
Nivel de degradación general del área de trabajo			Baja
Incertidumbre (%)			± 5,30

**Contribución del indicador al nivel de degradación general.*

La comparación de las principales causas de degradación registradas para ambos sitios es mostrada en la tabla 5.

Tabla 5. *Principales causas de degradación detectadas en cada sitio.*

Causa	El Capón		Santa Fé	
	Degradación	Aporte (%)	Degradación	Aporte (%)
Afectaciones por daños mecánicos	2	20,34	2	16,67
Abun. veg. no arbórea (excepto manglar)	3	22,03	3	20,00
Abundancia de fauna silvestre	4	27,13	4	30,00
TOTAL	Baja (2)	69,50	Baja (2)	66,67

Estos resultados demuestran que el manejo de los recursos naturales en esta formación forestal por los actores locales, los que juegan un rol fundamental en su conservación, aun cuando presenta una baja degradación no ha sido del todo correcto porque:

Se ha prestado una insuficiente atención a la remoción de las afectaciones mecánicas ocasionadas por el huracán Ian, que si bien producen una degradación baja, son responsables de la quinta parte de la degradación general en ambas áreas.

La baja abundancia del sotobosque en ambos sitios, una de las fuentes principales del suministro de alimentos a la fauna, alcanzó una degradación moderada en bosques dedicados precisamente a la conservación de esos recursos, siendo responsable del aporte de otra quinta parte a la degradación general en ambas áreas.

Como consecuencia al menos en parte de lo señalado antes, la abundancia de fauna silvestre en bosques especialmente dedicados a su conservación alcanzó una degradación alta, equivalente a una muy baja presencia de ese recurso, aportando un tercio de la degradación general en ambas áreas.

Al revisar la situación, el diagrama de problemas planteado y, partiendo que es posible realizar un análisis integral de la dinámica del bosque, se considera que la población local es el principal agente de control, deterioro o conservación, ya que los seres humanos se encuentran asociados de manera intrínseca a los ecosistemas y han probado a lo largo de la historia que su rol dentro de espacios naturales puede ser benéfico para conservar sus recursos, pero también puede afectar el equilibrio ecológico ante la inexistencia o violación recurrente de las reglas sociales o institucionales que regulan las actividades de acuerdo con la disposición y manejo de los recursos madereros y no madereros.

Bajo el esquema de la incidencia de plagas en estos bosques, es importante el análisis de las posibles alternativas para contrarrestar esta problemática, lo que implica la búsqueda de arbolado sano en zonas infestadas que, en teoría tienen cierta resistencia a dichos patógenos, por lo que, la colección de semilla, remoción de suelos e incendios controlados podrían inducir el renuevo natural de esta especie, así como el inicio de los procesos de adaptación a las nuevas condiciones de clima. Asimismo, es necesario retomar las investigaciones en manejo integrado de plagas, donde uno de los componentes principales es el control biológico, que en el caso de estos bosques no ha sido abordado, por lo menos para su manejo.

Se requiere pues una visión más amplia que reconozca hacia el futuro que la producción de madera ya no es el objetivo único, ni aún el primario; por el contrario, otros servicios ecosistémicos son fundamentales: modos y estilos de vida que dependen de los bosques, conservación de la biodiversidad y almacenamiento de carbono (Woodgate, 2011).

Los bosques naturales existentes en las áreas del municipio de Viñales en suelos de alturas de pizarras parecen incrementarse debido a la fragmentación constante de los bosques de pino y encino y al abandono de tierras de cultivo, ya que gran parte es producto de la sucesión natural de los ecosistemas lo que ayuda a restablecer la vegetación original a través de la regeneración paulatina de estos bosques. Por lo tanto, según (Endara, 2010) es importante su conocimiento como parte funcional en las actividades planeadas para la rehabilitación de comunidades ecológicas (ecosistemas) degradados. La disminución en la cobertura forestal, el pastoreo e incendios forestales en los bosques de pino (Franco *et al.,* 2006).

CONCLUSIONES

Las causas de degradación con mayor significación en los sistemas silvopastoriles las ocupan las afectaciones por daños mecánicos, los incendios forestales, la poca abundancia de sotobosque y, como consecuencia, de fauna silvestre, las que de conjunto determinan la degradación general en más de 60 %.

Se determinó que la mayor cantidad de árboles corresponde a la clase diamétrica de 6 a 10 cm seguido de la de 10,1 a 15 cm, indicador que demuestra la presencia de una comunidad vegetal relativamente juvenil.

Los resultados indican que la historia, edad, sistema de producción y manejo de los sistemas silvopastoriles influyen sobre la densidad, la diversidad y la distribución diamétrica de los individuos.

BIBLIOGRAFIA

Álvarez Brito, A.; A. Mercadet Portillo y A. Ajete Hernández. (2024). La degradación forestal: Concepto, evaluación, interpretación y empleo. Inst. Inv. Agro-Forestales, La Habana, Cuba. 23 pp.)

Ajbilou, R., T. Marañón y J. Arroyo (2003). "Distribución de clases diamétricas y conservación de bosques en el norte de Marruecos". *Investigación Agraria. Sistema y Recursos Forestales*, 12 (2), 111-123.

Dallmeier, F.1992. Long-term monitoring of biological diversity in tropical forest areas. Methods for establishment and inventory of permanent plots. MAB Digest 11. UNESCO, París 72 pp.

Endara, A. A. R. (2010). *Análisis de los procesos de recuperación en el bosque templado del Parque Nacional Nevado de Toluca* (tesis de doctorado). México: Universidad Autónoma del Estado de México.

Endara, A. A. R., Franco, M. S., Nava, B. G., Valdez, H. J. I. y Fredericksen, S. T. (2012). Effect of human disturbance on the structure and regeneration of forests in the Nevado de Toluca National Park, Mexico. *Journal of Forestry Research*, *23*(1): 39-44.

Ferro Díaz, J. Manual revisado de métodos útiles en el muestreo y análisis de la vegetación. 2015. Revista ECOVIDA Vol.5 No.1.

Finegan, B., Palacios, W., Zamora, N., & Delgado, D. (2001). Ecosystem-level forest biodiversity and sustainability assessments for forest management. En R. Raison, A. Brown, & D. Flinn (Eds.), *Criteria and indicators for sustainable forest management* (pp. 341-378). Viena, AT: IUFRO.

Franco, M. S., Regil, G. H. H. y Ordoñez, D. J. A. B. (2006). Dinámica de perturbación recuperación de las zonas forestales en el Parque Nacional Nevado de Toluca. *Madera y Bosques*, *12*(1): 17-28.

González, M., Fidelmant, M., Lebbet, M., Miñoso, Y., Sanches, O., & Friol, P. (2016). *Inicio de un programa de manejo silvícola de Quercus cubana A. Rich. en la provincia Pinar del Río, Cuba. Fase I.* Memorias del Simposio Internacional sobre Manejo Sostenible de los Recursos Forestales. Cuba: Universidad de Pinar del Río.

Hernández, A. J., Ascanio, M. O., Carrera, R. A., & Morales, B. N. (2003). *Nuevos aportes a la clasificación genética de los suelos en el ámbito nacional e internacional.* Habana, Cuba: Instituto de Suelos-Ministerio de la Agricultura-Agrinfor.

Izquierdo, K., Pimentel, C. A., & Márquez, L. (2013). Adaptación de plántulas reintroducidas de *Quercus cubana*, endémico de Cuba Occidental, en su medio natural del bosque de encinos de Manuel Lazo, Sandino, Pinar del Río. *Revista Electrónica Avances*, *4*(1). Recuperado de http://revistaecovida.upr.edu.cu/index.php/ecovida/article/view/50/html.

Melo Cruz, O. A. y R. Vargas Ríos (2002). *Evaluación ecológica y silvicultural de ecosistemas boscosos*. Ibagué: Universidad del Tolima.

Mercadet, A., Álvarez, A. F. y Ajete, A. (2020). La mitigación del cambio climático y el sector forestal cubano. Inst. Investig. Agro-Forestales. La Habana, Cuba. 187 pp

Merino, L. y Hernández, M. (2004). Destrucción de instituciones comunitarias y deterioro de los bosques en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca, Michoacán, México. *Revista Mexicana de Sociología*, *66*(2): 261-309.

Servicio Estatal Forestal [SEF] (2021). *Encinares existentes en la Provincia de Pinar del Río. Dinámica 2021*. Pinar del Río, Cuba: Servicio Estatal Forestal.

Synnott T. J. 1979. Manual de procedimiento de parcelas permanentes para bosque húmedo tropical. Documento técnico 12. Cartago: Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Sepúlveda, S. (2008), *Gestión del desarrollo sostenible en territorios rurales:métodos para la planificación*. Costa Rica: IICA.

Merino, L. y Hernández, M. (2004). Destrucción de instituciones comunitarias y deterioro de los bosques en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca, Michoacán, México. *Revista Mexicana de Sociología*, *66*(2): 261-309.

Pennington, T. & Sarukhán, J. (1998). *Árboles tropicales de México. Manual para la identificación de las principales especies* (2ª ed). México, D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México y Fondo de Cultura Económica.

Pickett, A. & White, S. (1985). *The ecology of natural disturbance and patch dynamics*. EUA: Academic Press.

República de Cuba. (1998). Ley 85: Ley Forestal. Asamblea Nacional del Poder Popular, Ciudad de La Habana, Cuba. 18 p.

Sepúlveda, S. (2008), *Gestión del desarrollo sostenible en territorios rurales:métodos para la planificación*. Costa Rica: IICA.

Synnott TJ. 1979. Manual de procedimiento de parcelas permanentes para bosque húmedo tropical. Documento técnico 12. Cartago: Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Villacís, J. (2008). Contribución de los árboles dispersos en potreros a los sistemas de producción ganadera en Rio Frio, Costa Rica. *Agroforestería Ecológica*, 1–12. Recuperado de: www.agroforesteriaecologica.com.

Villers, R. L., García del Valle, L. y López- Blanco, J. (1998). Evaluación de los bosques templados en México: una aplicación en el parque nacional Nevado de Toluca. *Investigaciones Geográficas*, *36*: 7-21.

Woodgate, G. (2011). Gestión forestal sostenible. *Los desafíos y oportunidades del siglo xxi*. Ponencia presentada en el marco del Seminario-Taller Internacional Frente al cambio climático: gestión de los recursos naturales y regulación de conflictos sociales y jurídicos en zonas boscosas de América Latina del 20 al 22 de febrero. Estado de México.



PAS-73. Efecto de la escarificación en semillas de *Leucaena leucocephala* L.

Effect of scarification on *Leucaena leucocephala* L. seeds

P. L. Mayoz Vegas[*]*; D. Domínguez Ortega; I. Revuelta Oramas; K. Hernández Pérez Corcho; A. Hernández Mijango; Y. Manuel Fernández Moreno y R. Catalá Matías.*

Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey", Central España Republicana, CP 44280, Matanzas. Cuba.

[*]Correspondencia a: pedro.mayoz@ihatuey.cu

RESUMEN

Aunque la germinación de las semillas de leucaena y otras especies arbóreas dependen en gran medida de las condiciones de almacenamiento, la latencia es un factor genético que influye significativamente en los patrones de germinación. Es por ello que el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de diferentes métodos de escarificación mecánica sobre la germinación en semillas envejecida de *Leucaena leucocephala* L. La investigación se realizó en el Laboratorio de Análisis de Semillas de la Estación Experimental de Pastos y Forrajes *Indio Hatuey* durante el mes de mayo del año 2025. Se empleó un diseño experimental completamente aleatorizado. Los tratamientos fueron: 1) control sin escarificación, 2) semilla escarificada con agua caliente a 80°C por 2 minutos, 3) semillas escarificadas con corte de cubierta, 4) semillas escarificada con agua caliente a 80°C por 2 minutos+ corte de cubierta. Se determinó el porcentaje y la velocidad de germinación de las semillas. Se obtuvo que el mayor porcentaje de germinación se alcanzó con la escarificación mecánica de corte de cubierta con un 85% mientras que en correspondencia con el índice de velocidad de germinación el que mejor comportamiento se logró con la combinación del agua caliente a 80°C por 2 minutos más el corte de cubierta. Se concluye que las semillas envejecidas de *Leucaena* lograron una buena germinación motivado por la escarificación mecánica con corte de cubierta. Por lo que se recomienda esta técnica ya que la cual asegura incrementos de la germinación aun cuando las semillas estén varios años almacenadas.

Palabras claves: *germinación, índice, envejecida, tratamiento, latencia.*

ABSTRACT

While the germination of leucaena seeds and other tree species largely depends on storage conditions, dormancy is a genetic factor that significantly influences germination patterns. Therefore, the objective of this study was to evaluate the effect of different mechanical scarification methods on the germination of aged Leucaena leucocephala L. seeds. The research was conducted at the Seed Analysis Laboratory of the Indio Hatuey Pastures and Forages Experimental Station in May 2025. A completely randomized experimental design was used. The treatments were: 1) control without scarification, 2) seeds scarified with hot water at 80°C for 2 minutes, 3) seeds scarified by seed coat cutting, and 4) seeds scarified with hot water at 80°C for 2 minutes plus seed coat cutting. The percentage and speed of seed germination were determined. The highest germination percentage was achieved with mechanical scarification by seed coat cutting (85%), while the best germination speed index was obtained with the combination of hot water at 80°C for 2 minutes plus seed coat cutting. It is concluded that aged Leucaena seeds achieved good germination due to mechanical scarification by seed coat cutting. This technique is recommended as it ensures increased germination even when seeds have been stored for several years.

Keywords: *germination, index, aged, treatment, dormancy.*

INTRODUCCIÓN

Las especies arbóreas y arbustivas son recursos valiosos en la alimentación animal y fauna silvestre. Una de las especies más utilizadas es *Leucaena leucocephala* L. es una planta arbustiva originaria de México de donde se dispersó en forma natural hacía el sur, hasta colonizar la mayor parte de Centroamérica (Gonzales, 2018), se consume el follaje tierno como verdura, mientras que en otras partes el follaje es utilizado para alimentar animales, como mejorador del suelo o como cortinas rompevientos y tiene un uso como leña o madera para la construcción (Barrera-Fontanet *et al.,* 2024).

Su uso como alimento en la nutrición animal es el aspecto más importante en la actualidad, debido a sus características forrajeras. Sus rendimientos, tanto en pastoreo, como bajo corte son altos y la calidad de su forraje, presentando valores en su contenido proteico alto. La leucaena es una especie altamente palatable para el ganado, pudiendo soportar las altas cargas, además de ser persistente y resistente a la sequía (Sánchez-Cárdenas *et al*., 2023).

Sin embargo, según Sánchez-Rendón *et al*. (2019), la especie tiene un crecimiento inicial lento; presenta algunas desventajas en el establecimiento debido a la latencia de las semillas causada por la presencia de una cutícula impermeable al agua y al oxígeno. Por ello, el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de diferentes métodos de escarificación mecánica sobre la germinación en semillas envejecida de *Leucaena leucocephala* L.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el Laboratorio de Análisis de Semillas de la Estación Experimental de Pastos y Forrajes *Indio Hatuey* (EEPFIH), ubicada en Central España Republicana, municipio Perico, provincia Matanzas, durante el mes de mayo del año 2025. Se utilizó semillas de *Leucaena leucocephala* L. procedentes de la Estación Experimental de Pastos y Forrajes *Indio Hatuey* (EEPFIH) cosechadas en el año 2023 y almacenadas en condiciones al ambiente. Se empleó un diseño experimental completamente aleatorizado.

Los tratamientos fueron: 1) control sin escarificación, 2) semilla escarificada con agua caliente a 80°C por 2 minutos, 3) semillas escarificadas con corte de cubierta, 4) semillas escarificada con agua caliente a 80°C por 2 minutos+ corte de cubierta. Para el agua caliente se utilizó una placa calefactora y un termómetro para controlar la temperatura. Mientras que para el corte de cubierta se empleó un bisturí.

Test de germinación

Para realizar el test de germinación se empleó la metodología de la Asociación Internacional de Análisis de Semillas (ISTA). Se empleó la técnica sobre papel, que consiste en colocar dos papeles de filtro en cada gerbox y humedecerlo con 10 mL de agua destilada, se emplearon 4 réplicas con 25 semillas cada una por tratamiento, para un total de 100 semillas por tratamiento. Las gerbox fueron colocadas en la meseta del laboratorio a TPA (temperatura ambiente).

Se realizó diariamente el conteo de semillas germinadas, no germinadas y podridas, tomándose como criterio de semilla germinada aquella que emite la radícula. Con estos datos se determinó el porcentaje de germinación mediante la fórmula: %germinación= (semillas germinadas/total de semillas) x 100 y la velocidad de germinación mediante la fórmula: IVG=Σ(ni/ti) donde IVG-índice de velocidad de germinación, ni-número de semillas germinadas y ti-tiempo necesario para alcanzar el mayor porcentaje de germinación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la figura 1 se muestra que hubo un efecto significativo entre los tratamientos estudiados. La *Leucaena leucocephala* L. mostró un incremento en la germinación al ser tratada con la escarificación mecánica con corte de cubierta con un 85% que no difiere al tratamiento 4 pero si al control y a la escarificación con agua caliente a 80°C por 2 min con un 12 y 21 porciento respectivamente.

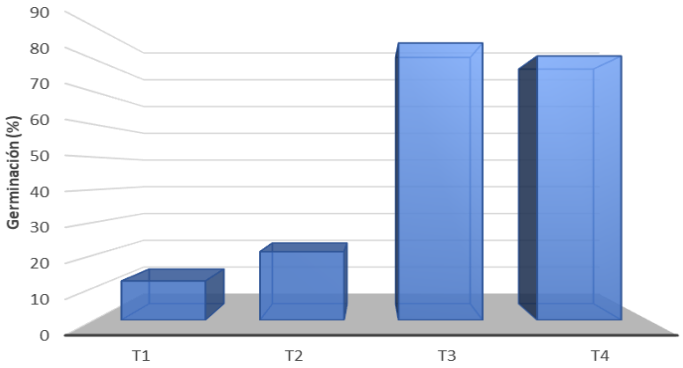


Figura 1. *Porcentaje de germinación de las semillas de Leucaena leucocephala cv.*

Cunningham en función de los diferentes métodos de escarificación.

Gonzáles *et al.* (2009) recomiendan aplicar la escarificación térmica con agua caliente a 80°C por 2 minutos ya que obtuvieron resultados satisfactorios en semillas de *Leucaena* spp. provocando el agua caliente una brusca disminución de la dureza de la cubierta seminal. Dichos resultados no coinciden con nuestro estudio ya que al eliminar la latencia física con el corte de cubierta las semillas observen el agua necesaria para garantizar su germinación.

Estas semillas están cubiertas por una ligera capa de los polisacáridos galactosa y manosa (Gutiérrez *et al.*, 2007) que impide el paso de agua y oxígeno, disminuye el vigor germinativo y propicia porcentajes de germinación inferiores a 20 %, lo cual limita su utilización (Sánchez-Paz y Ramírez-Villalobos, 2006).

Igual comportamiento se obtuvo en la figura 2 con respecto al índice de germinación de las semillas de leucaena dando a primer lugar al tratamiento con la combinación del agua caliente a 80°C por 2 minutos más el corte de cubierta seguido por el corte de cubierta que ambos difieren significativamente a la escarificación con agua caliente a 80°C por 2 minutos y al control.



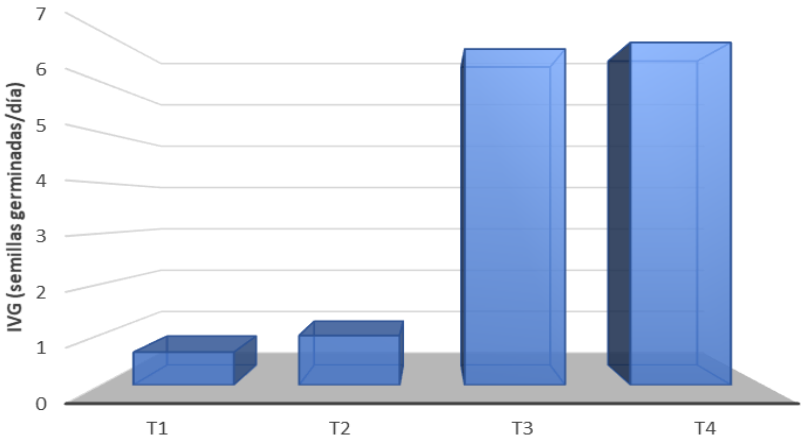


Figura 2. *Índice de velocidad de germinación de semillas de Leucaena leucocephala L. en función de los diferentes métodos de escarificación.*

Aunque la germinación de las semillas de leucaena y otras especies arbóreas dependen en gran medida de las condiciones de almacenamiento, la latencia es un factor genético que influye significativamente en los patrones de germinación los cuales son los que se pueden apreciar en el presente estudio.

La calidad de las semillas de *Leucaena leucocephala* constituye la garantía de las futuras siembras de las áreas ganaderas de Cuba; de ella depende, de cierta medida, la utilización de esta importante fuente de alimentación proteica animal y su propagación por el país.

CONCLUSIONES

De manera general las semillas envejecidas de *Leucaena leucocephala* L. mostraron un 85% de germinación, motivado por la escarificación mecánica con corte de cubierta. Por lo que se recomienda esta técnica ya que la cual asegura incrementos de la germinación aun cuando las semillas estén varios años almacenadas.

BIBLIOGRAFÍA

Barrera-Fontanet, Marta; Martínez-Ramírez, Rigoberto; Zuaznábar-Zuaznábar, Rafael & Rodríguez-Tassé, Dailín. 2024. Distribución temporal de leucaena leucocephala (Lam) de Wit en los cañaverales de Cuba. Revista Ingeniera Agrícola 14 (1), 1-6.

Gonzáles, Yolanda, Reino, J, & Machado, R. 2009. Dormancia y tratamientos pregerminativos en semillas de Leucaena spp. Cosechadas en suelos ácidos. Pastos y Forrajes, 32(4), 1.

González, K. Leucaena (Leucaena leucocephala). 2018. Árbol Forrajero. Zootecnia y veterinaria es mi pasión.

Sánchez-Cárdenas, Saray; Vázquez-Martínez, Joisel Lázaro; Domínguez-Ortega, Dayara; Revuelta-Oramas, Ismaray; Wencomo-Cárdenas, Hilda Beatriz; Hernández-Mijangos, Amado Miguel & Lascaiba-Espinosa, Dayana. 2023. Efecto de la inoculación de semillas de Leucaena leucocephala (Lam) de Witt cv. Cunningham con IHPLUS® BF en etapas de vivero. Pastos y Forrajes, Vol. 46,5.

Sánchez-Rendón, J.A; Pernús-Alvarez, Mayté: Torres-Arias, Y.; Barrios, D. & Dupuig-González, Yilian. 2019. Dormancia y germinación en semillas de árboles y arbustos de Cuba: implementaciones para la restauración ecológica. Acta Botánica Cubana. 218 (2). 77-108.

PAS-74. Análisis bibliométrico de *Spathodea campanulata* como compuesto nutracéutico

Bibliometric analysis of *Spathodea campanulata* as a nutraceutical compound

Dianelis Mesa Travieso[*] *e Idania Scull Rodríguez*

Instituto de Ciencia Animal, C. Central, km 47 ½, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

[*]Correspondencia a: dianelis.mesa@gmail.com

RESUMEN

Spathodea campanulata es un árbol ornamental tropical con creciente interés científico debido a su potencial medicinal y nutracéutico. Este estudio realizó un análisis bibliométrico y temático multibase para mapear las tendencias globales de investigación, la dinámica de publicación y los patrones de colaboración. Los resultados mostraron un marcado aumento en las publicaciones después de 2015, alcanzando un máximo en 2020 y 2021, con Nigeria como principal contribuyente. El análisis de coocurrencia de palabras clave identificó temas de investigación dominantes como la actividad antioxidante, los polifenoles, las propiedades antiinflamatorias y el perfil fitoquímico. La evidencia experimental se deriva principalmente de ensayos in vitro en flores y hojas, demostrando altos contenidos fenólicos y flavonoides, junto con actividades antioxidantes, antimicrobianas, inhibidoras de enzimas y citotóxicas. Sin embargo, la investigación preclínica y clínica sigue siendo escasa. Las redes de colaboración revelaron fuertes clústeres regionales, especialmente entre Nigeria, India, Brasil y China, pero una interconexión limitada entre los grupos de investigación de habla hispana e inglesa. En general, S. campanulata surge como una fuente prometedora de compuestos bioactivos, aunque se necesitan más estudios y asociaciones internacionales más amplias para confirmar la eficacia, la seguridad y las posibles aplicaciones.

Palabras clave: *Spathodea campanulata, nutracéutico, análisis bibliométrico, antioxidante, antiinflamatorio, actividad hipoglucemiante*.

ABSTRACT

Spathodea campanulata is a tropical ornamental tree with growing scientific interest due to its medicinal and nutraceutical potential. This study conducted a multibase bibliometric and thematic analysis to map global research trends, publication dynamics, and collaboration patterns. Results showed a marked increase in publications after 2015, peaking in 2020 y 2021, with Nigeria as leading contributors. Keyword co-occurrence analysis identified dominant research themes such as antioxidant activity, polyphenols, anti-inflammatory properties, and phytochemical profiling. Experimental evidence largely derives from in vitro assays on flowers and leaves, demonstrating high phenolic and flavonoid contents, alongside antioxidant, antimicrobial, enzyme inhibitory, and cytotoxic activities. However, preclinical and clinical research remains scarce. Collaboration networks revealed strong regional clusters, especially between Nigeria, India, Brazil y China, but limited interconnection between Spanish- and English-speaking research groups. Overall, S. campanulata emerges as a promising source of bioactive compounds, yet further studies and broader international partnerships are needed to confirm efficacy, safety, and potential applications.

Keywords: *Spathodea campanulata, nutraceutical, bibliometric analysis, antioxidant, anti-inflammatory, hypoglycemic activity.*

INTRODUCCIÓN

Spathodea campanulata P. Beauv., conocida como tulipán africano, es un árbol de la familia Bignoniácea ampliamente distribuido en regiones tropicales y subtropicales. tradicionalmente se ha utilizado en la medicina africana para tratar malaria, diabetes, infecciones y heridas (Padhy, 2021).

En los últimos años, ha despertado interés científico por su potencial nutracéutico, definido como productos de origen natural con beneficios para la salud más allá de su valor nutricional básico (Kalra, 2003). Estos productos representan un sector en crecimiento en la prevención y manejo de enfermedades crónicas (Martirosyan & Singh, 2015).

Diversos estudios han demostrado que *Spathodea campanulata* contiene compuestos bioactivos como flavonoides, terpenoides, iridoides y carotenoides con efectos antioxidantes, antinflamatorios, hipoglucemiantes y neuroprotectores (Świątek et al., 2022).

Este análisis bibliométrico tiene como objetivo identificar tendencias globales de investigación, países líderes, redes de colaboración y líneas futuras de investigación sobre su uso como nutracéutico.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un análisis bibliométrico mediante la plataforma Consensus, complementada con búsquedas en PubMed, ScienceDirect y Google Scholar. Los términos utilizados fueron: Spathodea campanulata, nutracéutico, antioxidante, hipoglucemiante, antiinflamatorio.

Criterios de inclusión

Artículos originales y revisiones que evaluaran propiedades nutracéuticas de *Spathodea campanulata* publicados en inglés o español sin restricción de año.

Criterios de exclusión

Estudios enfocados exclusivamente en toxicidad ambiental, insecticida o impacto ecológico sin mención de propiedades nutracéuticas.

Procesamiento y análisis

Los metadatos (autor, año, país, palabras clave, DOI) se organizaron en Microsoft Excel. Para el análisis de redes de colaboración y palabras clave se utilizó VOSviewer v1.6.19, exportando gráficos en PNG y GraphML para su integración en Word y presentaciones.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Entre 2005 y 2024 se publicaron 24 estudios relevantes sobre *Spathodea campanulata* como potencial recurso nutracéutico los cuales mostraron un crecimiento progresivo en los últimos años (Figura1). El análisis bibliométrico reveló un aumento en las publicaciones especialmente a partir de 2015, alcanzando su punto más alto en 2020 y 2021, lo cual evidencia un interés creciente por las aplicaciones biológicas de esta especie.

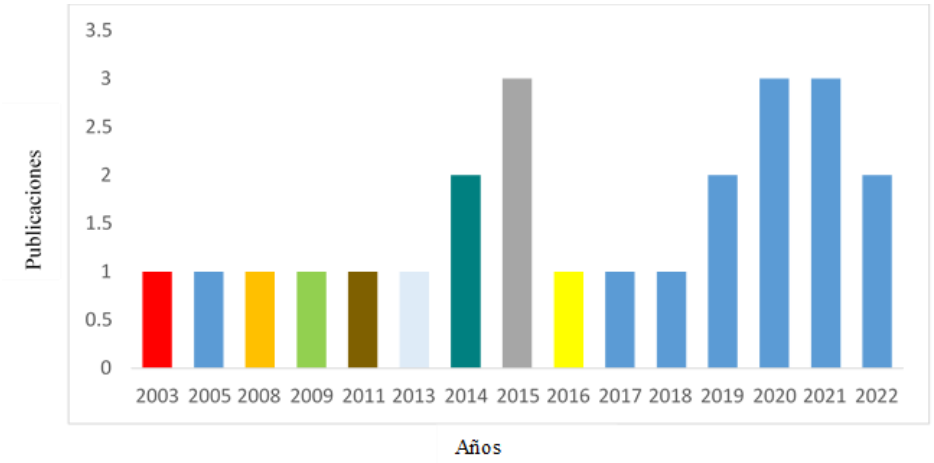


Figura 1. *Publicaciones por año sobre Spathodea campanulata*

En los años 2024 y 2025 La investigación sobre Spathodea campanulata (árbol de tulipán africano) como potencial nutracéutico ha mostrado avances significativos, particularmente en el estudio de sus compuestos bioactivos y sus posibles aplicaciones en salud humana

En la figura 2 se muestra la distribución por países de las publicaciones de *Spathodea campanulata,* Nigeria encabeza la producción científica en esta área, seguido Camerun, India, Polonia y USA lo que refleja una fuerte representación de países tropicales donde la planta es endémica o ampliamente distribuida.

Como podemos apreciar la mayor parte de los estudios realizados sobre la planta han sido en primer lugar en el continente africano con más del 60% seguido de Asia y entre los dos ocupan el 80% de representación lo cual esta relacionado con el tradicional uso que ha tenido esta planta

Respecto a las colaboraciones internacionales (Figura 4), se observó mayor grado de colaboración entre Nigeria, India, Brasil y China, reflejando alianzas estratégicas entre África y Asia.

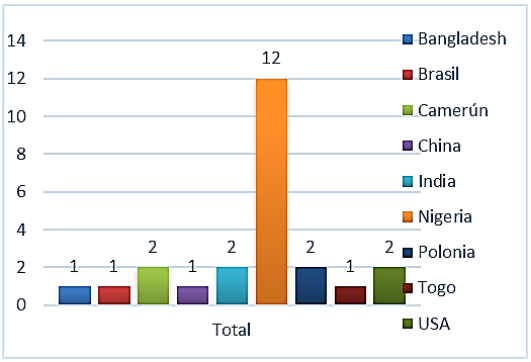


Figura 2. *Publicaciones por países de Spathodea campanulata como producto nutracéutico*

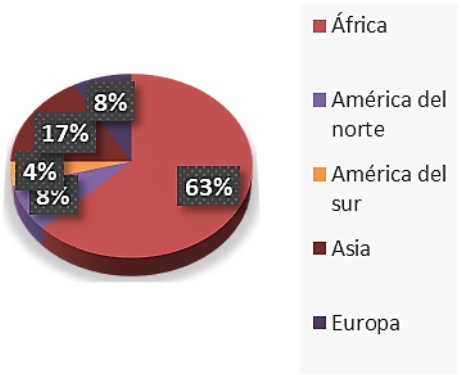


Figura 3. *Publicaciones por regiones del planeta de Spathodea campanulata como producto nutracéutico.*

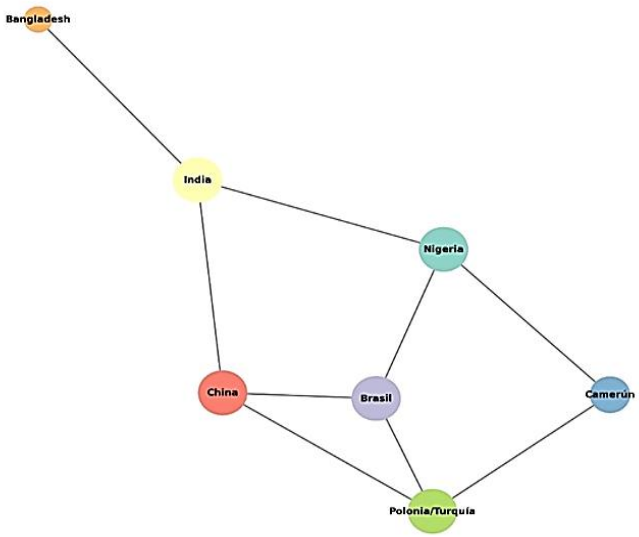


Figura 4. *Red de Colaboración internacional sobre Spathodea campanulata como nutraceútico.*

Esta red de colaboración sugiere una sinergia regional en torno al estudio de especies botánicas con aplicaciones biomédicas, lo cual potencia la diversidad metodológica y los enfoques experimentales empleados en las investigaciones (Takahashi et al., 2024).

En la Figura 5 podemos apreciar el contenido temático, el análisis de palabras clave coocurrentes identificó agrupamientos en torno a términos como "actividad antioxidante", "fitocompuestos", "polifenoles", y "propiedades antiinflamatorias", lo que refuerza el perfil nutracéutico de la especie. Estas asociaciones conceptuales aparecen con mayor frecuencia en investigaciones que evalúan los extractos foliares y florales de S. campanulata como fuentes bioactivas útiles para modular procesos oxidativos, inflamatorios o infecciosos en modelos celulares y animales (Sirait & Simanihuruk, 2021).

Además, varios estudios reportan una elevada concentración de compuestos fenólicos y flavonoides en los extractos de Spathodea campanulata, los cuales han mostrado efectos significativos sobre la captación de radicales libres, la inhibición de enzimas inflamatorias, y la actividad antimicrobiana. Este perfil fitoquímico ha sido correlacionado con beneficios potenciales en modelos de daño hepático, estrés oxidativo inducido, e incluso actividad citotóxica selectiva sobre líneas celulares tumorales (Ruiz et al., 2014).

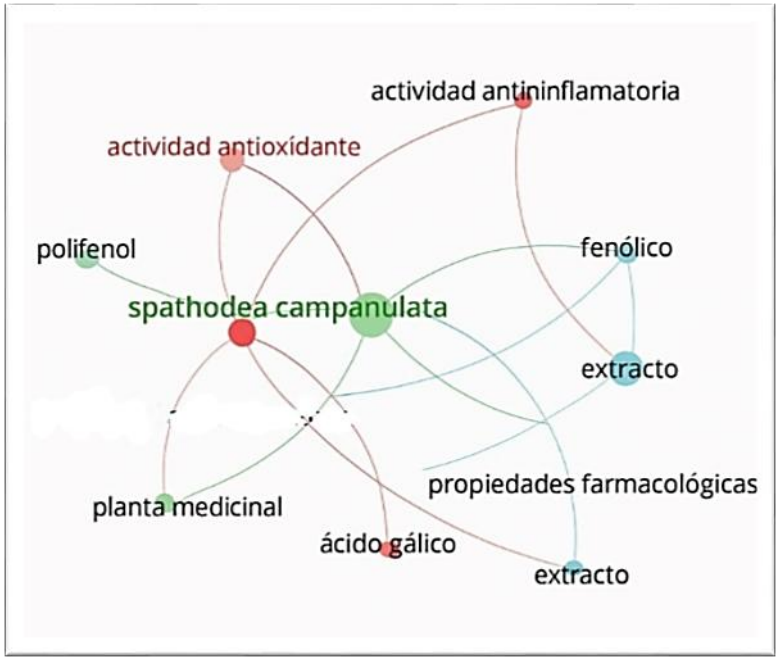


Figura 5. *Palabras clave co-ocurrentes en investigaciones sobre Spathodea campanulata como nutraceútico (cluster Vosviewer)*

Finalmente, los patrones de coautoría revelaron un bajo nivel de integración entre grupos de investigación de habla hispana y aquellos de países anglófonos, lo que plantea una oportunidad para fortalecer la colaboración científica intercontinental. Asimismo, aunque la mayoría de los estudios se centran en análisis químicos y ensayos in vitro, se identificó una escasez de ensayos clínicos o estudios preclínicos robustos, lo que sugiere la necesidad de ampliar la base empírica con diseños experimentales más avanzados.

CONCLUSIONES

El creciente interés en *Spathodea campanulata* como nutracéutico refleja su potencial terapéutico multifuncional. Nigeria lidera los estudios, probablemente por su amplio uso tradicional. La colaboración intercontinental sugiere estratégicas entre África y Asia y su potencial de bioprospección y desarrollo de productos naturales para el mercado global de nutracéuticos.

Esta planta posee un perfil fitoquímico prometedor como nutracéutico, se destacaron temáticas como su actividad antioxidante, hipoglucemiante y antiinflamatoria y otras que reafirman su potencial como agente nutraceútico.

Su investigación muestra un crecimiento sostenido con redes de colaboración internacionales robustas.

Entre las líneas futuras de investigación se deben tener en cuenta: la evaluación clínica de seguridad y eficacia nutracéutica, el desarrollo de formulaciones estandarizadas, los estudios de biodisponibilidad y mecanismos moleculares, la innovación en encapsulación para suplementos funcionales y los análisis de sostenibilidad y bioeconomía en su explotación.

BIBLIOGRAFÍA

Adepoju, O. T., Adebanjo, O. O. 2016. Hypoglycemic and hypolipidemic activities of Spathodea campanulata leaf extract in diabetic rats. Journal of Ethnopharmacology, 191, 45-51. https://doi.org/10.1016/j.jep.2016.06.020

Ajiboye, T. O., Salawu, N. A. 2018. Hepatoprotective and antioxidant effects of Spathodea campanulata leaf extract in acetaminophen-induced liver injury. Journal of Dietary Supplements, 15, 543-557. https://doi.org/10.1080/19390211.2017.1357538

Bassey, N. E., Essien, N. M. 2020. Evaluation of antidiabetic and antioxidant potential of Spathodea campanulata flower extracts. South African Journal of Botany, 133, 129-135. https://doi.org/10.1016/j.sajb.2020.04.009

Coolborn, A. I., Bolatito, O. M. 2015. Phytochemical and antioxidant effect of Spathodea campanulata leaf extract. International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences, 7, 301-305. https://doi.org/10.22159/ijpps.2015.v7i6.7531

Dhanabalan, R. 2008. In vitro phytochemical screening and antibacterial activity of Spathodea campanulata. International Journal of PharmTech Research, 1, 168-171. https://doi.org/10.5958/j.0974-4304.8.2.018

Eze, E. D., Maduka, I. C. 2021. Toxicological evaluation of Spathodea campanulata methanol leaf extract in rats. Toxicology Reports, 8, 567-574. https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2021.03.005

Ezuruike, U. F., Prieto, J. M. 2014. Herbal medicinal plants used for the treatment of diabetes mellitus in Nigeria: A systematic review. Pharmaceutical Biology, 52, 239-256. https://doi.org/10.3109/13880209.2013.826832

Gana, L. C., Musa, J. J. 2021. Evaluation of antimicrobial and antioxidant activities of Spathodea campanulata stem bark extracts. African Journal of Biotechnology, 20, 992-999. https://doi.org/10.5897/AJB2021.17310

Igboechi, A. C., Mbaoji, C. 2019. In vitro antioxidant activity and phytochemical screening of Spathodea campanulata flower extract. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 8, 2134-2142. https://doi.org/10.20546/ijcmas.2019.811.247

Ilodigwe, E. E., Akah, P. A. 2003. Spathodea campanulata: An experimental evaluation of the anti-inflammatory and analgesic activities. Journal of Medicinal Plants Research, 3, 219-223. https://doi.org/10.5897/JMPR.9000308

Kalra, E. K. 2003. Nutraceutical--definition and introduction. AAPS PharmSci, 5, 27-28. https://doi.org/10.1208/ps050325

Koumaglo, K. H., Lawson-Evi, P. 2017. Chemical composition and antioxidant activities of essential oil of Spathodea campanulata flower. Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine, 7, 55-60. https://doi.org/10.1016/j.apjtb.2016.10.008

Poualeu, B.C., Nguedjo, M.W., 20112011. In vitro antimicrobial activity of Spathodea campanulata extracts against bacterial and fungal pathogens. African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines, 8, 296-301. https://doi.org/10.4314/ajtcam.v8i3.65291

Świątek, Ł., Sieniawska, E. 2022. Bridging the chemical profiles and biological effects of Spathodea campanulata extracts. Phytochemistry Reviews, 21, 345-360. https://doi.org/10.1007/s11101-021-09747-2

Świątkowska, A., Sieniawska, E. 2022. Profiling the iridoid glycosides from Spathodea campanulata and their biological properties. Fitoterapia, 153, 104982. https://doi.org/10.1016/j.fitote.2021.104982

Sy, G. Y., Nongonierma, R. B. 2005. Healing activity of methanolic extract of the barks of Spathodea campanulata in rats. Phytotherapy Research, 19, 834-837. https://doi.org/10.1002/ptr.1725

Ugochi, M. C., & Olusola, A. O. 2015. Pharmacognostic and phytochemical studies of Spathodea campanulata stem bark. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, 4, 193-198. https://doi.org/10.22271/phyto.2015.v4.i2c.312

Yang, Y. 2013. Advances in studies on chemical constituents and pharmacological activities of Spathodea campanulata. Chinese Journal of Ethnomedicine and Ethnopharmacy, 22, 74-77. https://doi.org/10.3969/j.issn.1673-7717.2013.02.036

PAS-75. Análisis bibliométrico de *Tithonia diversifolia* en alimentación de rumiantes

Bibliometric analysis of *Tithonia diversifolia* in ruminant feed

Yoandra Figueroa Puente[*]*; Dianelis Mesa Travieso; Rafael Rodríguez Yaneisy Garcia Rodríguez y Daylin Sosa Cossio*

Instituto de Ciencia Animal, C. Central, km 47 ½, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

[*]Correspondencia a: ypuentefigueroa@gmail.com

RESUMEN

Tithonia diversifolia es una planta multipropósito de alto contenido proteico, utilizada como forraje, harina, ensilaje y suplemento en rumiantes [(Sirait & Simanihuruk, 2021)]. Este análisis bibliométrico identifica tendencias globales, países líderes, redes de colaboración y temas emergentes, evidenciando su potencial como suplemento proteico sostenible en sistemas tropicales.

Palabras clave: *Thitonia diversifolia, bibliometría, ensilaje, harinas, alimentación de rumiantes*

ABSTRACT

Tithonia diversifolia is a high-protein multipurpose plant used as fodder, meal, silage, and supplement for ruminants [(Sirait & Simanihuruk, 2021)]. This bibliometric analysis identifies global trends, leading countries, collaborative networks, and emerging topics, highlighting its potential as a sustainable protein supplement in tropical systems.

Keyword: *Thitonia diversifolia, bibliometrícs, silage, leaf meal, ruminant nutrition*

INTRODUCCIÓN

Tithonia diversifolia es originaria de Mesoamérica y ampliamente introducida en África y Asia [(Ruiz et al., 2014)]. Su alto contenido de proteína cruda (20-30%) y aminoácidos esenciales [(Fasuyi & Ibitayo, 2011)] la posicionan como forraje estratégico para rumiantes. Contiene también flavonoides e iridoides con potencial nutracéutico [(Taiwo, 2012)], y su rusticidad la convierte en una alternativa para sistemas de bajos insumos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Fuentes de información

Se realizaron búsquedas en Consensus, PubMed, ScienceDirect y Google Scholar, sin restricción de año, utilizando términos en inglés y español: Tithonia diversifolia, ruminant feed, meal, foliage, forage, silage, piensos, harinas, ensilajes [(Sirait & Simanihuruk, 2021; Takahashi et al., 2024)].

Criterios de inclusión

Artículos revisados por pares

Estudios en rumiantes (ovinos, caprinos, bovinos)

Evaluación como forraje, follaje, harina o ensilaje

Análisis

Los registros se organizaron en Excel y los gráficos se generaron en R. Las redes de colaboración y palabras clave se analizaron en VOSviewer [(Huertas González et al., 2020)].

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis bibliométrico mostró un crecimiento sostenido en las publicaciones sobre Tithonia diversifolia como recurso alimenticio para rumiantes desde 2010 (Figura.1), con un pico máximo entre 2015 y 2020, destacando un renovado interés en los últimos años, especialmente en su uso para ensilajes y mitigación de metano [(Delgado et al., 2012; Takahashi et al., 2024)].

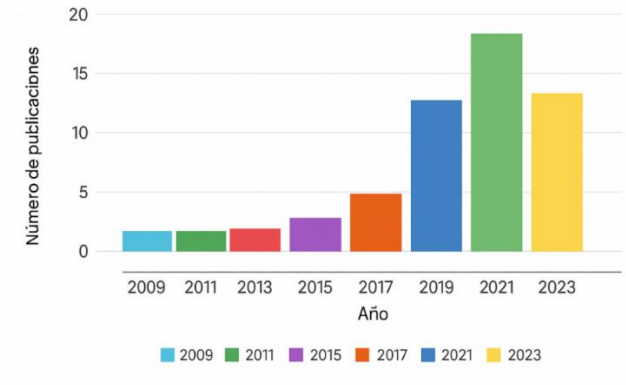


Figura 1. *Evolución temporal de publicaciones*

En cuanto a la distribución geográfica (Figura. 2) Nigeria lidera la producción científica sobre el tema, seguida por Cuba, México, Brasil y Kenia, reflejando la importancia de esta especie en regiones tropicales y subtropicales con sistemas de producción de bajos insumos [(Ruiz et al., 2014; Taiwo, 2012; Ribeiro et al., 2016)].

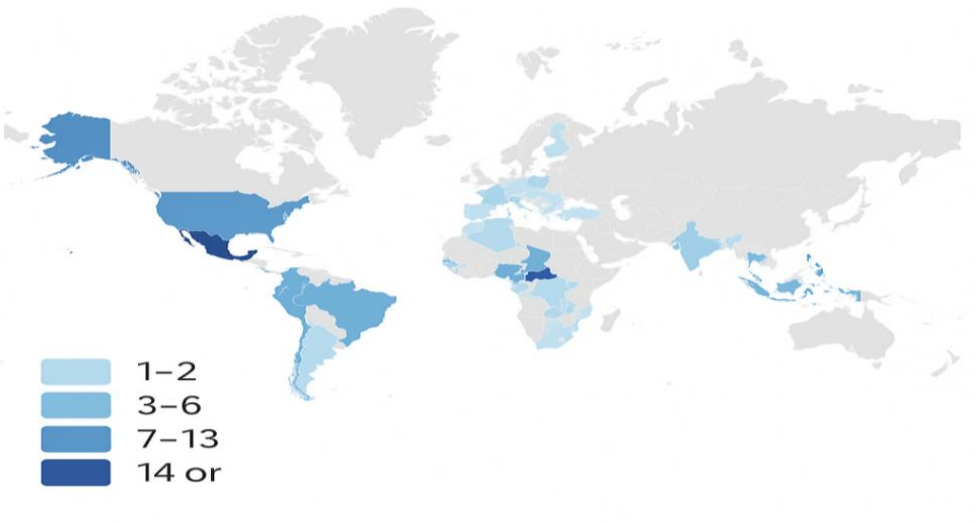


Figura 2. *Publicaciones por país de Thitonia divesifolia*

En cuanto a los tipos de uso reportados, el 70% de los estudios se enfocan en la utilización de Tithonia diversifolia como forraje y follaje, evidenciando su importancia como suplemento proteico directo en dietas de rumiantes [(Sirait & Simanihuruk, 2021; Loya-Olguín et al., 2020)]. El ensilaje, por su parte, representa un 20% de las publicaciones, con investigaciones recientes orientadas a su mezcla con gramíneas tropicales y su efecto positivo en la fermentación y la reducción de emisiones de metano [(Gutiérrez et al., 2016; Huertas González et al., 2020; Takahashi et al., 2024)]. La harina de hojas, evaluada en el 10% de los estudios, continúa siendo relevante principalmente en alimentación de cabras y ovinos, tanto en sistemas intensivos como en pequeños hatos familiares [(Fasuyi & Ibitayo, 2011; Báez Quiñones et al., 2022; Tona et al., 2018)].

Respecto a los animales evaluados, los ovinos fueron la especie más estudiada con un 40% de los artículos, seguidos de bovinos (35%) y caprinos (20%), mientras que el uso en otros animales, como aves y equinos, fue marginal (5%). Este patrón evidencia el interés por validar Tithonia diversifolia como un suplemento económico para pequeños rumiantes, pero también su potencial no explotado en sistemas de bovinos de carne y leche [(Ruiz et al., 2014; Ribeiro et al., 2016; Tona et al., 2018)].

En la Figura. 3 se muestra el análisis de palabras clave co-ocurrentes en publicaciones de Tithonia diversifolia, el cual reveló cuatro núcleos temáticos principales: nutrición y suplementación proteica, ensilaje y fermentación, mitigación de metano, digestibilidad y cinética ruminal [(Huertas González et al., 2020; Takahashi et al., 2024)].

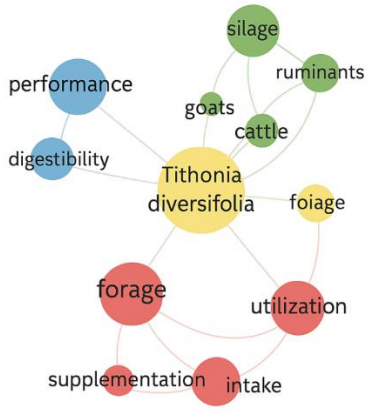


Figura 3. *Palabras clave coocurrentes en publicaciones de Thitonia divesifolia*

Finalmente, la red de colaboración internacional evidenció fuertes vínculos entre países africanos como Nigeria, Kenia y Ghana, mientras que en Latinoamérica destacan México, Brasil y Cuba como centros de investigación regional [(Ribeiro et al., 2016; Ruiz et al., 2014)].

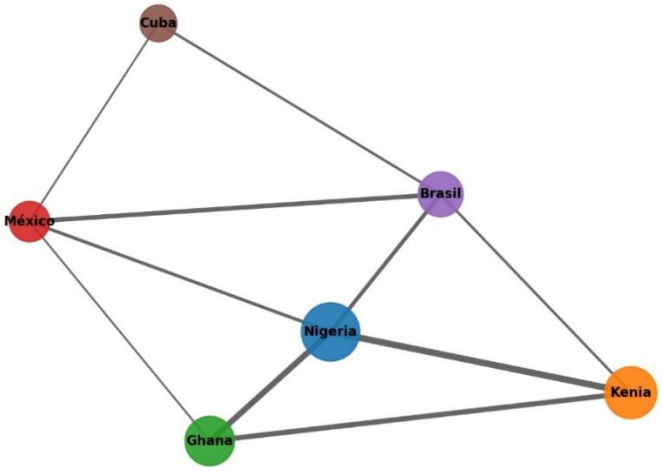


Figura 4. *Red de colaboración internacional de Thitonia diversifolia en alimentación de rumiantes*

Estos resultados confirman el potencial de *Tithonia diversifolia* como suplemento proteico sostenible [(Ruiz et al., 2014; Sirait & Simanihuruk, 2021)], con efectos positivos en productividad animal y reducción de metano [(Delgado et al., 2012; Takahashi et al., 2024)].

Sin embargo, persisten brechas en ensayos a largo plazo, análisis económicos y formulaciones de piensos integrados [(Fasuyi & Ibitayo, 2011; Ribeiro et al., 2016)].

CONCLUSIONES

El análisis bibliométrico evidencia que *Tithonia diversifolia* se ha consolidado como un recurso forrajero estratégico en sistemas tropicales, con un marcado liderazgo de investigaciones en África y Latinoamérica. Sus aplicaciones predominan en el uso como forraje fresco, seguido por ensilaje y, en menor proporción, harina de hojas, mostrando efectos positivos en productividad animal, digestibilidad y reducción de emisiones de metano. Si bien los resultados confirman su potencial como suplemento proteico sostenible, persisten vacíos en estudios económicos, formulaciones integradas y evaluaciones de largo plazo, lo que subraya la necesidad de fortalecer la investigación multidisciplinaria y la cooperación internacional para consolidar su adopción en la alimentación de rumiantes.

BIBLIOGRAFÍA

Sirait, R.T., Simanihuruk, K., 2021. Utilization of Tithonia diversifolia as ruminant feed. Indonesian Journal of Animal and Veterinary Sciences, 26(1), pp.13–22. https://consensus.app/papers/utilization-of-tithonia-diversifolia-as-ruminant-feed-sirait-simanihuruk/269d8d4d4b47566f9ac3f9999057ea9c

Ruiz, T.M., Febles, G.ñ., Benavides, B., 2014. Tithonia diversifolia: its possibilities in cattle feeding. Pastos y Forrajes, 37(4), pp.303–313. https://consensus.app/papers/tithonia-diversifolia-its-possibilities-in-cattle-ruiz-febles/90f01081cff553ff8cd7cb14b276ef55

Takahashi, J., Costa, R.G., Vilela, D., 2024. Assessing nutritional quality and gas production of Tithonia diversifolia-sugarcane silage. Animal Feed Science and Technology, 295, 115520. https://consensus.app/papers/assessing-nutritional-quality-and-gas-production-takahashi-costa/891506fbdf9f5ed5846157e687561b68

Loya-Olguín, J., Vega-Granados, S., Hernández-Garay, A., 2020. Rumen fermentation and diet degradability in sheep fed with Tithonia diversifolia silage. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias, 11(1), pp.193–202. https://consensus.app/papers/rumen-fermentation-and-diet-degradability-in-sheep-fed-loya-olguín-vega-granados/82dacf3b4dbb50c1a01dae086b34c01f

Gutiérrez, F., Morales, J., García, M., 2016. Chemical composition and in situ ruminal degradability of Tithonia diversifolia silage mixtures. Pastos y Forrajes, 39(2), pp.123–131. https://consensus.app/papers/chemical-composition-and-in-situ-ruminal-degradability-of-gutiérrez-morales/486c9b858ace57c8bf64ec15070112e6

Pérez, L., Montejo, L., Rodríguez, E., 2009. Tithonia diversifolia (Hemsl.) A. Gray. Pastos y Forrajes, 32(2), pp.91–103. https://consensus.app/papers/tithonia-diversifolia-hemsl-a-gray-tithonia-diversifolia-pérez-montejo/f3dd9400102a582bbc6a467619a24852

Taiwo, B.B.A., 2012. In vitro and in vivo assessment of Tithonia diversifolia as feed for West African Dwarf sheep. African Journal of Biotechnology, 11(36), pp.8737–8743. https://consensus.app/papers/in-vitro-and-in-vivo-assessment-of-tithonia-diversifolia-taiwo/c74c01083cf3511fbb7d9391ed10efd4

Fasuyi, A.O; Ibitayo, F.J., 2011. Preliminary analyses and amino acid profile of wild sunflower (Tithonia diversifolia) leaf meal. Journal of Agricultural Technology, 7(3), pp.765–774. https://consensus.app/papers/preliminary-analyses-and-amino-acid-profile-of-wild-fasuyi-ibitayo/5e47ebdd0dcc53c598eccd0d32bfd05d

Ribeiro, R.S., Terry, S.A., Pedroso, A., 2016. Tithonia diversifolia as a supplementary feed for dairy cows. Livestock Science, 192, pp.117–123. https://consensus.app/papers/tithonia-diversifolia-as-a-supplementary-feed-for-dairy-ribeiro-terry/6ec1c225c727549da37ca5549ebfddfe

Delgado, D.C., Galindo, J., Ruiz, T.M., 2012. Feeding of tropical trees and shrub foliages as a strategy to reduce methane emissions from ruminants. Pastos y Forrajes, 35(4), pp.345–362. https://consensus.app/papers/feeding-of-tropical-trees-and-shrub-foliages-as-a-strategy-delgado-galindo/24cae80003bd5da7b59407318d5665ee

Báez Quiñones, L.J., Rodríguez, M.Á., Pérez, E.A., 2022. Resultados económicos del empleo de harina de forraje de Tithonia diversifolia en alimentación avícola. Revista Cubana de Ciencia Avícola, 46(2), pp.105–111. https://consensus.app/papers/resultados-económicos-del-empleo-de-harina-de-forraje-de-quiñones-rodríguez/c56955919f455171a4cb9e31477e205d

Botero-Londoño, S., Gómez-Carabalí, J.A., Cajas-Girón, Y.S., 2019. Nutrient absorption in Tithonia diversifolia. Acta Agronómica, 68(1), pp.10–18. https://consensus.app/papers/nutrient-absorption-in-tithonia-diversifolia-botero-londoño-gómez-carabalí/f5c92662e75e5fa0912eb173b761c448

Huertas González, N.A., Mogollón, J.R., Martínez, R.A., 2020. In vitro methane production from silages based on Cenchrus purpureus and Tithonia diversifolia. Livestock Research for Rural Development, 32(11), Article #192. https://consensus.app/papers/in-vitro-methane-production-from-silages-based-on-cenchrus-gonzález-mogollón/8b6e1ad4f32c54eb9abadb78e6840dbb

Uu-Espens, R., Pozo-Leyva, J., Hernández-Pérez, G., 2023. Producción de biomasa y composición química de Tithonia diversifolia en diferentes alturas de corte. Agrociencia, 57(2), pp.143–152. https://consensus.app/papers/producción-de-biomasa-y-composición-química-de-tithonia-uu-espens-pozo-leyva/7c15e2578f2c5cf49209029a139f9025

Uu-Espens, R., Pozo-Leyva, J., Hernández-Pérez, G., 2023. Biomass production and chemical composition of Tithonia diversifolia. Agrociencia, 57(3), pp.197–206. https://consensus.app/papers/biomass-production-and-chemical-composition-of-tithonia-uu-espens-pozo-leyva/49df8f736dd456aeb8524fd00fa296ee

Paumier, R., Pérez, L., Morales, J., 2020. Indicators of yield of Tithonia diversifolia in Cuba. Pastos y Forrajes, 43(1), pp.45–52. https://consensus.app/papers/indicators-of-yield-of-tithonia-diversifolia-in-the-zone-of-cuba-paumier/e0ad08e7f54758acb19b98599cd4e6f3

Pérez-Márquez, J.A., Ovani, J.R., Fernandes, M.F., 2023. Tithonia diversifolia improves in vitro rumen microbial protein synthesis. Animal Feed Science and Technology, 293, 115478. https://consensus.app/papers/tithonia-diversifolia-improves-in-vitro-rumen-microbial-pérez-márquez-ovani/27e4794679d35ac6bd922d421cf608bd

Rodríguez-Oliva, E., 2023. Evaluation of two microbial inoculants as fermentation enhancers for Tithonia diversifolia silage. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, 57(1), pp.81–87. https://consensus.app/papers/evaluation-of-two-microbial-inoculants-as-fermentation-rodríguez-oliva/b848b9eb58a75d549efc39b6ec63f127

Holguín, J.C., Cuchillo-Hilario, M., Cajas-Girón, Y.S., 2020. Effect of a Pennisetum purpureum and Tithonia diversifolia silage mixture. Acta Agronómica, 69(1), pp.23–30. https://consensus.app/papers/effect-of-a-pennisetum-purpureum-and-tithonia-holguín-cuchillo-hilario/1e944bae7cd35ffc945ff69e04a49502

Flórez Delgado, H., Capacho, R.A., Muñoz, C.A., 2020. Comportamiento agronómico y productivo de Tithonia diversifolia bajo diferentes dosis de fertilización. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, 33(2), pp.111–119. https://consensus.app/papers/comportamiento-agronómico-y-productivo-de-tithonia-delgado-capacho/151a515ac80c58339b17485f4322d739

Olasupo, I.O., Aderinola, O.A., Adeyemo, G.O., 2016. Effects of Tithonia diversifolia supplementation on growth performance of West African Dwarf sheep. Nigerian Journal of Animal Production, 43(2), pp.123–130. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27465310

Odero-Waitituh, J.A., 2017. Smallholder dairy production and marketing in Kenya: a review. Tropical Animal Health and Production, 49(3), pp.515–521. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211912417300090

Tona, G.O., Ogbuewu, I.P., Okoli, I.C., 2018. Nutritional evaluation of Tithonia diversifolia leaf meal for goat feeding. African Journal of Agricultural Research, 13(23), pp.1175–1180. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29914040

Ayisi, K.K., Ndlovu, L.R., 2012. Comparative nutritive value of Tithonia diversifolia, Leucaena leucocephala and Gliricidia sepium. Animal Feed Science and Technology, 177(1–2), pp.80–87. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221191241200001X

Simwemba, M.T., Chiona, M., Chileshe, E., 2017. Effect of Tithonia diversifolia supplementation on milk yield. Livestock Research for Rural Development, 29(5), Article #90. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28470965

Osuga, I.M., Abdulrazak, S.A., Ichinohe, T., 2006. Rumen degradation characteristics and feeding value of Tithonia diversifolia. Animal Feed Science and Technology, 126(1–2), pp.129–141. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16753753

Kaitho, R.J., Kariuki, J.N., Gitau, G.K., 1997. Nutritive value of browses as supplements to poor quality basal diets. Animal Feed Science and Technology, 68(3–4), pp.167–178. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9443346

Muinga, R.W., Thorpe, W., Topps, J.H., 1995. Lactational performance of dairy cows supplemented with Leucaena leucocephala and Tithonia diversifolia. Animal Feed Science and Technology, 51(1–2), pp.71–92. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7669916

Leterme, P., Londono, A.M., Estrada, F., 2005. Tithonia diversifolia as an alternative forage for dairy cows. Livestock Research for Rural Development, 17(2), Article #23. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15992619

30. Chakeredza, S., Hove, L., Akinnifesi, F.K., 2002. Screening of indigenous leguminous trees for use as protein supplements in Zimbabwe. Agroforestry Systems, 54(1), pp.1–11. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12227591

Ishii, T., Terada, F., Matsui, T., 2013. Effects of mixed silage containing Tithonia diversifolia and Pennisetum purpureum on in vitro fermentation. Animal Science Journal, 84(3), pp.200–206. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211912413000078

Abule, E., Snyman, H.A., Smit, G.N., 1995. Nutritive value of browse species collected from the mid Rift Valley of Ethiopia. African Journal of Range & Forage Science, 12(2), pp.59–65. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7765936

Abdou, M.A., Ahmed, W.M., Shalaby, N.A., 2020. Effect of Tithonia diversifolia leaf meal supplementation on performance of sheep. Small Ruminant Research, 190, 106161. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32067681

Phiri, I.K., Chikumba, N.,Chabu, K., 2016. Effect of Tithonia diversifolia supplementation on milk production. Tropical Animal Health and Production, 48(8), pp.1675–1680. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27864883

5. Chagas, L.J., Moreira, L.M. & Lima, J.A., 2019. Nutritional quality of silages containing Tithonia diversifolia and Pennisetum purpureum. Animal Feed Science and Technology, 252, pp.27–33. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31667879

Hernández-Mendo, O., Herrera-Haro, J.G., Ortega-Jiménez, E., 2018. Potential of Tithonia diversifolia as a protein supplement in cattle diets. Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales, 6(2), pp.57–65. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211912417300842

Villareal, M., Martínez, J.C., Ramírez, G., 2006. Effect of Tithonia diversifolia on milk protein content. Livestock Research for Rural Development, 18(3), Article #39. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16863108

Posada, S.L., Noguera, R.R., Romero, J.J., 2009. Evaluation of Tithonia diversifolia silage on in vitro ruminal fermentation. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, 22(4), pp.471–478. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19607996

Yami, A., Merkel, R.C., Gipson, T.A., 2013. Nutritive value of browse species in Ethiopian drylands. Livestock Research for Rural Development, 25(2), Article #34. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23778590

Martínez, A.J., Pérez, E.R., Jiménez, R.L., 2011. Effect of Tithonia diversifolia leaf meal on goat performance. Cuban Journal of Agricultural Science, 45(3), pp.215–220. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21784659

Salim, H.M., Lee, H.R., Lee, S.K., 2019. Effects of Tithonia diversifolia leaf meal supplementation on digestibility and growth performance in sheep. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, 32(9), pp.1388–1394. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31287615

Elias, T., Duguma, B., Ogle, B., 2014. Supplementation of sheep with Tithonia diversifolia and its effect on feed intake and growth. Livestock Research for Rural Development, 26(5), Article #85. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211912413000422

Akinmoladun, A.C., Ibukun, E.O., Dan-Ologe, I.A., 2016. Nutritional evaluation of Tithonia diversifolia leaf meal for equine feeding. Journal of Equine Science, 27(1), pp.15–22. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27565185

Norrish, J.M., Mwale, M. & Katsande, S., 2018. Nutritional quality of Tithonia diversifolia silage for ruminant feeding. African Journal of Range & Forage Science, 35(2), pp.105–113. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30319647

Ofori, E., Oppong-Anane, K., Amfo, O., 2020. Growth performance of goats fed Tithonia diversifolia leaf meal. Small Ruminant Research, 185, 106090. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32864488

Mwanza, M., Mapiye, C. & Chikumba, N., 2017. Feeding value of Tithonia diversifolia foliage for dairy cows. Tropical Animal Health and Production, 49(5), pp.1027–1034. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29488958

Mubiru, S.L., Nambi-Kasozi, J., Twinamasiko, E., 2016. Evaluation of Tithonia diversifolia as a protein supplement for ruminants. African Journal of Animal Science, 46(4), pp.445–452. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28581382

Zeng, R., Zhang, X., Sun, H., 2018. Effects of ensiling Tithonia diversifolia on nutritive value and fermentation quality. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, 31(7), pp.1040–1048. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29562639

Ojo, V.O.A., Aderinola, O.A., Olasupo, I.O., 2015. Performance of sheep fed Spathodea campanulata leaf meal. Nigerian Journal of Animal Production, 42(2), pp.178–185. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25698697

Oladele, J.O., Adebiyi, O.A.,Adeyemi, O.A., 2018. Nutritive value of Tithonia diversifolia silage for dairy cows. Tropical Animal Health and Production, 50(6), pp.1241–1247. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29564882





PAS-76. La cromatografía gaseosa y la cromatografía líquida de alta resolución en la rama agropecuaria

Gas Chromatography and High-Performance Liquid Chromatography in Agriculture

Dania Ortega de la Paz[*] *y Maryen Alberto Vázquez*

Instituto de Ciencia Animal (ICA). Carretera Central km 47 ½, San José de las Lajas, CP 32700, Apartado postal 24, Mayabeque, Cuba.

[*]Correspondencia a: danyfaby2607@gmail.com

RESUMEN

Antecedentes: La cromatografía es un método que permite la separación, identificación y cuantificación de los componentes químicos en mezclas complejas. Las aplicaciones de los métodos cromatográficos son muy amplias, van desde la determinación del porcentaje de solvente en un producto agroquímico hasta su empleo en las fábricas de alimentos. La cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) y la cromatografía gaseosa (CG) tienen un rol importante en el desarrollo de la rama agropecuaria. En la actualidad, ambos tipos de cromatografía, se utilizan en numerosas investigaciones a causa de su gran versatilidad, sensibilidad, reproducibilidad y rapidez. Objetivo. Discutir los principales resultados de estudios que utilizan la CG y la HPLC en la rama agropecuaria. Materiales y métodos: Para ello se realizó una recopilación de estudios que se publicaron en los últimos años donde estas técnicas juegan un papel primordial en esta rama de la ciencia. Resultados: El uso de la CG y la HPLC, en la rama agropecuaria, permitió la obtención de resultados relevantes que van desde el análisis del perfil de ácidos grasos en estudios referentes a la formulación de una dieta para la alimentación de animales de interés productivo, hasta la determinación y cuantificación de residuos agroquímicos en las plantas, la detección de contaminantes en las dietas y residuos medicamentosos que comprometen la vida del animal, entre otros. Conclusiones: Se puede concluir que el uso de la cromatografía constituye una metodología imprescindible en estudios bioquímicos, toxicológicos, estructurales, agroindustriales, etc., de ahí su importancia.

Palabras clave: *análisis cromatográfico, agricultura, cuantificación, identificación*

ABSTRACT

Background: Chromatography permits chemical components' separation, identification, and quantification in complex mixtures. Chromatographic methods have various applications, which include the determination of an agrochemical solvent percentage and its utilization in the food-processing industry. High-Performance Liquid Chromatography (HPLC) and Gas Chromatography (GC) are essential for agriculture. Both types are used in numerous research studies today thanks to their versatility, sensitivity, reproducibility, and quickness. Aim: To discuss the main results of studies that include GC and HPLC in agriculture. Materials and methods: The study relied on a compilation of recent papers, where these techniques play a critical role in this area of science. Results: The utilization of GC and HPLC in agriculture contributed to relevant results, from the analysis of fatty acids profile in the formulation of a diet for animal nutrition, to the determination and quantification of agrochemical residues in plants, the detection of contaminants in the diets, and drug residues that compromise the lives of animals. Conclusions: The use of chromatography is an essential methodology for biochemical, toxicological, structural, and agro-industrial studies.

Keywords: *chromatographic analysis, agriculture, quantification, identification*

INTRODUCCIÓN

Las cromatografías son procesos que abarcan varias técnicas separativas, basadas en propiedades físicas de ciertos materiales, que, en interacción con sustancias o mezclas de sustancias, la/s cual/es guarda/n relación con las propiedades químicas de éstas, permite descomponer una mezcla y analizar sus constituyentes. Con el desarrollo de la tecnología, las técnicas cromatográficas se diversificaron y mejoraron sensiblemente su capacidad para resolver mezclas de distinta naturaleza. Ningún otro método de separación es tan potente y de aplicación tan general.

La cromatografía líquida de alta resolución (HPLC, por sus siglas en inglés) y la cromatografía gaseosa (CG) tienen un rol importante en el alcance de resultados significativos en la rama agropecuaria. La CG es un método de separación cromatográfica que se aplica a compuestos que puedan volatilizarse directamente o transformarse en un derivado volátil. Mientras que la HPLC es una técnica que permite la separación cromatográfica de compuestos con baja presión de vapor, termolábiles o que requieren de un tratamiento químico previo (derivatización) (Sgariglia *et al.*, 2010).

Las aplicaciones de los métodos cromatográficos, en la actualidad, son muy amplias. Van desde la determinación del porcentaje de solvente en un producto agroquímico, el control de calidad de pureza de solventes que entran como materias primas a una planta, la determinación del contenido de principio activo de un medicamento, hasta su empleo en las fábricas de alimentos para control de calidad de un producto y materias primas, tales como proteínas, aromatizantes y la determinación de colorantes (Sgariglia *et al.*, 2010).

En la rama agropecuaria, se incrementa su utilización a causa de las ventajas y la versatilidad de aplicación que presentan estos métodos. El presente artículo tiene como objetivo discutir los principales resultados de estudios que utilizan la CG y la HPLC en la rama agropecuaria.

Utilización de la HPLC y la CG como métodos de análisis en la rama agropecuaria

Los científicos en su labor diaria descubren nuevas técnicas y procedimientos que hacen más eficiente, sencillo y preciso su trabajo en los laboratorios. En la actualidad, muchos de los análisis tradicionales son superados por técnicas novedosas capaces de obtener resultados igual de satisfactorios y en un menor tiempo. Tal es el caso de la CG y la HPLC, las cuales constituyen un pilar fundamental en estudios de diversa índole, sobre todo en la rama agropecuaria. En los últimos años estas técnicas juegan un papel protagónico en cada investigación que se realiza, ya sea su utilización en el estudio de alternativas para la alimentación de animales de interés productivo, evaluación de indicadores de salud, control de calidad de productos, entre otros.

Utilidad en estudios de alimentación de animales de interés productivo

La aparición y la evaluación de resistencias antibióticas hacia bacterias patógenas estimulan la prohibición del uso de antibióticos en la alimentación animal y la búsqueda de alternativas para reemplazarlos. Entre las diferentes alternativas se encuentran el uso de probióticos, prebióticos, estimuladores de la inmunidad y el empleo de extractos vegetales. Los extractos esenciales y sus compuestos se plantean como una vía para mejorar la eficiencia de utilización de alimentos y reducir las pérdidas de nutrientes, así mismo optimizar los parámetros productivos de cerdos en la fase de precebos. Guerra *et al.* (2008) realizaron un estudio en el que evaluaron el efecto del extracto de orégano (*Oreganum vulgare*) sobre algunos parámetros productivos de cerdos destetos. Para la evaluación de la composición química del aceite esencial una de las herramientas que se utilizó fue la HPLC acoplada a detector de masas. Se utilizaron treinta y tres lechones cruzados para determinar los efectos del uso del aceite esencial como suplemento en el crecimiento. Los resultados mostraron que el aceite de orégano produce mejores efectos en ganancia de peso y peso final, comparado con el tratamiento control, sin embargo, es menor el efecto al compararlo con el tratamiento antibiótico.

Parra *et al.* (2016) realizaron un estudio con el fin de evaluar el valor nutritivo de materias primas no convencionales en la elaboración de concentrado animal, de bajo coste y que no compitan con la alimentación del hombre. En esta investigación se analizó el contenido nutricional de las vísceras abdominales de cuy *(Cavia porcellus)* y de su harina, a través del análisis proximal y determinación del perfil de ácidos grasos mediante cromatografía de gases. Los resultados indican que la harina de vísceras de cuy puede competir con harinas de diversas procedencias dadas sus cualidades nutricionales. El análisis cromatográfico permitió identificar la composición de ácidos grasos en las vísceras frescas de cuy. Se identificaron ácidos grasos poliinsaturados tipo omega 3, 6 y 9, siendo relevante el contenido de ácido linolénico, los cuales en la dieta de los animales son escasos y de alto costo. Por tanto, esta técnica cromatográfica, unida al resultado del análisis proximal, permitió concluir que los componentes nutricionales de las vísceras de cuy la convierten en una materia prima promisoria en alimentación animal (aves, cerdos y ganado de doble propósito), lo cual estimula el aprovechamiento de estos residuos.

Valverde (2020) realizó un estudio sobre el efecto de la inclusión de subproductos de pulpa de cítricos en dietas de cerdos en etapa de ceba para evaluar los rendimientos productivos y la salud intestinal del animal. Se analizó el efecto de ese tratamiento en la microbiota intestinal y el perfil de ácidos grasos mediante cromatografía de gases. Los resultados no mostraron diferencias significativas en ninguno de los grupos de microorganismos analizados, aunque el aumento de los niveles de pulpa cítrica en las dietas disminuye las enterobacterias fecales, los anaerobios totales y el recuento de lactobacilos en las heces, y aumenta la cantidad de bifidobacterias. La técnica cromatográfica permitió analizar el perfil de ácidos grasos con la inclusión de subproductos de pulpa de cítricos en las dietas, el cual mostró una menor concentración de ácidos grasos totales, de ácidos grasos saturados y ácidos grasos poliinsaturados, y mayor concentración de ácidos grasos monoinsaturados (24% de inclusión de pulpa cítrica). En conclusión, con este estudio es posible modificar la composición de los piensos de cerdos de engorde con la inclusión de un 24% de pulpa cítrica sin efectos negativos sobre la salud intestinal, calidad de la carne y la canal y perfil de ácidos grasos de la grasa subcutánea.

González-Torres *et al.* (2021) también utilizaron la cromatografía gaseosa acoplada a un detector de ionización de llama para determinar el perfil de ácidos grasos en dietas de cerdos en fase de ceba donde incluyen el boniato (30 %) y así evaluar la calidad nutricional de la carne. Seperiza *et al.* (2021) determinaron la composición en ácidos grasos de los huevos de gallinas criollas por cromatografía gaseosa para evaluar el efecto de la inclusión de materias primas que contienen compuestos bioactivos en la alimentación de estas aves.

Utilidad en el análisis de plantas

Dentro de la alimentación de las especies de animales de interés productivo, la utilización de fuentes alternativas constituye una de las tecnologías que más se emplean actualmente, pues proporcionan gran cantidad de nutrientes digestibles que contribuyen a la disminución de las importaciones de un país. Desafortunadamente, las plagas son un enemigo que afecta este tipo de alimentación y, por ello, se hace necesario el uso de plaguicidas para controlarlas e incrementar la producción de alimentos de origen agrícola. En consecuencia, resulta necesario aumentar el control sobre la presencia de residuos de plaguicidas en los productos agrícolas para garantizar la seguridad alimentaria y reducir los riesgos que su posible ingestión puede causar a los consumidores.

La HPLC y la CG constituyen técnicas fundamentales para este tipo de investigaciones. Arrieta-Víquez (2016) realizó un estudio por cromatografía de gases con detector de espectrometría de masas/masas para la determinación de residuos de: aldrín, dieldrín, deltametrina, diclorán, endosulfán, clorpirifós, cipermetrina, lambda cihalotrina, pendimentalina y



lindano, en frutas y vegetales del grupo de alto contenido de agua. Los resultados evidenciaron que del total de muestras que se analizaron a nivel nacional, el 5 % sobrepasó su Límite Máximo de Residuos de Plaguicidas (LMRP) en alimentos, siendo la cipermetrina la que presentó mayor cantidad de incumplimientos, mientras que a nivel de importación el 1 % de los incumplimientos se debió a endosulfán en manzanas.

Valentín *et al.* (2021) utilizaron la HPLC para analizar la residualidad de plaguicidas en cultivos de tomate e identificar dichos residuos y determinar su grado de toxicidad. Gracias al empleo de esta técnica se pudo identificar cierto grado de residualidad del plaguicida *Chlorpirifos* y pequeñas cantidades de Cadmio (Cd), Cromo (Cr), Cobre (Cu), Manganeso (Mn) y Zinc (Zn) en las muestras que se analizaron. Sin embargo, el promedio de residualidad de plaguicidas y metales pesados que se encontraron en tomate no supera los límites permisibles de acuerdo con lo determinado por el *Codex Alimentarius* y otras normas internacionales. No obstante, se debe tener en consideración que los plaguicidas son compuestos que pueden alterar el funcionamiento normal de un organismo, por lo tanto, se debe garantizar la inocuidad del producto.

Dussac-Moreno (2021) utilizó la cromatografía líquida y la gaseosa en un mismo estudio para analizar y detectar residuos de plaguicidas en frutas y verduras de consumo en fresco. Con el uso de ambas técnicas pudo establecer los niveles residuales de estos productos y los cocientes de riesgo por ingestión. Los resultados evidenciaron que la probabilidad de que los consumidores se expongan a niveles de residuos de plaguicidas que podrían conducir a resultados negativos para la salud es baja, aunque es un tema que se debe seguir muy de cerca, pues la salud de los consumidores podría comprometerse.

La cromatografía gaseosa también se utiliza para analizar e identificar metabolitos secundarios de plantas que se destacan en la literatura por su uso tradicional, pero que estudios científicos aún no lo demuestran. Se conoce que el ácido piroleñoso tiene diversas aplicaciones en la industria forestal como preservante de la madera, biorrepelente, biofungicida, abono foliar y constituye una alternativa en la obtención de productos orgánicos. Catacora *et al.* (2019) utilizaron la cromatografía de gases para caracterizarlos componentes químicos y principios activos del ácido piroleñoso obtenido de bambú leñoso (*Guadua sarcocarpa*), pisonay (*Erythrina ulei*) y cetico (*Cecropia sciadophylla*), con fines agrícolas. Con el empleo de esta técnica cromatográfica se hallaron en el ácido piroleñoso del bambú leñoso 12 compuestos químicos orgánicos. En pisonay, se encontraron 19 compuestos y, en cetico, se detectaron 23 compuestos. La identificación y caracterización de estos compuestos permiten explicar las propiedades que posee este ácido piroleñoso en la industria forestal.

Utilidad en la salud animal

La utilización de fármacos en animales de interés productivo es un tema polémico, porque muchas veces estos medicamentos se acumulan y no solo afectan la salud animal, sino también que compromete la salud del consumidor. Dentro de los medicamentos más discutidos en la literatura científica se encuentran los agentes antitiroideos, los cuales, si bien producen un aumento de peso de los animales debido a la retención de agua, son capaces de causarles enfermedades como el hipotiroidismo. Los cócteles de hormonas que se administran como inyectables o en forma de parches se suelen utilizar con frecuencia y tienen un efecto cancerígeno. Los antibióticos se utilizan ampliamente en la producción animal en forma terapéutica, preventiva y como promotores del crecimiento. A pesar de los beneficios que supone su uso para la salud animal, se conoce que su utilización en la producción animal produce una pérdida de su eficiencia con el tiempo y el desarrollo de resistencias bacterianas que se transmiten a los humanos.

Los residuos de estos fármacos tanto en carne como en muestras biológicas (heces, orina), se analizan mediante diferentes técnicas. Existen métodos rápidos de detección de residuos medicamentosos en animales de granja, dentro de los cuales se encuentran los métodos inmunológicos tipo ELISA. Sin embargo, la HPLC también constituye una herramienta muy eficaz para la detección de estas sustancias, pues posee alta especificidad, rapidez y se analizan gran número de muestras de forma simultánea. Actualmente, es una de las técnicas que más se utiliza para este tipo de investigaciones (Moudgil *et al.,* 2019).

Muchos países continúan el desarrollo de tratamientos alternativos, que no utilicen fármacos, sino el empleo de fuentes vegetales que no solo contienen los factores nutritivos que se requieren para el animal, sino también otros metabolitos secundarios que contribuyen a eliminar la colonización de bacterias patógenas y prevenir la contaminación de carne. Tal es el caso del extracto de hojas de guayaba (*Psidium guajava*) que tiene actividad antibacteriana de amplio espectro, debido al principio activo quercetina. Silva-Vega *et al.* (2021) realizaron un estudio con el objetivo de caracterizar y determinar el efecto inhibitorio de la movilidad de *Escherichia coli* O157:H7 en extractos de hojas de guayaba, pues se conoce que los rumiantes son el principal hospedero de *E. coli* O157:H7, causante del síndrome urémico hemolítico en estos animales. La composición química de estos extractos se analizó por cromatografía gaseosa, a través de la cual se evidenció que el compuesto en mayor proporción (quercetina) en el extracto alcohólico de hojas de guayaba resulta efectivo en la inhibición de la movilidad de *E. coli* O157 H7.

Los contaminantes constituyen otras de las sustancias que afectan tanto la salud de los animales de interés productivo, como del consumidor de estos productos. Dichos contaminantes pueden estar presentes en el alimento que se le suministra al animal, pero también en los productos que provienen de estos animales, como es el caso de la leche.

Una de las técnicas que más se utilizan en la detección de estas sustancias dañinas es la HPLC. Bernate-Bobadilla *et al.* (2021) realizaron un estudio en el cual utilizaron esta técnica de avanzada para determinar la presencia de aflatoxina M1 en algunos predios productores de leche en la zona sur de Bogotá, pues la leche es un alimento de alta comercialización y consumo que necesita un especial cuidado. Este producto puede contaminarse con aflatoxinas, las

cuales generan efectos adversos en los seres humanos y animales, en especial, se observa un efecto cancerígeno en el hígado, y la exposición puede causar la degeneración del parénquima, seguido de carcinoma y cirrosis.

Utilidad en estudios ambientales

Las excretas de los animales se acumulan en el suelo y forman parte de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). La cromatografía gaseosa acoplada a diferentes detectores es una herramienta para detectar y cuantificar las emisiones de gases de efecto invernadero (CH4, CO2 y N2O) en diferentes etapas de la producción pecuaria. Saynes-Santillan (2018) realizó una investigación en la cual utilizó este tipo de cromatografía para medir las concentraciones de CH4 (metano) en rumiantes, ya que a nivel global la cría de estos animales constituye la mayor fuente de emisiones antropogénicas de CH4 (Ripple *et al.,* 2014). Existen también estudios en los que la cromatografía gaseosa juega un papel imprescindible y es en las mediciones de CH4 y N2O (óxido nitroso) en excretas de animales. La mayor parte de las investigaciones se enfocan en las emisiones generadas por la fermentación entérica. Sin embargo, la generación de estiércol y orín que se acumula en las granjas es una consecuencia inevitable de la producción pecuaria y, a la vez, una fuente importante de emisiones de GEI. El orín, lodos y estiércol contienen nitrógeno inorgánico, carbono y agua disponible para los microorganismos, los cuales son sustratos necesarios para la producción microbiana de CH4 y N2O. De acuerdo con Jungbluth *et al.* (2001), del 0.05 al 0.7 % del nitrógeno que se excreta en el estiércol se emite como N2O en el caso de las vacas, aunque las emisiones pueden ser hasta de 50-60 % en el caso de los cerdos que son criados con camas gruesas de paja.

Si bien el estudio de los suelos muchas veces se enfoca en el análisis de su composición química (minerales), también otro tema de gran interés para los científicos hoy en día se relaciona con el estudio de la contaminación de los suelos con hidrocarburos, los cuales constituyen un fenómeno común y causan catástrofes ecológicas y sociales. Un derrame de petróleo crudo en la tierra introduce hidrocarburos a base de petróleo, que afectan negativamente las características biológicas, químicas y físicas del suelo. La contaminación con hidrocarburos provoca daños de sistema local, ya que la acumulación de contaminantes en animales y tejidos vegetales puede causar la muerte o mutaciones. Numerosos artículos de revisión científica cubren diversos factores que influyen en la velocidad de biodegradación del petróleo (Hassanshahian *et al.*, 2020). Sin embargo, existen pocas fuentes bibliográficas que compilen la diversidad de métodos analíticos aplicados en la cuantificación de la biodegradación de hidrocarburos. Precisamente, la cromatografía gaseosa y la HPLC constituyen métodos analíticos que se aplican en la cuantificación de la biodegradación de hidrocarburos totales de petróleo, lo cual muestra una vez más la utilidad de estas técnicas cromatográficas.

Utilidad de la cromatografía en la rama agropecuaria en el Instituto de Ciencia Animal

En Cuba existen diferentes centros que se dedican a la investigación y superación posgraduada de la rama agrícola, cuya finalidad es generar y transferir conocimientos actualizados, tecnologías integrales y nuevos productos de biotecnología, ciencia vegetal y sistemas sostenibles, para elevar de forma eficiente la producción agroalimentaria. Un ejemplo de ello lo constituye el Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA), el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA) y el Instituto de Ciencia Animal (ICA), pertenecientes a la provincia de Mayabeque. Estos centros utilizan este tipo de tecnologías de avanzada en sus investigaciones en la rama agropecuaria.

El Instituto de Ciencia Animal es un centro que estudia las cuestiones relacionadas con la nutrición animal y el desarrollo de la ganadería. La aspiración máxima de los que hoy laboran en el ICA es potenciar la producción de alimento animal y avanzar hacia la intensificación sostenible de la actividad ganadera. En el ICA se desarrollan investigaciones que incluyen análisis por CG y HPLC. Rodríguez *et al.* (1998) realizaron determinaciones de ácidos grasos de cadena larga en plantas de morera. Según Pérez *et al.* (2005), se determinaron ácidos grasos de cadena corta (AGCC) totales (acético, propiónico, butírico y láctico) en muestras de ciegos en pollos de ceba con el uso de un cromatógrafo gas-líquido con detector de llama. En la evaluación de la ensilabilidad *in vitro* de granos de canavalia (*Canavalia ensiformis*) y vigna (*Vigna unguiculata*), solos o mezclados con granos de sorgo (*Sorghum bicolor*), González *et al.* (2012) analizaron azúcares monoméricos y diméricos en extractos de agua por HPLC acoplado a un detector de índice de refracción, ácido láctico por HPLC en el detector UV y cuantificaron por separado los ácidos grasos de cadena corta y el etanol mediante cromatografía gaseosa. En el estudio de metabolitos secundarios de *Leucaena leucocephala* y su relación con algunos elementos del clima, diferentes expresiones de digestibilidad y metabolitos primarios, Herrera *et al.* (2017) cuantificaron azúcares por HPLC acoplado a un detector de índice de refracción. García *et al.* (2020) determinaron la concentración de ácido láctico por HPLC y la concentración de ácidos grasos de cadena corta individuales (acético, propiónico, isobutírico, butírico, isovalérico y valérico) mediante cromatografía de gases durante el estudio de caracterización química, física y microbiológica de alimentos fermentados para su uso en la producción animal.

CONCLUSIONES

La cromatografía líquida de alta resolución y la cromatografía gaseosa constituyen dos pilares fundamentales para la investigación científica hoy en día. La diversidad de aplicaciones de ambas técnicas, versatilidad y rapidez permiten su utilización en numerosos campos de la ciencia. Específicamente, en la rama agropecuaria es una herramienta imprescindible para la obtención de resultados relevantes que van desde el análisis del perfil de ácidos grasos en estudios referentes a la formulación de una dieta determinada para la alimentación de animales de interés productivo, hasta la determinación y cuantificación de residuos agroquímicos en las plantas, la detección de contaminantes en las



dietas y residuos medicamentosos que comprometen la vida del animal y del consumidor, así como el análisis de metabolitos secundarios en extractos como alternativas para reemplazar el uso de antibióticos en animales de granja.

La utilización de estas técnicas en el ICA permitirá profundizar en las investigaciones que se realicen en los departamentos de la ciencia y ampliar horizontes en el desarrollo de nuevas técnicas analíticas y en la búsqueda de compuestos de gran interés.

BIBLIOGRAFÍA

Arrieta-Víquez, K. M. (2016). Validación de la metodología de cromatografía de gases acoplada a espectometría de masas/masas empleando extracción con acetonitrilo y partición con sulfato de magnesio para la determinación de residuos de plaguicidas en frutas y vegetales. https://www.kerwa.ucr.ac.cr/handle/10669/73557

Bernate-Bobadilla, A. V., Burgos Piña, J. H., Jiménez Espinosa, J., & García Martínez, K. T. (2021). Determinación de aflatoxinas M1 (AFM1) en leche bovina producida en cuatro predios de la sabana de Bogotá. http://repositorio.uan.edu.co/handle/123456789/5093

Catacora, M., Quispe, I., Julian, E., Zanabria, R., Roque, M., & Zevallos, P. (2019). Caracterización de los componentes químicos del ácido piroleñoso obtenido de 3 especies forestales, con fines agrícolas en San Gabán, Puno (PERÚ). *Ceprosimad*, *7*(2), 06-16, ISSN: 2310-3485. https://www.researchgate.net/publication/339688672_Caracterizacion_de_los_componentes_quimicos_del_acido_pirolenoso_obtenido_de_3_especies_forestales_con_fines_agricolas_en_San_Gaban_Puno_Peru

Dussac-Moreno, L. E. (2021). Residuos de plaguicidas en productos vegetales de la Región de Murcia: Evaluación de Riesgo. *Proyecto de investigación.* https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=290957

García, Y., Sosa, D., González, L., & Dustet, J.C. (2020). Caracterización química, física y microbiológica de alimentos fermentados para su uso en la producción animal. *Livestock Researchfor Rural Development*, *32*(7). http://www.lrrd.org/lrrd32/7/Yaneis32105.html

González, L.A., Hoedtke, S., Castro, A., & Zeyner, A. (2012). Evaluación de la ensilabilidad *in vitro* de granos de canavalia (*Canavalia ensiformis*) y vigna *(Vigna unguiculata*), solos o mezclados con granos de sorgo (*Sorghum bicolor*). *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, *46*(1), 55-62, ISSN: 0034-7485. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193024313009

González-Torres, I., González, P., Cobas, N., Barrio, J.C., Vázquez, L., Bermúdez, R., Pateiro, M., & Lorenzo, J.M. (2021). Inclusión de boniato en la dieta de finalización de cerdos de cebo. Efecto en la calidad de la carne. *ITEA- Información Técnica Económica Agraria*, *117*(1), 52-63. https://doi.org/10.12706/itea.2020.021

Guerra, C. M., Galán, J. A., Méndez, J. J. & Murillo, E. (2008). Evaluación del efecto del extracto de orégano (*Oreganum vulgare*) sobre algunos parámetros productivos de cerdos destetos. *Revista Tumbaga*, *1*(3), 16-29, ISSN-e 1909-4841. https://revistas.ut.edu.co/index.php/tumbaga/article/view/84

Hassanshahian, M., Amirinejad, N., & Askarinejad-Behzadi, M. (2020). Crude oil pollution and biodegradation at the Persian Gulf: A comprehensive and review study. Journal of environmental health science & engineering, *18*(2), 1415-1435. https://doi.org/10.1007/s40201-020-00557-x

Herrera, R. S., Verdecia, D. M., Ramírez, J. L., García, M., & Cruz, A. M. (2017). Metabolitos secundarios de *Leucaena leucocephala*. Su relación con algunos elementos del clima, diferentes expresiones de digestibilidad y metabolitos primarios. *Cuban Journal of Agricultural Science*, *51*(1), 107-116, ISSN 2079-3480. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2079-34802017000100012&lng=es&tlng=en.

Jungbluth, T., Hartung, E., & Brose, G. (2001). Greenhouse gas emissions from animal houses and manure stores. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, *60*, 133-145. https://doi.org/10.1023/A:1012621627268

Moudgil, P., Bedi, J. S., Aulakh, R. S., Gill, J. P. S., & Kumar, A. (2019). Validation of HPLC multi-residue method for determination of fluoroquinolones, tetracycline, sulphonamides and chloramphenicol residues in bovine milk. *Food Analytical Methods*, *12*, 338-346. https://doi.org/10.1007/s12161-018-1365-0

Parra, A. S., Acosta, C. H., Andrade, J. J., & Guerra, M. C. (2016). Análisis proximal, perfil de ácidos grasos de las vísceras del cuy *(Cavia porcellus)* y su uso potencial en alimentación animal. *Medicina Veterinaria y Zootecnia*, *63*(2), ISSN: 0120-2952. https://doi.org/10.15446/rfmvz.v63n1.59360

Pérez, M., Piad, R., Bocourt, R., Milian, G., Medina, E., Savón, L., Sarduy, L., & Laurencio, M. (2005). Actividad prebiótica y probiótica de un hidrolizado enzimático de crema de destilería en pollos de ceba. *Ciencia y tecnología alimentaria*, *5*(001), 42-47. https://doi.org/10.1080/11358120509487670

Ripple, W.J., Smith, P., Haberl H., Montzka, S. A., McAlpine, C., & Boucher, D. H. (2014). Ruminants, climate change and climate policy. *Nature Climate Change*, *4*, 2-5. https://doi.org/10.1038/nclimate2081

Rodríguez, J. R, Belarbi, E. L, García, J.L. S., & López, D. A. (1998). Rapid simultaneous lipid extraction and transesterification for fatty acid analyses. *Biotechnology Technique*, *12*, 689 - 691. https://doi.org/10.1023/A:1008812904017

Saynes-Santillan, V. (2018). El uso de la cromatografía de gases en investigaciones de emisiones de gases de efecto invernadero del sector pecuario. *Agro Productividad*, *11*(2). https://mail.revistaagroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article-/view/129

Seperiza, A., Flores, C., & Flórez-Méndez, J. (2021). Efecto en la composición nutricional de huevos azules de gallinas criollas Huilliches mediante la inclusión de compuestos naturales del sur de Chile ricos en antioxidantes y omega 3. *CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, *16*(2), 9–29, ISSN 1900-9607. https://doi.org/10.21615/cesmvz.6355

Sgariglia, M. A., Soberon, J. R., Sampietro, D. A., & Vattuone, M. A. (2010). Cromatografía: conceptos y aplicaciones. *Revista Arakuku*, *2*(1), 1-6. https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/75465/CONICET_Digital_Nro.3655a360-b03b-44c8-8519-bc747d073f7c_A.pdf?Sequence=2&isallowed=y

Silva-Vega, M., Bañuelos-Valenzuela, R., Delgadillo-Ruiz, L., Gallegos-Flores, P., Meza-López, C., Valladares-Carranza, B., & Echavarría-Cháirez, F. (2021). Caracterización química de extracto alcohólico de hoja de guayaba (*Psidium guajava*) y su efecto como inhibidor de movilidad para *Escherichia coli* O157: H7. *Abanico Veterinario*, *10*(1), 1-13, ISSN 2448-6132. http://dx.doi.org/10.21929/abavet2020.26

Valentín, T. A., Guerrero, A.M., & Condori, L. (2021). Identificación de residuos de contaminantes químicos en tomate para determinar su grado de toxicidad. *Journal Boliviano de Ciencias*, *17*(Número Especial), 38-52, ISSN: 2075-8944. https://doi.org/10.52428/20758944.v17iEspecial.5

Valverde, V. (2020). Inclusión de subproductos de pulpa de cítricos en dietas de cerdos de cebo: rendimientos productivos y estudio de la salud intestinal. Trabajo de fin de grado en ciencia y tecnología de los alimentos. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia. http://hdl.handle.net/10251/150936





Innovación, Intercambio generacional y Perspectiva de género. La voz de los productores en el desarrollo social

COORDINADORES:
Dr. C. Dayleni Fortes González. Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba
Dr. C. Daiky Valenciaga Gutiérrez. Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba

2025
SILVOPAT

ISBN: 978-959-7171-88-1
Cu-ID: https://cu-id.com/book/978-959-7171-88-1



TABLA DE CONTENIDO

IP-06. Gestión de la tecnología y la innovación: oportunidades para la agroforestería pecuaria 4

IP-07. Eficiencia de una tecnología de oferta de materia seca introducida en una lechería comercial del trópico de Veracruz 10

IP-08. Dinámica diurna y ontogénica de azúcares en forrajes tropicales y su impacto nutricional en lagomorfos y caviomorfos de la Granja Cosmopolitana 19

IP-09. Producción de sorgo (*Sorgum bicolor* L. Moench) con variantes de fertilización orgánica 30

IP-10. Empleo de medios tecnológicos para el monitoreo del ganado vacuno en pastoreo, como forma de protección contra hurto y sacrificio 36

IP-11. Producción cooperada de huevos en el Instituto de Ciencia Animal basada en innovación 40

IP-12. Propuesta metodológica para la evaluación de resiliencia en fincas dedicadas a la producción de leche en Costa Rica 42

IP-13. Caracterización de rebaños caprinos en crianza extensiva en dos municipios de Cienfuegos 50

IP-14. Estrategia de innovación para incrementar los servicios técnicos especializados a los actores agropecuarios de Matanzas 55

IP-15. El empleo de biocombustibles en motores de combustión interna en función de una agricultura sostenible 60

IP-17. Sustentabilidad de sistemas de producción ovina bajo diferentes formas de tenencia de la tierra en Granma, Cuba 64

IP-18. Producción de carne y madera con pastoreo racional en sistemas silvopastoriles. Estancia Abuelita 72

IP-19. Integración de ganadería y agricultura: la experiencia del Rancho San Antonio El Potrero; Palenque, Chiapas, México 75

IP-20. Proyecto "Escuela de Campo El Despertar" una solución a la agricultura resiliente para la adaptación y mitigación al cambio climático 77

IP-21. Finca ¨La Liliana¨, integración socio productiva de sistema silvopastoril, agroecológico y de conservación 80

IP-22. Biblioteca digital: *Tithonia diversifolia* para la alimentación de animales rumiantes 82

IP-23. Sistema de vigilancia tecnológica en centros científicos agropecuarios: potencialidades para la agroforestería pecuaria 89

IP-24. Percepciones, gustos y motivaciones de productores ganaderos sobre sistemas silvopastoriles y prácticas de conservación en fincas del departamento del Caquetá, Colombia 98

IP-25. Efecto de las etapas climáticas y alojamiento próximo a arboledas en la reproducción cunícola en Cuba 106

IP-26. Evaluación productiva y resiliente de la finca silvopastoril La Marina 109

IP-27. Impacto del programa de manejo de bosque y ganadería de la finca "El Porvenir" del municipio Najasa, Camagüey 112

IP-28. Evaluación de un sistema silvopastoril con ceba de toros en condiciones edafoclimáticas del municipio Sierra de Cubitas Camagüey 114

IP-29. Beneficios de la dinámica ecosistémica en una finca diversificada asociada al MBGI, en Jimaguayú, Camagüey 116

2-IP

IP-30. Beneficios del silvopastoreo en áreas de bosques naturales, en la ganadería y el medio ambiente: El rol del extensionismo en su implementación en el municipio Jimaguayú 125

IP-31. Importancia del estudio de las principales especies de la flora y del sotobosque asociadas al marabú 128

IP-32. Diagnóstico de brechas de género en el sector ganadero de Honduras 133

IP-33. La reserva natural el Hatico: 40 años de sistemas silvopastoriles intensivos y aplicación de principios agroecológicos 142

IP-34. Experiencia de la cría del ovino Pelibuey en la provincia Mayabeque. Finca "Los Mangos" 145

IP-35. Morera y Sericultura en Mayabeque. Experiencia de una producción de ciclo cerrado y transmisión de saberes 147

IP-36. Experiencias del desarrollo de la apicultura en la finca Atalaya 1 en Mayabeque, Cuba 149

IP-37. Experiencia de una productora de conejos de la provincia Mayabeque. Finca Monserrate 152

IP-38. Sistematización del diseño y validación de guías técnico-pedagógicas para Escuelas de Campo en ganadería sostenible en Honduras 154

IP-39. Experiencia de mujeres emprendedoras con el apoyo de la organización de Ayuda Popular Noruega (APN) y la Asociación Cubana de Producción Animal (ACPA) en Mayabeque 161

IP-40. Experiencia de la producción caprina en la Finca La Habanera de la provincia Mayabeque 163

IP-41. FORCAGEN: Sinergias entre silvopastoreo, resiliencia y enfoque de género para una agricultura sostenible en cooperativas de Camagüey 166

IP-42. Utilización de las redes científicas y académicas por los jóvenes investigadores del Instituto de Ciencia Animal 170

IP-43. Training youth and women as rural extension agents: strengthening family farming and sustainability in Brazilian rural areas 175

IP-44. Intercâmbio geracional e protagonismo feminino: perspectivas das mulheres e dos jovens no Cerrado mineiro para o desenvolvimento rural sustentável 180

IP-45. Las expresiones de masculinidad de los ganaderos en el Instituto de Ciencia Animal (ICA), provincia Mayabeque 188

IP-46. Liderazgo de la mujer e innovación agroecológica: Impacto estratégico de las féminas en el desarrollo rural 193

IP-47. El papel de la mujer en la economía familiar, una fortaleza para el desarrollo rural y local 200

IP-48. Prácticas ancestrales en sistemas de producción ganadera en diversas regiones del Ecuador: hallazgos preliminares 206

IP-49. Proyección de trabajo de la Unidad Básica de Producción Cooperativa (UBPC) Frank País García para alcanzar la diversificación de la producción agropecuaria 207

IP-50. Transformación de finca familiar biodiversificada en escenario educacional 209

IP-51. Impacto de las prácticas agroecológicas en el logro de una producción diversificada y sostenible Finca "El Guayacán" 211

IP-52. Manejo sostenible en la finca agroecológica "La Ofelia" del municipio San Antonio del Sur en Guantánamo 213

IP-53. Resultados productivos en cerdas en un sistema de producción mixto en la CCSF Lino de las Mercedes Álvarez. Municipio Niceto Pérez, Guantánamo 215

IP-54. Monitoreo del comportamiento bovino como herramienta para la sostenibilidad y resiliencia de los sistemas ganaderos en Camagüey. Estudio prospectivo 217

IP-55. Sistematización de experiencias en la UBPC Frank País García del Municipio Manuel Tames Provincia Guantánamo.....223

IP-56. Ciencia ciudadana para la conservación comunitaria de los recursos fitogenéticos.....225

IP-57. Eficiencia técnica de sistemas ganaderos vacunos en la región Jimaguayú-Camagüey 234

IP-58. Fomento del bienestar animal en la finca familiar "Los Buenos", Las Tunas, Cuba.....239

IP-59. Caracterização da produção agrária familiar na Aldeia do Maholeco, Município da Cacula, Angola 243

IP-06. Gestión de la tecnología y la innovación: oportunidades para la agroforestería pecuaria

Technology and innovation management: opportunities for the agroforestry in livestock

J. Suárez Hernández[*]*; L. A. Hernández Olivera; L. Cepero Casas y O. Suárez Zamora*

Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey (Universidad de Matanzas), Central España Republicana, Perico, Matanzas, Cuba.

[*]Correspondencia a: chuchybioenergía2019@gmail.com

RESUMEN

El propósito del trabajo es brindar una concepción pertinente, para las condiciones actuales de Cuba, de realizar Gestión de la Tecnología y la Innovación (GTI), en centros científicos agropecuarios, tanto internamente como en su vínculo con productores y otros actores externos, y qué oportunidades existen, específicamente, en el área del conocimiento de la Agroforestería Pecuaria. Para ello, se parte de las seis funciones brindadas por Jacques Morin para la gestión de los recursos tecnológicos, como fundamento teórico-conceptual de referencia, al cual se le realizan mejoras y adecuaciones creativas, tanto en su contenido como metodológicas, para su implementación en Cuba y en su sector científico agropecuario. Como herramientas de investigación (métodos teóricos y empíricos) se utilizan: revisión de literatura, entrevistas a expertos, cuestionarios, sesiones grupales, analogía, análisis y síntesis, así como la *expertise* de los autores del trabajo, con 30 años, en esta área del conocimiento y en el sector. Como resultados destacan la identificación de un conjunto de regularidades, asociadas a las Funciones de Morin, que son necesario implementar para lograr una exitosa GTI en los centros científicos agropecuarios en Cuba, así como diversas consideraciones sobre las potencialidades que tiene la GTI para su utilización en la Agroforestería Pecuaria, tanto en los procesos de I+D+i como en su aplicación en el sector productivo.

Palabras clave: *Gestión tecnológica, Investigación agropecuaria, Agroforestería.*

ABSTRACT

The purpose of this paper is to provide a pertinent conception, under current Cuban conditions, of implementing Technology and Innovation Management (TIM) in agricultural research centers, both internally and in their links with producers and other external actors, and to explore the opportunities that exist, specifically, in the area of Agroforestry in livestock. To this end, the paper uses the six functions provided by Jacques Morin for the management of technological resources as a theoretical and conceptual foundation of reference. Creative improvements and adaptations are made to both content and methodology for its implementation in Cuba and its agricultural science sector. Research tools (theoretical and empirical methods) include a literature review, expert interviews, questionnaires, group sessions, analogy, analysis and synthesis, as well as the authors' 30-year expertise in this area of knowledge and in the sector. The results include the identification of a set of regularities, associated with Morin's Functions, which are necessary to implement to achieve a successful TIM in agricultural scientific centers in Cuba, as well as various considerations on the potential of TIM for its use in the Agroforestry in livestock, both in R&D&I processes and in its application in the productive sector.

Keywords: *Technology Management, Agricultural Research, Agroforestry.*

INTRODUCCIÓN

En Cuba, tanto el sector científico como el productivo vinculado a la ganadería tienen un papel clave en la alimentación de la población; sin embargo, no ha sido posible satisfacer la demanda existente, debido a los insuficientes niveles productivos, lo cual ha demandado un cambio de paradigma, en el cual las tecnologías y los sistemas de producción sostenibles, y sobre todo basados en un enfoque agroforestal, tienen que desplazar a los basados solamente en pastos -con predominio notable de los naturales- e intensivos en altos insumos externos.

Esta situación ha estado influida por diversas insuficiencias, entre las que se incluyen la escasa capacitación del personal directivo y técnico del sector productivo; reducido financiamiento; incipientes mecanismos de transferencia de tecnologías y bajo grado de adopción; insuficiente visión empresarial; escasa diversificación productiva y el vínculo entre los sectores productivo y científico aún no llega a los niveles requeridos por el desarrollo del país.

Al respecto, en gran parte de estos problemas ejerce notable influencia la escasa experiencia existente en este sector sobre la Gestión de la Tecnología y la Innovación (GTI), a pesar de que en Cuba ya se le considere como un tema clave para el futuro del país (Díaz-Canel *et al.*, 2020; Díaz-Canel, 2021), pues, en muchas ocasiones, el considerable potencial científico y tecnológico existente no se explota adecuadamente, ya que se necesita de procesos gerenciales a todos los niveles que conduzcan al cambio en los procesos de difusión, adopción y uso de tecnologías.

Estos problemas están determinados o muy influidos por la ausencia de procedimientos en sus centros científicos, empresas y otras organizaciones productivas, que permitan **diagnosticar** y **evaluar** los procesos tecnológicos, **vigilar**

su entorno tecnológico y competitivo, elaborar un **plan de desarrollo tecnológico** en el marco de una **estrategia tecnológica** que se corresponda con la estrategia general de la organización y que le permita **enriquecer** y **mejorar** su patrimonio tecnológico, así como **proteger** sus productos y tecnologías (Suárez, 2002; 2003), lo cual trae consigo un insuficiente comportamiento innovador, una escasa visión estratégica, insuficientes vínculos con universidades y centros de investigación, débil formación continua del capital humano, así como baja adopción de tecnologías e innovaciones sostenibles para este sector. Es por ello que es necesario disponer de un instrumental de apoyo a la toma de decisiones que permitan la GTI en los centros científicos asociados a la ganadería, co un enfoque estratégico, e integrada con el resto de las funciones gerenciales, y de esta forma se contribuye a mejorar la competitividad organizacional, medida a través del nivel de excelencia organizativa de su gestión (Suárez, 1998; 200; 2003).

En este sentido, el objetivo del trabajo es, tanto brindar una concepción pertinente, para las condiciones actuales de Cuba, de realizar GTI en centros científicos agropecuarios, sea internamente como en su vínculo con productores y otros actores externos; identificar un conjunto de regularidades, asociadas a las Funciones de Morin, que son necesario implementar para lograr una exitosa GTI en estos centros, como proponer consideraciones sobre las potencialidades que tiene la GTI para su utilización en la Agroforestería Pecuaria, tanto en los procesos de I+D+i como en su aplicación en el sector productivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Como herramientas de investigación (métodos teóricos y empíricos) se utilizan: revisión de literatura, entrevistas a expertos, cuestionarios, sesiones grupales, analogía, análisis y síntesis, así como la expertise de los autores del trabajo, con 30 años, en esta área del conocimiento y en el sector.

Para ayudar a comprender el proceso de innovación, se han generado diversos modelos, los cuales han evolucionado con el tiempo, transitándose desde los modelos lineales predominantes en los años 60's (como los modelos conocidos por *technology-push y demand-pull*), pasando por el modelo mixto y el modelo de Kline, hasta llegar a los actualmente predominantes modelos en red (Suárez, 2003). Sin embargo, todos estos modelos, a criterios de los autores de este trabajo poseen un conjunto de carencias tales como: son fundamentalmente teóricos-conceptuales, si bien explican el fenómeno de la innovación y sus causas, lo hacen a un nivel conceptual más general, y lo que falta son los aspectos relativos a su instrumentación, mediante soluciones sectoriales específicas.

No obstante, a las anteriores falencias, Morin (1985), uno de los pioneros, realizó un importante aporte al desagregar la GTI en seis funciones básicas; posteriormente, Morin y Seurat (1991) conceptualizaron las seis funciones que caracterizaban la Gestión Estratégica de Recursos Tecnológicos: Inventariar, Vigilar, Evaluar, Enriquecer, Optimizar y Proteger.

Esta concepción, al igual que la de los autores de este trabajo, se apoya en la identificación y gestión de los recursos y competencias tecnológicas y de innovación clave de la organización (INVENTARIAR) que deben conducirla, sobre la base de una identificación, evaluación y selección de los conocimientos, tecnologías e innovaciones apropiadas, al aumento de su capacidad tecnológica y de su comportamiento innovador mediante la formulación de una estrategia tecnológica y de un plan de desarrollo tecnológico (EVALUAR), la cual incluye funciones clave como la obtención de información oportuna sobre el entorno tecnológico y competitivo (VIGILAR), la generación y adopción de nuevos conocimientos, tecnologías e innovaciones para fortalecer su patrimonio tecnológico (ENRIQUECER), la utilización más eficaz y eficiente de los recursos y capacidades tecnológicas e innovadoras, incluida su mejora (OPTIMIZAR), así como la protección de las tecnologías, productos y servicios intensivos en conocimiento (PROTEGER), para conducir a la organización hacia el éxito. Dicho proceso de gestión se constituye en una suerte de estructura de aprendizaje organizacional que dirige el cambio, convirtiendo al centro científico en una "organización que aprende" (*learning organization*) (Argyris y Schön, 1978).

En tal sentido, no se trata de que haya una ausencia de modelos y procedimientos, sino que no existen los apropiados y pertinentes para el sector científico ganadero, ni abarcan la GTI en toda su amplitud, necesitándose de un instrumental metodológico de aplicación para apoyar el proceso de toma de decisiones que permitan incorporar la función de GTI en los centros científicos agropecuarios, de forma integrada con la estrategia organizacional y con el resto de las funciones de gestión.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El modelo general propuesto (Figura 1), como fundamento del conjunto de procedimientos y herramientas específicos desarrollados a partir de las funciones de la GTI definidas por Morin (1985), y considerados como los principales aportes científicos de este trabajo, constituye la base para la formulación e implementación de la estrategia tecnológica y de innovación de los centros científicos agropecuarios, integrándose, como un componente esencial, en su proceso de planeación estratégica.

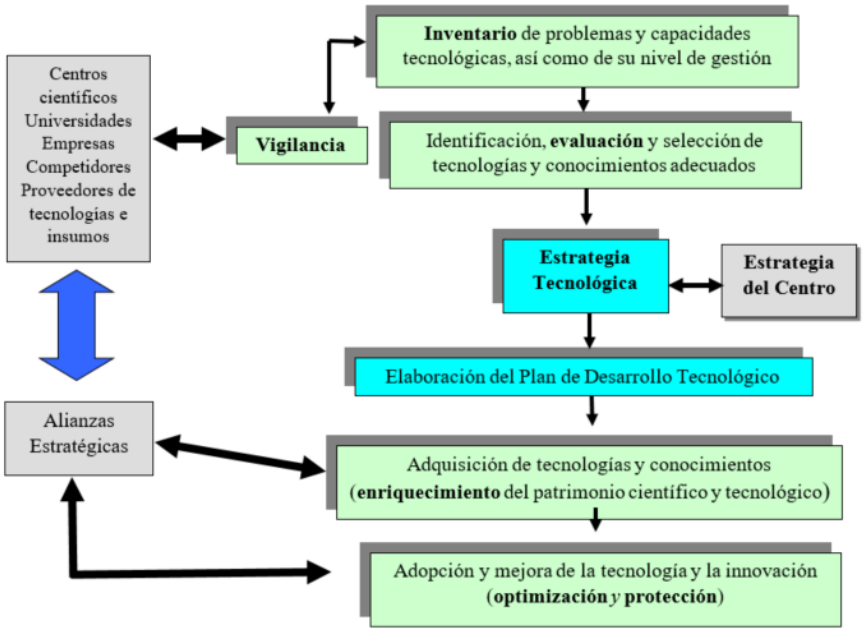


Figura 1. *Modelo general para la GTI en centros científicos agropecuarios en Cuba (elaboración propia).*

Dicho modelo tiene como **objetivo** fundamental apoyar el proceso de toma de decisiones para desarrollar la GTI, que puede estar asociada a tecnologías agroforestales, en estos centros y se sustenta sobre las **premisas** siguientes:

1. El modelo general, los procedimientos y herramientas específicas son apropiados para centros con cierto desarrollo en el comportamiento innovador.
2. Debe existir en el centro una disponibilidad de información de entrada (inputs), así como la posibilidad de captura y/o recopilación de datos internos y sobre los benchmarks de desempeño.
3. La Alta Dirección del centro debe estar comprometida con los resultados que genere el modelo.
4. Debe existir un personal con alguna formación básica sobre GTI y estrategia empresarial.
5. Los diferentes procedimientos específicos se derivaron de las "necesidades metodológicas" de este modelo general para potenciar la GTI en los centros científicos agropecuarios en una secuencia lógica.

Este modelo general integra seis funciones apropiadas para gestionar los recursos tecnológicos del centro, asociados a una concepción agroforestal para la producción animal, existiendo entre ellas procesos de retroalimentación de información. La primera función está dirigida a **inventariar** y gestionar los recursos y capacidades tecnológicas clave del centro, estando la misma en permanente interacción con la segunda, asociada a la **vigilancia** de su entorno tecnológico y competitivo, para identificar el desfase (*gap*) que tienen los recursos y capacidades del centro; a partir de la información obtenida en estas funciones, y considerando la estrategia organizacional, se identifican, **evalúan** y seleccionan las tecnologías e innovaciones apropiadas, así como se valora la capacidad tecnológica de la organización, con el objetivo de formular una estrategia tecnológica y un plan de desarrollo tecnológico. Posteriormente, para cumplir con dicha estrategia es necesario generar, adoptar y/o mejorar conocimientos, tecnologías e innovaciones agroforestales para **enriquecer** el patrimonio tecnológico, lo cual puede ser realizado en el marco de alianzas estratégicas, **optimizar** la utilización más eficaz y eficiente de los recursos y capacidades tecnológicas, mediante una estructura organizativa adecuada para la GTI y **proteger** las tecnologías y productos generados por el centro.

Los procedimientos específicos desarrollados se dirigieron a desarrollar las funciones antes mencionadas, y los mismos abarcaron los siguientes aspectos:

- La función INVENTARIAR, que es una Auditoria Tecnológica (incluye los **inventarios** de las tecnologías disponibles en el entorno y de las tecnologías utilizadas y dominadas por la empresa, la evaluación del **comportamiento innovador del centro**, la determinación de la **Intensidad Innovadora en Centro Científico –**IICC-, la evaluación del **Nivel de Excelencia en Centro Científico** –EOCC-, así como la **determinación de las necesidades de superación** del personal directivo y de I+D+i).
- La función VIGILAR (que abarca la definición del objetivo del Sistema de Vigilancia Tecnológica y Competitiva que se diseñe para el centro, las áreas críticas de vigilancia asociadas con la agroforestería y sus fuentes de información).
- La función EVALUAR (vinculada con la **Capacidad Tecnológica** del centro **–**CTCC-, la selección de la opción estratégica más apropiada para el centro para trabajar con una orientación agroforestal mediante diferentes matrices, la definición de los **objetivos tecnológicos** que la empresa deberá alcanzar, la formulación en sí de la **Estrategia Tecnológica** y la elaboración del **Plan de Desarrollo Tecnológico**.
- La función ENRIQUECER (permite seleccionar las tecnologías agroforestales más apropiadas a partir del uso combinado de un método multicriterial desarrollado para evaluar el **Nivel de Excelencia de las Tecnologías** que



se difunden y una adecuación del **método de localización de factores**, muy utilizado en la localización de plantas en la industria y los servicios.

- La función OPTIMIZAR (se centra en que el centro debe disponer de una estructura organizativa para la GTI, pero que la misma debe ser una decisión de carácter casuístico y difícil de tipificar; no obstante, debe incluir la definición de la estructura organizativa más adecuada en cada caso, el nivel de centralización de las actividades de I+D+i y el nivel jerárquico de la toma de decisiones asociadas con la GTI).
- La función PROTEGER (asociada a que el centro debe trazar una política activa respecto a los derechos de la propiedad industrial e intelectual que restrinjan o impidan la utilización y comercialización descontrolada de la innovación generada en la misma por parte de terceros).

Regularidades, asociadas a las Funciones de Morin, que son necesario implementar para lograr una exitosa GTI en los centros científicos agropecuarios en Cuba

- Para implementar la función INVENTARIAR en estos centros se requiere crear una base de información interna sobre sus recursos y capacidades de I+D+i que permitan realizar auditorías del conocimiento, la tecnología y la innovación; a ello puede contribuir la implementación de diversas herramientas de evaluación, incluidas las elaboradas y aplicadas por los autores, como: el Comportamiento innovador, la Capacidad tecnológica, la Intensidad innovadora y el Nivel de excelencia, este último aplicable al centro como a sus tecnologías, productos y servicios intensivos en conocimiento (Suárez y Suárez Mella, 1998; Suárez *et al.*, 2000; 2003; Hernández *et al.*, 2004; Álvarez *et al.*, 2026).
- En interacción con la anterior función se debe implementar la de VIGILAR el entorno tecnológico y competitivo, tanto nacional como internacional, del centro, como parte de un Sistema de Vigilancia Tecnológica y Competitiva (Suárez Zamora, 2025) que se conciba y aplique.
- Ambas funciones contribuyen con insumos informativos a la aplicación de la enfocada a EVALUAR, la cual permite identificar, evaluar y seleccionar las tecnologías e innovaciones más pertinentes para el centro, en consideración a su estrategia organizacional, y formular una estrategia tecnológica o de I+D+i y un plan de desarrollo tecnológico, que la operacionalice. Esta aplicación exige que exista un equipo de trabajo que domine los fundamentos y herramientas de Dirección Estratégica y de GTI.
- Para poder implementar esta estrategia se utiliza la función ENRIQUECER, que posibilita generar, adoptar y/o mejorar conocimientos, tecnologías e innovaciones, incluida su evaluación y selección); ello exige desarrolla la capacidad de crear y fortalecer alianzas estratégicas y otras formas innovadas de cooperación, impulsar buenas practicas para favorecer la difusión y adopción tecnológica, así como dominar herramientas multicriteriales de decisión; los autores proponen el Nivel de Excelencia de las Tecnologías y una adecuación del método de localización de factores (Hernández, 2010).
- Para lograr que la función OPTIMIZAR contribuya a que sea efectiva la utilización de los recursos y capacidades de I+D+i del centro, se debe establecer una estructura organizativa específica para lasa características del centro y que potencie la GTI; ello exige conocimientos de diseño organizacional, gestión estratégica del capital humano y gestión de la I+D+i, incluida la de proyectos.
- Para la función PROTEGER es clave tener un dominio de la legislación cubana, internacional y de países de interés relacionada con la Propiedad Intelectual, así como crear un sistema que la asegure en el centro.

Consideraciones sobre las potencialidades que tiene la GTI para su utilización en la Agroforestería Pecuaria, tanto en los procesos de I+D+i como en su aplicación en el sector productivo

- La GTI, como herramienta estratégica de gestión, es pertinente para su implementación en los procesos de I+D+i en los centros de investigaciones agropecuarias, en lo general, y en la Agroforestería Pecuaria, en lo específico, como en la difusión de conocimientos, tecnologías e innovaciones en empresas, cooperativas, fincas y otras organizaciones productivas. Existen diversas experiencias en Cuba, especialmente en la Estación Experimental Indio Hatuey (Suárez, 1998; 2003; 2020; Suárez *et al.*, 1999; 2000; 2022; Cepero, 2010, Companioni, 2018; Rodríguez, 2018) y en Instituto de Ciencia Animal (Díaz *et al.*, 2005; 2007; Díaz, 2008).
- La gestión de los procesos de I+D+i en los centros científicos y de los procesos de transferencia en el sector productivo requieren de la implementación, tanto de auditorías deñ conocimiento, del desarrollo tecnológico y de innovación, de la vigilancia del entorno científico, tecnológico y de innovación, de la evaluación de las capacidades de I+D+i del centro y de sus clientes y aliados para formular una estrategia y su plan de desarrollo tecnológico, de fortalecer su patrimonio tecnológico mediante desarrollo interno y en alianzas y con procesos de adopción, de creación de arreglos estructurales para la GTI., como la protección de su patrimonio intelectual (Suárez, 2003; Hernández, 2010).
- Todo lo anterior es de total aplicación a la Agroforestería Pecuaria, que es tanto una concepción transdisciplinaria que integra enfoques de forestería, agricultura, ganadería, ecología, economía y sociología, como una familia de conocimientos, tecnologías e innovaciones, y que por su propia transdisciplinariedad y por integrar conocimientos, tecnologías e innovaciones, requiere notablemente de la GTI.

CONCLUSIONES

Se propone una concepción pertinente, para las condiciones actuales de Cuba, de realizar Gestión de la Tecnología y la Innovación (GTI), en los centros científicos agropecuarios, tanto internamente como en su vínculo con productores y otros actores externos, teniendo como referentes clave a las seis funciones de Jacques Morin para la gestión de los recursos tecnológicos.

También se identifican un conjunto de regularidades, asociadas a las Funciones de Morin, que son necesario implementar para lograr una exitosa GTI en los centros científicos agropecuarios en Cuba, así como se brindan algunas consideraciones sobre las potencialidades que tiene la GTI para su utilización en la Agroforestería Pecuaria, tanto en los procesos de I+D+i como en su aplicación en el sector productivo.

AGRADECIMIENTOS

A todos los que han contribuido, con diferentes intensidades y unos de forma directa y otros con la incidencia de concepciones y enfoques pertinentes, a la GTI en la agricultura cubana, en especial al Dr. C. José A. Díaz Untoria, al MV Julio C. Verdecia, al Dr. C. Gilberto Hernández, al Dr. C. Félix Blanco†, al Dr. C. Arístides Pérez, al Dr. C. Pere Escorsa, al Dr. C. Leonel Simón†, al Dr. C. Marcos Esperance, al Dr. C. Luis Lamela, al Dr. C. Emilio Castillo, al M. Sc. Francisco Reyes, al Dr. C. Giraldo Martín, al Dr. C. Jorge Núñez, al Dr. C. José M. Albisu, al M. Sc. José A. Sotolongo, al Dr. C. Ramón Piloto, al M. Sc. Dairon Blanco, al Dr. C. Dariel de León y al Dr. C. Agustín Lage.

BIBLIOGRAFÍA

Álvarez, L. M., Suárez, J., Quevedo, J. 2016. Intensidad innovadora, capacidad tecnológica y nivel de excelencia del equipo técnico del biogás en BIOMAS-CUBA. *Pastos y Forrajes*, 39 (4): 291-301.

Argyris, C., Schön, D. 1978. Organizational Learning: A Theory of Action Perspective. Addison-Wesley, Reading, Mass, USA.

Companioni, R. 2018. Contribución al perfeccionamiento del Sistema de Gestión de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación de la EEPF Indio Hatuey". Tesis de Maestría en Administración de Empresas. Universidad de Matanzas, Cuba.

Cepero, L. 2010. Propuesta de sistema de vigilancia tecnológica apropiado para la Estación Experimental "Indio Hatuey". Tesis de Maestría en Administración de Empresas. Universidad de Matanzas, Cuba.

Díaz-Canel, M. M. 2021. Sistema de Gestión del Gobierno basado en Ciencia e Innovación para el Desarrollo Sostenible en Cuba. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas. Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad Central Marta Abreu de Las Villas, Santa Clara, Cuba.

Díaz-Canel, M. M., Núñez, J., Torres, C. C. 2020. Ciencia e innovación como pilar de la gestión de gobierno: un camino hacia los sistemas alimentarios locales. *Revista Cooperativismo y Desarrollo*, 8(3). 367-387.

Díaz Untoria. J. A. 2008. Contribución al Desarrollo Organizacional de la Transferencia de Tecnologías a la Ganadería Bovina. Tesis de Doctorado en Ciencias Veterinarias, Instituto de Ciencia Animal, San Josè de las Lajas, Cuba,

Díaz, J. A., Borroto, O., Suárez, J., Castillo, E. 2005. Technology Transfer in the Latin American Cattle Rearing Sector: The Cuban Experience. *Cuban J. of Agricultural Science*, Vol. 39, Special Issue: 395-401.

Díaz, J.A., Suárez, J., Castillo, E., Quintana, F., Muñoz, E., Silverio, L. E., Zambrano, J. 2007. Thoughts on technology transfer in the cattle sector. The System of Extension Work of the Institute of Animal Science (SEICA) in Cuba as case study. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 41 (2): 149-155.

Suárez, J. (Ed.). 2020. Producción integrada de alimentos y energía: La experiencia del proyecto internacional Biomas-Cuba. Estación Experimental Indio Hatuey, Matanzas, Cuba.

Hernández, L. A. 2010. Creación y desarrollo de Organizaciones Socialistas de Base Tecnológica para el sector agropecuario incubadas en la Educación Superior cubana. Tesis de Doctorado. Universidad de Matanzas, Cuba.

Hernández, Marta, Suárez, J., Ojeda, Alicia. 2004. Metodología para evaluar la excelencia de las revistas científicas. *Ciencias de la Información*, 34 (3): 3-12.

Morin, J. 1985. L'Excellence Technologique. Publi Union, París.

Morin, J., Seurat, R. 1991. La gestión de los recursos tecnológicos. *Economía Industrial*, 281, 109-113.

Rodríguez, J. 2018. Auditoría tecnológica en fincas campesinas de Matanzas: una herramienta para apoyar la adopción de tecnologías. Tesis de Maestría en Pastos y Forrajes. Estación Experimental Indio Hatuey, Matanzas, Cuba.

Suárez, J. 1998. La utilización de la Matriz General Electric en la evaluación de los productos científicos: un caso de transferencia de la industria al sector de la ciencia. *Pastos y Forrajes*, 21 (2): 179-183.

Suárez, J. 2002. El papel clave de la tecnología y la innovación en la ganadería cubana y su efecto en el desarrollo del sector. Comunicación presentada en la III Convención Internacional de Educación Superior, 4-8 febrero, Ciudad de la Habana.



Suárez, J. 2003. Modelo y procedimientos de apoyo a la toma de decisiones para desarrollar la GTI en las empresas ganaderas cubanas. Tesis de Doctorado. Universidad Central Marta Abreu de Las Villas, Santa Clara, Cuba.

Suárez Zamora, O. 2025. Modelo y procedimientos para la Gestión Estratégica de la Información y el Conocimiento en centros científicos agropecuarios en Cuba. Tesis de Doctorado. Universidad de Matanzas, Cuba.

Suárez, J., Suárez Mella, R. 1998. Evaluación del nivel de excelencia en un centro científico agropecuario. *Pastos y Forrajes*, 21 (3): 277-280.

Suárez, J., Suárez Mella, R., Blanco, F., Ibarra, S., Castellanos, N. 2000. Desarrollo de un método para evaluar la excelencia de los sistemas silvopastoriles como tecnología. *Pastos y Forrajes*, 23 (4): 351-358.

Suárez, J., Blanco, F., Suárez, R, Machado, Hilda, Ibarra, S. 1999. Propuesta de un modelo de gestión apropiado para la investigación y transferencia de tecnología en la ganadería. *Pastos y Forrajes*, 22 (2): 151-157.

Suárez, J., Suárez Mella, R., Hernández, G. 2003. Evaluación y mejora del nivel de excelencia en un centro científico agropecuario. Resultados de varios años de aplicación. *Pastos y Forrajes*, 26 (3): 259-267.

Suárez, J., Martín, G., Cepero, L. 2022. Resiliencia en organizaciones agroproductivas cubanas ante el COVID-19. Capítulo 14. De León, D., Catá, Y., Suárez, J. (coord.). 2022. Acciones de resiliencia empresarial ante el COVID-19. Miradas desde Cuba y Latinoamérica. Editorial Academia, La Habana.

IP-07. Eficiencia de una tecnología de oferta de materia seca introducida en una lechería comercial del trópico de Veracruz

Efficiency of a dry matter supply technology introduced in a commercial dairy in the tropics of Veracruz

V. Torres Cárdenas[1]; R. S. Gudiño Escandón[2] y O. Martínez Zubiaur[1]*

[1] Instituto de Ciencia Animal, Carretera Central Km 47½, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba

[2] Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Veracruzana. México

[*]Corresponcia a: vtorcar@gmail.com

RESUMEN

La tecnología de los bancos de biomasa con el *Cenchrus purpureus* vc. Cuba Ct-115, fue aplicada en fincas ganaderas de doble propósito en la zona tropical de la región centro de Veracruz para evaluar el impacto de en la producción de forraje, en el periodo 2014-2019. La tecnología fue aplicada a inicios de diciembre 2016 y consistió en el establecimiento de un banco de biomasa con el *Cenchruspurpureus* vc Cuba Ct-115 en el 30% de la finca. Se midieron 14 variables productivas y para analizar y resumir la información recopilada se aplicó el Modelo Estadístico de Medición de Impactos (MEMI), de Torres *et al*. (2019); para analizar el comportamiento de las variables en los años antes y después de realizada la transferencia y clasificar y/o caracterizar los años. La prueba Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), tuvo un valor 0,70 y la prueba de esfericidad de Barthett fue significativa (P<0.001). Existen ocho factores que logran explicar prácticamente el 100% de la variabilidad, sin embargo los tres primeros, explicaron el 83.87%. Estos fueron identificados como producción y tecnología**,** suplementación y productividad- mercado. El Modelo Estadístico de Medición de Impactos permitió interpretar los impactos del banco de biomasa con el *Cenchrus purpureus* vc. Cuba Ct-115 y mostró la posibilidad de implantar la tecnología de bancos de biomasa en la zona con un total de vacas que se incrementó en 1.84 ± 0.14 por cada trimestre; la producción de leche en 298.37 ± 45.87 kg; el peso vivo destetado en 44.81 ± 9.59 kg y la carga en 0.057 ± 0.07 UGM/ha.

Palabras clave: *innovación, transferencia, impacto, métodos multivariados*

ABSTRACT

Biomass banking technology with *Cenchrus purpureus* cv. Cuba Ct-115 was applied to dual-purpose cattle farms in the tropical zone of central Veracruz to evaluate its impact on forage production from 2014 to 2019. The technology was implemented in early December 2016 and consisted of establishing a biomass bank with *Cenchrus purpureus* cv. Cuba Ct-115 on 30% of the farm. Fourteen production variables were measured, and the Statistical Impact Measurement Model (MEMI) by Torres et al. (2019), was used to analyze and summarize the information collected. This model was used to classify and characterize the behavior of the variables in the years before and after the transfer, and to classify and/or characterize the years. The Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) test had a value of 0.70 and the Barthett test of sphericity was significant (P<0.001). There are eight factors that can explain practically 100% of the variability, however the first three explained 83.87%. These were identified as production and technology, supplementation, and productivity-market. The Statistical Impact Measurement Model allowed to interpret the impacts of the biomass bank with *Cenchrus purpureus* cv. Cuba Ct-115 and showed the possibility of implementing biomass banking technology in the area, with a total number of cows that increased by 1.84 ± 0.14 per quarter; milk production by 298.37 ± 45.87 kg; weaned live weight by 44.81 ± 9.59 kg and load by 0.057 ± 0.07 LGU/ha.

Keywords*: innovation, transfer, impact, multivariate methods*

INTRODUCCIÓN

En el proceso de innovación y transferencia tecnológica de los resultados de las investigaciones científicas a escenarios productivos, resulta imprescindible analizar la multidimensionalidad que interviene en los resultados, con valores objetivos, reales y claros que ayudan a tomar decisiones correctas.

Resulta claro que los métodos estadísticos univariados no permiten evaluar esta multidimensionales, por lo que aplicación de los métodos estadísticos multivariados son los adecuados para realizar este tipo de análisis.

Torres *et. al*. (2008, 2013), crearon el Modelo Estadístico de Medición de Impactos, basado en la combinación de métodos múltivariados con la estadística descriptiva, para determinar de forma numérica los denominados impactos en el tiempo, en la introducción de tecnologías. Su determinación se logra a través de un sistema de información responsable, que mide la mayor cantidad de variables (Torres *et. al.* 2019).

El déficit de materia seca en el periodo poco lluvioso en fincas ganaderas debe ser resuelto utilizando tecnologías adecuadas, que cubran o mejoren la distribución de la producción y oferta de materia seca del ganado durante el año. La tecnología de los bancos de biomasa con el *Cenchrus purpureus* vc. Cuba Ct-115, se lleva a cabo mediante la segregación de hasta 30 % del área de la lechería sembrada con Cuba CT-115, para almacenar y utilizar durante la seca, de 20 a 25 t de MS/ha (Martínez *et al.* 1996).



Esta tecnología fue aplicada en fincas ganaderas de doble propósito en la zona tropical de la región centro de Veracruz para evaluar el impacto de la tecnología de los bancos de biomasa con el *Cenchrus purpureus* vc. Cuba CT-115, en la producción de forraje, leche y carne, en una lechería comercial con sistema doble propósito, representativa de la ganadería del trópico de Veracruz en el periodo 2017-2019.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló del año 2014 al 2019, en una lechería comercial que cuenta con 26 ha, en sistema doble propósito representativa de la ganadería del trópico de Veracruz en el municipio de Jamapa, México. La misma está ubicada en las coordenadas latitud norte de 19° 14´ y longitud oeste de 96° 14´ y una altura de 21 metros sobre el nivel del mar (msnm). El clima es tropical con temperatura media anual de 25.9° C; la precipitación pluvial media anual es de 1,108 milímetros (INAFED, 2010).

La tecnología aplicada inició en diciembre 2016 y consistió en el establecimiento de un banco de biomasa con el *Cenchrus purpureus* vc. Cuba CT-115 en 7.8 ha divididas en 16 cuartones, lo que representa el 30% de la finca, con período de ocupación de 3 días en la segunda y 2 en la tercera rotación, cubriendo 130 días de pastoreo. Se fertilizó con urea a razón de 50 kg de N/ha-1 de forma localizada. El otro 70% del área estuvo compuesto por *Digitaria decumbens*, *Brachiaria decumbens*, *Brachiaria brizantha*, *Cynodon nlemfuensis*, manejando un pastoreo rotacional con periodo de ocupación máximo de 3 días para el resto de las necesidades, en cada rotación o ciclo de pastoreo, la cual se fertilizó también con urea a razón de 50 kg de N/ha-1. Se suplementó a las vacas con ensilaje y heno; el área para producir heno fue de 1 ha de *Digitaria decumbens* y de ensilaje 1ha de *Cenchrus purpureus* vc. Cuba CT-169; área que no estaba incluida en el banco de biomasa. Antes de la introducción de la tecnología se ensilaban 3 has de maíz en área rentada a otra finca. A las vacas en ordeño, se les suministró bloque multinutricional durante los dos primeros trimestres del año y sales minerales *ad libitum*.

Las variables incluidas en el estudio fueron 14 y se describen en la tabla 1.

Tabla 1. *Descripción de las Variables Analizadas.*

Total de vacas	Vacas/días x potrero	Ensilaje utiliz kg	Pv producido
No vacas en ordeño	Producción leche x trim	Ensilaje x vaca kg	Carga UGM/ha
No vacas secas	Producción de vaca x dia	Heno utilizado kg	
Total partos	Total cuart CT115	Terneros destetados	

Se tomó la información de los tres años anteriores a la aplicación de la tecnología para poder determinar con exactitud los resultados de la transferencia (2014-2019).

Análisis Estadístico

Para analizar y resumir la información recopilada se aplicó el Modelo Estadístico de Medición de Impactos (MEMI), de Torres *et al*. (2019); metodología estadística que combina diferentes técnicas multivariadas para realizar análisis integrales y determinar el comportamiento de las variables en los años antes y después de realizada la transferencia y clasificar y/o caracterizar los años.

La base de datos confeccionada en excell fue organizada colocando en las dos primeas columnas los años y trimestres de cada año y en el resto de las columnas las veinte variables indicadas en la tabla 1 para un total de 336 datos técnicos.

Todos los métodos fueron procesados utilizando el sistema estadístico IBM- SPSS (2012) Versión 22 para Windows.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la MEMI, el primer análisis a realizar es probar dos criterios estadísticos que permiten valorar la calidad de la base de datos a procesar. La prueba Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), estadístico que indica la proporción de varianza en las variables, que podría deberse a factores subyacentes y que tuvo un valor 0,70, lo cual indica que un análisis factorial podría ser útil con los datos. La prueba de esfericidad de Barthett que resultó significativa ($P<0.001$) con un valor para la prueba X^2 de 671,91 con 91 g.l. que contrasta que la matriz de correlaciones es una matriz de identidad en este caso rechazada indicando que el modelo factorial es adecuado.

La estadística descriptiva de las variables analizadas se muestra en la tabla 2. Se pueden observar variables con altas desviaciones estándar debido a que son los valores de los seis años analizados.

Tabla 2. *Estadística Descriptiva de las Variables en los Seis (6) Años de Estudio.*

Variables	Media	Desviación estándar
Total de vacas	38,00	13,81
No vacas en ordeño	17,11	5,88
No vacas secas	20,76	9,16
Total partos	7,25	3,29
Vacas/días x potrero	204,06	48,84
Producción leche x trim	6462,98	2601,01
Producción de vaca x dia	4,12	0,44
Total cuart CT115	10,38	7,46
Ensilaje utiliz kg	15167,38	11024,68
Ensilaje x vaca kg	471,08	401,08
Heno utilizado kg	239,85	262,84
Terneros destetados	6,46	3,19
Pv producido	879,18	446,78
Carga UGM/ha	1,47	0,53

Los valores correspondientes a las variables producción leche x trimestre, ensilaje utilizado, ensilaje x vaca y heno utilizado, correspondientes a la producción y alimentación de los animales tienen altas desviaciones como consecuencia de los resultados obtenidos en todos los años que abarcó el estudio.

Cuando se analizan los valores promedios y desviaciones considerando los dos períodos por separados, sin innovación (2014-2016) y con la aplicación de la innovación (2017-2019) tabla 3, se evidencia que los resultados de los períodos poseen resultados diferentes. Prácticamente todos los indicadores productivos aumentaron al doble en el período en que se aplico la innovación utilizando menos cuartones. También es posible analizar en estos valores que la innovación permitió la venta de animales y la utilización de menos ensilajes lo cual significa un ahorro para el productor. Las desviaciones en todos los casos fueron inferiores en los periodos analizados de forma independiente, que las desviaciones consideradas a los seis años de forma conjunta, lo cual es lógico.

Tabla 3. *Estadística Descriptiva de las Variables en los Períodos Antes y Después de Realizada la Innovación.*

Variables	Antes de la Innovación 2014-2016		Después de la Innovación 2017-2019	
	Media	Desviación estándar	Media	Desviación estándar
Total de vacas	25,00	1,71	51,00	5,19
No vacas en ordeño	12,53	2,29	21,69	4,62
No vacas secas	12,47	2,98	29,06	4,05
Total partos	5,17	2,25	9,33	2,84
Vacas/días x potrero	211,86	49,01	196,27	49,54
Producción leche x trim	4635,06	1040,36	8290,90	2402,72

Producción de vaca x día	178,27	40,02	318,88	92,41
Total cuart CT115	4,10	0,48	4,14	0,41
Ensilaje utiliz kg	4,00	5,20	16,75	0,87
Ensilaje x vaca kg	1,80	2,34	7,54	0,39
Heno utilizado kg	9,00	5,20	21,75	0,87
Terneros destetados	4,00	1,78	8,50	1,52
Pv producido	16463,50	11154,18	13871,25	11227,44
Carga UGM/ha	9566,67	6647,90	5641,33	7273,76
Total de vacas	665,83	451,85	276,33	222,33
No vacas en ordeño	388,33	273,84	91,36	146,15
No vacas secas	134,57	8,25	135,86	11,44
Total partos	4,33	2,67	8,58	2,07
Vacas/días x potrero	575,43	347,98	1182,92	308,18
Producción leche x trim	0,96	0,07	1,96	0,20

Los primeros resultados del análisis de componentes principales, que corresponden a la definición de los factores responsables de la variabilidad de los sistemas se muestran en la tabla 4. Existen ocho factores que logran explicar prácticamente el 100% de la variabilidad, sin embargo los tres primeros, con valores propios (λ), superiores a la unidad logran explicar el 83.87% y serán los seleccionados e identificados como fundamentales. El factor 1 fue el que mayor varianza explicó, con 56.09% mientras que los factores dos y tres explicaron menor varianza 16.47 y 11.30%, respectivamente.

Tabla 4. *Varianza Total Explicada por los Componentes Principales.*

Factores	Valor propio (λ)	Por ciento de la varianza	Por ciento acumulado
1	7.85	56.09	56.09
2	2.31	16.47	72.56
3	1.58	11.31	83.87
4	0.97	6.92	90.79
5	0.54	3.83	94.62
6	0.32	2.26	96.88
7	0.28	2.02	98.90
8	0.09	0.63	99.53

λ: valor propio

En la tabla 5, se presentan los pesos de los factores seleccionados, en cada una de las variables analizadas. Estos valores de pesos se mueven en un rango entre -1 y 1 e indican el nivel de correlación o la importancia entre el factor y cada variable. Valores absolutos cercanos a la unidad indican la importancia de cada variable en el factor. Es importante poder identificar utilizando estos valores de peso, el factor y aunque no es imprescindible darle una denominación o etiqueta, esto permite su mejor interpretación.

Estos valores de pesos son obtenidos aplicando una rotación Varimax, a la matriz de correlación entre las variables procesadas.

Tabla 5. *Matriz de Componentes Rotados por el Método Varimax.*

Variable	Factores		
	Producción y tecnología (F1)	Suplementación (F2)	Productividad-Mercado (F3)
Total de vacas	**0.97**	-0.14	0.12
Vacas en ordeño	**0.84**	0.00	0.44
Vacas secas	**0.91**	-0.22	-0.09
Partos	**0.79**	0.07	-0.21
Vacas días por potrero	-0.02	**0.74**	0.50
Producción de leche por trimestre	**0.74**	-0.08	0.62
Producción de leche por vaca x día	-0.02	-0.22	**0.82**
Total de cuartones CT115	**0.86**	-0.43	-0.14
Ensilaje utilizado kg	0.04	**0.92**	-0.26
Ensilaje por vaca Kg	-0.37	**0.87**	-0.17
Heno por vaca Kg	-0.51	**0.70**	-0.19
Terneros destetados	**0.68**	-0.38	0.19
PV producido	**0.69**	-0.40	0.23
Carga UGM ha	**0.97**	-0.14	0.12
% de varianza	**56.09**	**16.47**	**11.31**
% acumulado	**56.09**	**72.56**	**83.87**

Si se define el impacto tecnológico como la respuesta en el tiempo a la aplicación de un conjunto de conocimientos técnicos, que permiten diseñar, crear o producir bienes o servicios que facilitan la adaptación al medio y satisfacen las necesidades de las personas, se puede afirmar que el Factor 1, agrupó las variables de importancia productiva y las propias del cambio tecnológico por presentar altos valores de peso, positivos. Este factor tiene una relación muy pobre con él número de vacas por día en potrero, producción leche vaca día, ensilaje utilizado kg, ensilaje por vaca kg, heno por vaca kg, indicadores que no tuvieron grandes cambios en el tiempo. Sin embargo, tiene altos índices con todos los indicadores de producción tecnológica.

Es importante destacar para mostrar el impacto, que el factor 1 está altamente correlacionado con los principales cambios tecnológicos ejecutados en el tiempo como el acuartonamiento del *Cenchrus purpureus* vc. Cuba Ct-115. Por ello, este factor se denominó "Producción y tecnología". Las variables vacas días por potrero, ensilaje utilizado kg, ensilaje por vaca kg y heno por vaca kg fueron los indicadores del segundo factor y explicaron el 16.47% de la variabilidad total y se identificó como "Suplementación". La variable producción de leche vaca por día fue la variable de importancia del factor 3, y explicó el 11.31% de la variabilidad total y se denominó "Productividad-Mercado".

Para cada uno de estos factores según Torres *et al* (2013), los coeficientes permiten determinar los índices de impacto para cada factor y escenario. Los resultados de estos índices se muestran en las figuras a continuación.

En la **figura 1**, el comportamiento de los impactos en los diferentes años para el factor Producción y tecnología en los seis años y sus trimestres.

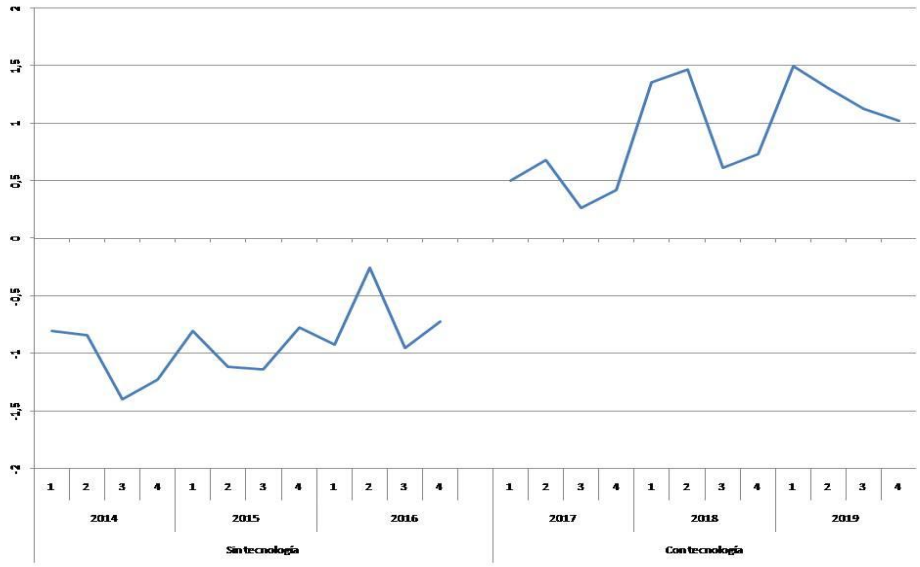


Figura 1. *Impactos del factor Producción y tecnología, en los años y trimestres.*

El factor Producción y Tecnología muestra un ascenso desde el año 2014 hasta el 2019, los primeros 12 trimestres cuando no se aplicó la tecnología del banco de biomasa con una carga animal de 0.96 UGM/ha fueron negativos en cambio desde el 2017 hasta el 2019, estos fueron positivos con una carga animal de 2.12. Estos cambios de valores negativos a positivos indican el impacto del tiempo sobre los resultados al aplicar la tecnología. Esto muestra que el Componente Producción y tecnología, tuvo cambios en el tiempo en la explotación, particularmente desde la utilización de la tecnología del banco de biomasa de *Cenchrus purpureus* vc. Cuba CT-115. Se observa además con generalidad a lo largo de los seis años, los trimestres 3 y 4 muestran una pequeña tendencia a disminuir pues en estos meses existe una disminución de las temperaturas.

El factor Suplementación presenta impactos con ligeras disminuciones de valores tanto positivos como negativos desde el año 2014 al 2019 en los trimestres del año. Las variables vacas días por potrero, ensilaje utilizado kg, ensilaje por vaca kg y heno por vaca kg, fueron los indicadores de este segundo factor con cambios durante el tiempo que duró el estudio, estos se dan en función del incremento del número total de vacas; a más vacas, menos consumo por vaca kg, de heno y ensilaje por el incremento del área y cuartones de *Cenchrus purpureus* vc. Cuba CT-115. Esto explica que el componente suplementación tuvo menor índice de impacto que el factor uno con la tecnología aplicada en el tiempo (Figura 2).

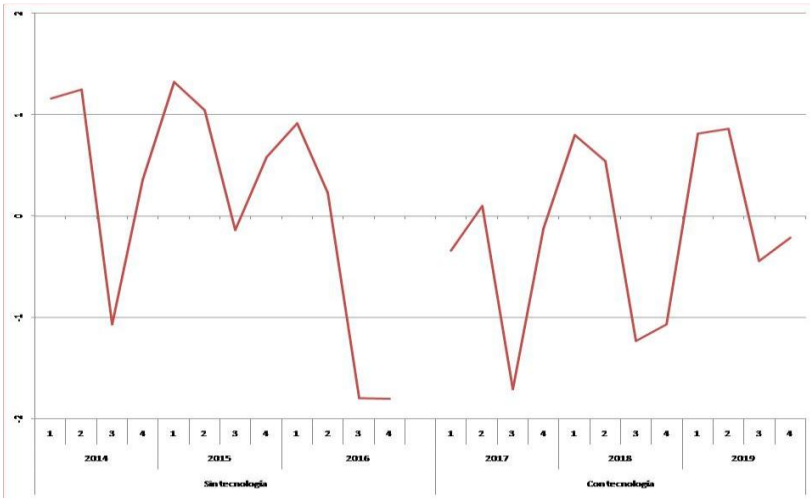


Figura 2. *Impactos del factor Suplementación, en los años y trimestres.*

En la Figura 3, los impactos del factor productividad- mercado. Se puede observar una tendencia negativa en los trimestres uno y dos en la mayoría de los casos y una tendencia al incremento en los trimestres tres y cuatro, particularmente en 2018 y 2019. La variable producción de leche vaca por día, fue el mayor indicador en este factor, observándose que no presentó grandes cambios en el tiempo con la tecnología, no así las otras tres variables importantes en este componente, producción de leche por trimestre, vacas días por potrero y vacas en ordeño, que si se incrementaron. El impacto de este factor se vió influenciado por el manejo productivo de la finca; toda vez que debido al bajo precio y demanda en el mercado de la leche durante más de dos décadas y un incremento significativo en el precio de la carne en el 2015, parte del hato durante el año se maneja en sistema vaca cría y no lechería.

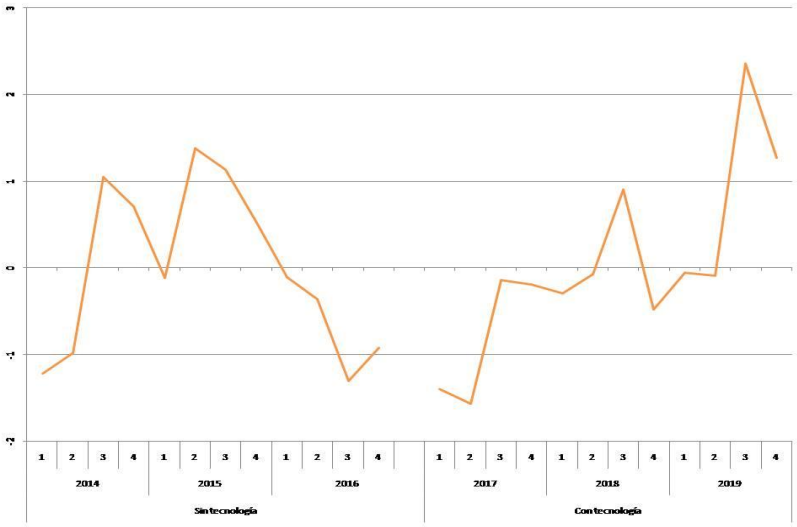


Figura 3. *Impactos del factor productividad- mercado, en los años y trimestres.*

En la tabla 6, se presentan las medias y desviaciones estándar de las variables estudiadas. El modelo utilizado (MEMI), permitió agrupar la información en grupos formados por trimestres los cuales fueron más homogéneos y con menor variabilidad dentro de cada uno, particularmente en los últimos trimestres del estudio. El hecho de que en el grupo I se reunieran los trimestres iniciales con los indicadores mucho más bajos, muestra que con el tiempo hubo un impacto productivo bien definido capaz de separar en el grupo III los casos más productivos, ambos grupos con desviaciones estándar aceptables. El heno utilizados kg y el heno por vaca kg fue disminuyendo ligeramente en cada uno de los grupos, esto debido al incremento del forraje producido con el incremento del área y total de cuartones de *Cenchrus purpureus* vc. Cuba CT-115 a pesar del aumento del total de vacas del grupo I al III. En lo que corresponde al ensilaje utilizado kg, tuvo ligera disminución y el ensilaje por vaca kg presentó indicadores más bajos en el grupo III en referencia al grupo I, también en relación a lo anteriormente mencionado. El total de vacas, vacas en ordeño, vacas secas, terneros destetados, producción de leche kg, peso vivo producido kg y carga UGM/ha se incrementaron en 124.7, 91.6, 162.5 142.2, 101.7, 159.4 y 126.9 %, respectivamente entre el grupo I y el grupo III. Como consecuencia de la implementación de la tecnología, tuvo mayor capacidad de alimentar animales e incrementar el tamaño del hato en producción.

Tabla 6. *Medias y Desviaciones Estándar de las Variables Estudiadas según Grupos Seleccionados.*

Variable	Grupo I 2014 hasta 1er trimestre 2016		Grupo II 2do trimestre del 2016, 2017 y 3ro y 4to de 2018		Grupo III 2018 1ro y 2do trimestre 2019	
	Media	D.E.	Media	D.E.	Media	D.E.
Total de vacas	24.33	1.41	40.56	10.96	54.67	0.52
Vacas en ordeño	13.08	2.02	15.85	4.23	25.06	4.03
Vacas secas	11.26	1.95	24.41	7.30	29.56	3.88
Número de partos	4.56	2.07	7.22	1.99	11.33	1.86



Variable	Grupo I 2014 hasta 1er trimestre 2016		Grupo II 2do trimestre del 2016, 2017 y 3ro y 4to de 2018		Grupo III 2018 1ro y 2do trimestre 2019	
	Media	D.E.	Media	D.E.	Media	D.E.
Vacas días por potrero	237.02	9.83	150.37	29.77	235.16	33.14
Producción trimestral	4860.50	1016.81	5839.58	1800.24	9801.79	2362.50
Leche por ha/trim	186.94	39.11	224.60	69.24	376.99	90.86
Producción/vaca/día	4.12	0.56	4.03	0.39	4.25	0.31
Total de cuartones	1.22	0.67	15.11	2.71	17.00	0.00
Área de CT-115	0.55	0.30	6.80	1.22	7.65	0.00
Total de cuartones 1	6.22	0.67	20.11	2.71	22.00	0.00
Número Potreros	3.11	0.24	8.59	1.88	7.44	1.15
Ensilaje utilizado kg	19221.33	9302.64	9403.33	11238.21	17732.50	11012.73
Heno utilizado kg	11117.56	5642.11	6987.78	8296.66	3258.00	5047.39
Ensilaje por vaca kg	786.67	382.13	252.78	330.56	325.15	202.27
Heno por vaca kg	457.11	238.71	142.25	219.54	60.33	93.47
Peso al destete	132.78	6.04	135.31	8.04	138.73	15.88
Terneros destetados	3.44	1.01	8.22	2.91	8.33	2.34
PV producido	451.79	124.34	1111.44	387.04	1171.83	353.71
Carga UGM/ha	0.93	0.06	1.56	0.42	2.11	0.02

Lo anterior se corrobora con estudio realizado por Fortes *et al* (2014), sobre análisis del crecimiento del *Pennisetum purpureum* vc. Cuba CT-115 donde la tecnología de banco de biomasa y las condiciones de manejo, expresan el incremento de masa seca para los ciclos de crecimiento de la tecnología y constituye un indicador de productividad. El resultado de aplicar la tecnología del banco de biomasa es que incremente la capacidad de alimentar a los animales e incremente la producción de hato.

En otro estudio realizado por Martínez *et al*. (2010) sobre el análisis del impacto de la tecnología de los bancos de biomasa con el pasto Cuba CT-115 en nueve lecherías en Desembarco del Granma en la provincia de Villa Clara, Cuba; observaron que estimadores de parámetros productivos mejoraron: la producción de leche aumentó en 60 l/ha/año, el intervalo parto gestación, disminuyó en 6.5 días por año, la leche/lactancia aumentó en 73.3 litros por año, la producción total de leche por lechería aumentó en 6252 litros por año y el litro por vaca en ordeño en 0.2/año.

CONCLUSIONES

El Modelo Estadístico de Medición de Impactos permitió interpretar los impactos del banco de biomasa con el *Cenchrus purpureus* vc. Cuba CT-115 utilizado en una lechería comercial representativa de la zona tropical del centro de Veracruz. Por las características del trópico de México, fue adecuado dividir la información en trimestres para reducir la variabilidad. Los índices de impacto cambiaron sus valores de negativos a positivos con el curso de los años particularmente en el factor 1, más relacionado con la respuesta a los cambios tecnológicos.

Se demuestra la posibilidad de implantar la tecnología de bancos de biomasa en la zona por un periodo de tres años para percibir resultados similares a los descritos. El número total de vacas se incrementó en 1.84 ± 0.14 por cada

trimestre; la producción de leche en 298.37 ± 45.87 kg; el peso vivo destetado en 44.81 ± 9.59 kg y la carga en 0.057 ± 0.07 UGM/ha.

Bibliografía

IBM Corp. Released 2012. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 22.0. Armonk, NY: IBM Corp.

INAFED. (Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal 2010. Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México, estado de Veracruz – Llave.

Martínez, R. O., Torres V., Aguilar P.I. 2010 Análisis del impacto de la tecnología de los bancos de biomasa con el pasto Cuba CT-115 en nueve lecherías de la UBPC Desembarco del Granma, Villa Clara, Cuba.

Torres, V., Ramos, M. N., Torres, D. and Noda, A. 2008. Statistical model for measuring the impact of innovation or technology transfer in agriculture. Cuban J. Agric. Sci. p. 42-131.

Torres V, Cobo R, Sanchez L y Raez N 2013.- Statistical tool for measuring the impact of milk production on the local development of a province in Cuba. Livestock Research for Rural Development 25 (9). http://www.lrrd.org/lrrd25/9/torr25159.htm

Torres V, Rodríguez I, Navarro M. 2019. Modelo estadístico de medición de impacto (MEMI), en los procesos de innovación y transferencia tecnológica. Convención internacional Agrodesarrollo 2019, Cuba.





IP-08. Dinámica diurna y ontogénica de azúcares en forrajes tropicales y su impacto nutricional en lagomorfos y caviomorfos de la Granja Cosmopolitana

Diurnal and ontogenic dynamics of sugars in tropical forages and their nutritional impact on lagomorphs and caviomorphs in the Cosmopolitana Farm

J. P. Zarate Lozada; H.A. Villamizar Castro y S.M. Delgado Barrera

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD - Zona Amazonía Orinoquía, Colombia.

*Correspondencia a: juanp.zarate@unad.edu.co

RESUMEN

El contenido de azúcares solubles en forrajes tropicales es determinante en la nutrición de especies monogástricas herbívoras, para este estudio se evaluó la dinámica diurna y ontogénica de dichos azúcares, expresados en grados Brix, en *Morus alba*, *Boehmeria nivea* y *Pennisetum purpureum* CV CT-115, mediante refractometría digital; se aplicó un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial 3 × 3 × 3, considerando especie, edad del rebrote (30, 45 y 60 días) y hora de corte (8:00, 12:00 y 16:00 h), complementando con validación zootécnica en conejos (*Oryctolagus cuniculus*) y cuyes (*Cavia porcellus*), registrando consumo voluntario y comportamiento ingestivo.

El análisis de varianza mostró efecto significativo únicamente para el factor especie ($p < 0.001$), destacándose *M. alba* con los mayores valores de °Brix; no obstante, *B. nivea* y *P. purpureum* también presentaron patrones relevantes de acumulación de azúcares, confirmando la importancia de todas las especies en esquemas de manejo forrajero.

La fase animal evidenció que los conejos lograron ganancias de peso consistentes y alto consumo voluntario, mientras que los cuyes alcanzaron incrementos satisfactorios y buena aceptación del forraje, aunque con mayor variabilidad, por lo que se concluye que los grados Brix son un indicador práctico y confiable del valor energético y del potencial de consumo de forrajes tropicales, constituyendo una herramienta clave para la nutrición de precisión y la sostenibilidad de los sistemas de producción animal tropical.

Palabras clave: *Fisiología vegetal, método analítico, nutrición animal, ontogenia y producción animal*

ABSTRACT

The soluble sugar content of tropical forages is a key determinant in the nutrition of monogastric herbivores. This study evaluated the diurnal and ontogenic dynamics of these sugars, expressed in Brix degrees, in *Morus alba*, *Boehmeria nivea*, and *Pennisetum purpureum* CV CT-115 using digital refractometry. A completely randomized design with a 3 × 3 × 3 factorial arrangement was implemented, considering forage species, regrowth age (30, 45, and 60 days), and harvest time (08:00, 12:00, and 16:00 h). The experiment was complemented by a zootechnical validation with rabbits (*Oryctolagus cuniculus*) and guinea pigs (*Cavia porcellus*), where voluntary intake and ingestive behavior were recorded.

Analysis of variance revealed a significant effect only for the species factor ($p < 0.001$), with *M. alba* showing the highest °Brix values. However, *B. nivea* and *P. purpureum* also exhibited relevant patterns of sugar accumulation, underscoring the importance of all species within forage management schemes.

Animal validation demonstrated that rabbits achieved consistent weight gains and high voluntary intake, while guinea pigs showed satisfactory increases and good forage acceptance, albeit with greater variability. These findings confirm that Brix degrees represent a practical and reliable indicator of both the energy value and the consumption potential of tropical forages, constituting a key tool for precision nutrition and the sustainability of tropical animal production systems.

Keywords: analytical method, animal nutrition, animal production, ontogeny and Plant physiology

INTRODUCCIÓN

La sostenibilidad de los sistemas agropecuarios ha llevado a una reconfiguración de las estrategias de alimentación animal, priorizando aquellos enfoques que integren criterios ecológicos, económicos y productivos, siendo la alimentación un factor determinante en los sistemas de producción animal, como en el caso de especies monogástricas herbívoras como los conejos (*Oryctolagus cuniculus*) y cuyes (*Cavia porcellus*), donde la eficiencia alimentaria está estrechamente ligada a la calidad del forraje suministrado, especialmente a su valor energético, que depende en gran parte del contenido de azúcares solubles, que al ser cuantificados en grados Brix, representan una fuente inmediata de energía y son clave para mejorar la palatabilidad, la digestibilidad y la conversión alimenticia (Cardona *et al.*, 2022).

Los conejos presentan un sistema digestivo monogástrico con un ciego funcionalmente activo donde ocurre fermentación microbiana, generando ácidos grasos volátiles (AGV) como fuente primaria de energía (Rees & Rees,

2003), mediante la cecotrofia se permite una segunda digestión y una mayor absorción de nutrientes esenciales, incluyendo aminoácidos y vitaminas del complejo B (Cabrero, s.f.).

Por su parte, los cuyes presentan un intestino grueso especializado y un ciego altamente desarrollado, donde la fermentación posgástrica convierte la fibra en AGV, utilizados como fuente energética (Cardona *et al.*, 2020a) por lo que, en ambos casos, los azúcares solubles favorecen el metabolismo energético eficiente, particularmente en fases de crecimiento acelerado o alta exigencia nutricional (Maza, 2025).

Según Ocampo (2009), los conejos en crecimiento requieren dietas con al menos 2250 kcal/kg de energía digestible y niveles proteicos entre 16 y 18%, mientras que, en cuyes, la energía digestible óptima en dietas de crecimiento es de aproximadamente 2800 kcal/kg, siendo crítica la oferta energética para optimizar la ganancia de peso y la eficiencia alimenticia según cita Maza (2025).

Tradicionalmente, los sistemas de producción han priorizado la selección de forrajes por su contenido proteico, sin considerar otros indicadores de calidad como los azúcares solubles; de acuerdo con el señalamiento de Cardona *et al.* (2020a) que factores como la especie, la fertilización, la edad del corte, la época del año y el horario de pastoreo afectan significativamente la composición de los forrajes, sin embargo, el análisis bromatológico aún es poco utilizado por los productores, dificultando la evaluación objetiva del valor nutricional del forraje (Cardona *et al.*, 2022).

En este contexto, el análisis de grados Brix mediante refractometría digital ha ganado relevancia por su facilidad de uso y rápida interpretación, permitiendo estimar indirectamente la concentración de azúcares solubles, como glucosa, fructosa y sacarosa (Gutiérrez *et al.*, 2017). Aunque ampliamente aplicado en fruticultura y en la industria lechera, su uso en evaluación de forrajes tropicales sigue siendo escaso, a pesar de ser un indicador clave de energía soluble disponible y potencial nutricional (Cardona *et al.*, 2022).

La selección de las especies forrajeras *Morus alba* (Morera) y *Boehmeria nivea* (Ramio), ambas de metabolismo C_3, fue realizada a sugerencia del propietario de la Granja La Cosmopolitana, por su elevada digestibilidad y alto contenido proteico; por su parte y en la misma petición se incluyó, *Pennisetum purpureum CV CT – 115* (King Grass), de metabolismo C_4, debido a su reconocida eficiencia fotosintética y su alta producción de biomasa, por lo que estas diferencias fisiológicas durante la fotosíntesis son incidentales durante la acumulación y translocación de azúcares entre especies C_3 y C_4 resultando determinantes a lo largo del día y durante las distintas fases del desarrollo fenológico, influenciando directamente en el valor energético del forraje (Cordero, s.f.).

Estudios recientes demuestran que la concentración de °Brix en especies como Kikuyo o Ryegrass puede aumentar significativamente entre la mañana y la tarde, lo cual mejora su aprovechamiento animal si se sincroniza el momento del corte con los picos de acumulación fotosintética (Cardona *et al.*, 2020b), no obstante, hay una notoria escasez de investigaciones enfocadas en cuantificar estos cambios en especies tropicales no convencionales y su impacto potencial en especies menores no rumiantes, lo cual constituye una brecha en el conocimiento técnico-científico.

A partir de esta problemática, se plantea la hipótesis según la cual las especies forrajeras tipo C_3 como la morera y el ramio, presentan mayores concentraciones de azúcares solubles en °Brix en comparación con la especie tipo C_4 como el King Grass, con diferencias significativas según el momento del día y la etapa de desarrollo vegetativo, optimizando su aprovechamiento energético en lagomorfos y caviomorfos.

Conduciendo el estudio a la evaluación del contenido de azúcares solubles en °Brix en *Morus alba*, *Boehmeria nivea* y *Pennisetum purpureum CV CT – 115* en tres etapas de desarrollo vegetativo, a los 30, 45 y 60 días y tres momentos del día, 8:00 a.m., 12:00 m. y 4:00 p.m. en cada especie a fin de comparar las diferencias en el comportamiento de acumulación de azúcares entre especies C_3 y C_4 e identificar el mejor momento de corte para maximizar el valor energético del forraje destinado a conejos y cuyes.

En función de esta lógica investigativa se busca aportar evidencia científica aplicable al diseño de sistemas de alimentación de precisión para especies menores, caracterizando el comportamiento diurno y ontogénico de los grados Brix en tres especies forrajeras con el objetivo de analizar la mejora de eficiencia en el uso de forrajes tropicales y contribuyendo a la sostenibilidad de la producción animal en zonas de clima cálido.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en la Granja La Cosmopolitana, ubicada en Latitud 4°13'24.24"N, Longitud 73°29'31.13"O, con Altitud aproximada de 372 msnm; en el kilómetro 7.5 de la vía San Nicolás, vereda La Floresta, municipio de Restrepo, departamento del Meta, Colombia, piso térmico cálido, emplazada en un entorno agroecológico representativo del trópico medio colombiano, combinando actividades agrícolas, pecuarias y de conservación ambiental, lo que permite extrapolar los resultados a condiciones similares de altitud, temperatura y régimen lumínico.

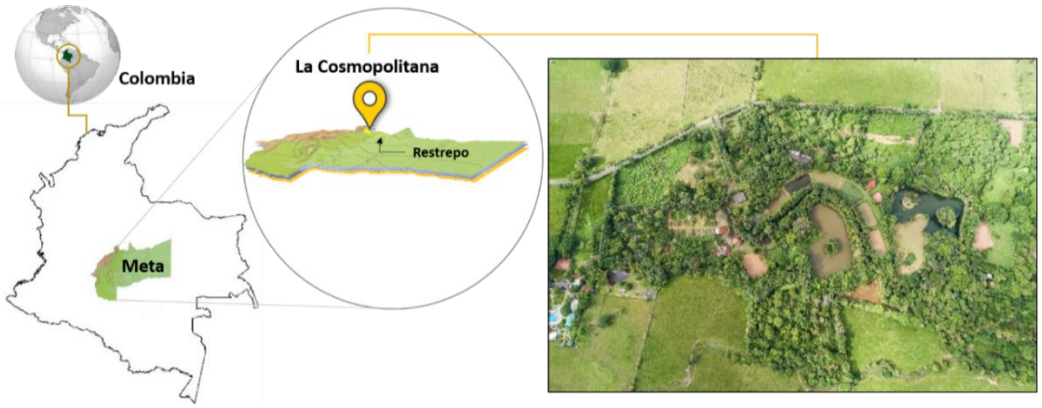


Figura 1. *Delimitación del área de estudio: Colombia, Meta, Restrepo, Cosmopolitana. Fuente: Adaptado del atlas de Colombia.*

Esta zona presenta un clima tropical monomodal, coincidente con lo expuesto por Jaramillo-Robledo y Chaves-Córdoba (2000); con una temperatura media anual de 25.8 °C y una humedad relativa promedio del 83,7 %; la precipitación anual alcanza los 7.728 mm, siendo mayo el mes de mayor pluviosidad con 1.169 mm; la luminosidad o brillo solar para los meses de marzo y abril es de 3,59 horas, y nubosidad de 4,5 horas siendo ideal para procesos de germinación, fotosíntesis y suficiente para un desarrollo vegetal. (Fedearroz, 2025).

El suelo es arcilloso, con pH ácido a ligeramente ácido, baja a media fertilidad, fósforo limitado, saturación media-alta de aluminio, su densidad aparente varía de 1.2 a 1.7 g/cm³ entre horizontes, y drenaje imperfecto, coincidiendo con las características física, químicas y mineralógicas de los suelos del piedemonte descritos por Álvarez de León & Rincón, (2010).

Diseño experimental

Se aplicó un diseño completamente al azar (DCA) con un arreglo factorial 3 × 3 × 3 donde los factores evaluados fueron tres especies forrajeras, *Morus alba, Boehmeria nivea* y *Pennisetum purpureum CV CT – 115*, tres edades fisiológicas a 30, 45 y 60 días después del rebrote, y tres momentos del día 8:00 a.m., 12:00 m. y 4:00 p.m., con tres repeticiones por combinación de tratamiento, para un total de 81 unidades experimentales; modelo propio del enfoque en las ciencias agrarias sugerido por Almeida (2021).

Especie, número de animales, tratamiento, repeticiones

Para validar la aplicabilidad nutricional de los resultados, se realizó una fase de evaluación con 10 conejos (*Oryctolagus cuniculus*) y 10 cuyes (*Cavia porcellus*), en etapa de crecimiento con edad promedio 45 ± 3 días, alojados en jaulas individuales en condiciones controladas, los cuales fueron alimentados ad libitum con las especies forrajeras previamente caracterizadas, registrando el consumo voluntario y el comportamiento ingestivo durante 48 horas, esta etapa permitió vincular la variabilidad en °Brix con la aceptación y respuesta práctica en especies monogástricas herbívoras.

Asimismo, se desarrollaron todos los procedimientos conforme a los lineamientos de bienestar animal establecidos por la Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE, 2024) y la normativa colombiana Ley 1774 de 2016 y la Resolución ICA 0254 de 2012; si bien el estudio no contó con aval de un comité de ética institucional, se aplicaron estrictamente los principios (3R) de reemplazo, reducción y refinamiento, garantizando condiciones adecuadas de alojamiento, alimentación y manejo para minimizar el estrés y proteger el bienestar de los animales involucrados.

Variables medidas

Las variables medidas en el experimento fueron, el contenido de azúcares solubles °Brix en savia foliar, como indicador indirecto de energía soluble, edad fisiológica del forraje de 30, 45, 60 días post rebrote, hora de corte 8:00 a.m., 12:00 m., 4:00 p.m. y consumo voluntario g MS/día y tasa de aceptación (%) en los animales.

Instrumentos de medición

La medición de azúcares solubles se realizó utilizando un Refractómetro Digital Portátil Brix/RI-Chek Reichert con un rango de medición: 0 – 62% Brix x 0,1 % Brix, Rango Índice de refracción de 1,3330 - 1,4465 nD x 0,0001 nD y

precisión +- 0,0002 nD, calibrado antes de cada jornada con agua destilada según las especificaciones del fabricante. (Reichert.Ametek, S.f.).

Las muestras consistieron en hojas y tallos tiernos recolectados al azar por tratamiento, los cuales fueron triturados manualmente en mortero de cerámica hasta obtener savia fresca, posteriormente filtrada y evaluada, además, de cada muestra se realizaron tres mediciones independientes, promediando el valor resultante por unidad experimental para asegurar la consistencia de los registros.

Adicionalmente, se recolectaron tres muestras por tratamiento, conformadas por un pool representativo de material vegetal ≈500 g de peso fresco por unidad experimental, lo que garantizó uniformidad y validez en las mediciones.

Cabe señalar que el funcionamiento del refractómetro obedece al cambio de dirección que experimenta un rayo de luz al pasar de un medio a otro con distinta densidad óptica, de modo que, cuando se coloca una gota del jugo vegetal sobre el prisma del refractómetro, el dispositivo calcula el índice de refracción y lo traduce en °Brix, indicando así, la cantidad de azúcares solubles por cada 100 gramos de muestra líquida; para esto, se debe tener en cuenta que un grado Brix equivale a aproximadamente 1% de sacarosa disuelta.

Análisis estadístico

Los datos fueron analizados mediante un modelo de análisis de varianza multifactorial ANOVA, con el objetivo de evaluar los efectos principales y combinados de los factores, especie forrajera, edad fisiológica del corte y hora del día, sobre los valores de °Brix, utilizados como estimador indirecto de la concentración de azúcares solubles totales en los tejidos vegetales.

El modelo se ajustó en un diseño completamente aleatorizado y las comparaciones múltiples entre medias de los niveles de cada factor se realizaron mediante el test de Tukey HSD, con un umbral de significancia establecido en $\alpha = 0.05$; también se asumió el cumplimiento de los supuestos de normalidad de los residuos y homogeneidad de varianzas, que son inherentes al uso del modelo ANOVA en condiciones controladas.

El procesamiento estadístico fue ejecutado en el entorno RStudio versión 4.3.1, utilizando los paquetes Agricolae para ANOVA y pruebas post hoc y ggplot2, para la visualización de los resultados mediante gráficos exploratorios y comparativos, garantizando un enfoque metodológico con un marco analítico replicable, sistemático y científicamente confiable para el tratamiento de datos experimentales.

Dicha estructura permite identificar con precisión patrones fisiológicos consistentes en la acumulación de azúcares solubles y con ello generar información sólida para la toma de decisiones en modelos de nutrición de precisión en animales, basada en datos objetivos sobre la optimización del momento de corte en especies forrajeras adaptadas a condiciones agroecológicas tropicales reales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en esta investigación a partir del análisis de varianza multifactorial ANOVA, permiten evidenciar un efecto altamente significativo del factor especie forrajera sobre los valores de grados Brix ($F = 24.31$; $p < 0.001$), mientras que los factores hora del día ($p = 0.371$) y edad del corte ($p = 0.437$) no mostraron diferencias estadísticamente significativas, aunque son considerados en el modelo como parte de la estructura experimental, tal como se evidencia en la siguiente tabla.

Tabla 1. *Análisis de varianza para los valores de °Brix en función de la especie forrajera, hora del día y edad fisiológica del corte. Fuente: Autor.*

Fuente de Variación	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	Interpretación estadística
Especie Forrajera	2	80.10	40.05	24.312	4.42e-06	Altamente significativo
Hora de Corte	2	3.44	1.72	1.043	0.371	ns – No significativo
Día de Corte	2	2.84	1.42	0.863	0.437	ns – No significativo
Error (Residuales)	20	32.95	1.65	—	—	Variabilidad no explicada por el modelo
Total	26	119.33	—	—	—	Suma total de variación



Este resultado indica que la variación en la concentración de azúcares solubles es explicada en gran medida por la identidad taxonómica de la especie, más que por la hora o edad fisiológica del corte bajo las condiciones de evaluación.

Con el fin de complementar los hallazgos del análisis de varianza y proporcionar una visión más detallada de la dinámica interna de los datos, se presenta un resumen estadístico desglosado por especie forrajera, hora del día y edad fisiológica del corte, permitiendo visualizar no solo las diferencias en los valores promedio, sino también la dispersión, simetría y consistencia de los datos dentro de cada grupo experimental.

Tabla 2. *Resumen estadístico de °Brix por especie forrajera, hora del día y edad fisiológica del corte. Fuente: Autor*

Especie Forrajera	HORA	DÍA CORTE	Media_BRIX	Desv_Std_BRIX	Mediana_BRIX	n
T1M	4	30	8.033333	NA	8.033333	1
T1M	4	45	8.000000	NA	8.000000	1
T1M	4	60	7.933333	NA	7.933333	1
T1M	8	30	6.600000	NA	6.600000	1
T1M	8	45	11.200000	NA	11.200000	1
T1M	8	60	9.975000	NA	9.975000	1
T1M	12	30	6.500000	NA	6.500000	1
T1M	12	45	6.800000	NA	6.800000	1
T1M	12	60	8.875000	NA	8.875000	1
T2R	4	30	8.133333	NA	8.133333	1
T2R	4	45	6.400000	NA	6.400000	1
T2R	4	60	6.725000	NA	6.725000	1
T2R	8	30	7.066667	NA	7.066667	1
T2R	8	45	6.633333	NA	6.633333	1
T2R	8	60	6.750000	NA	6.750000	1
T2R	12	30	7.566667	NA	7.566667	1
T2R	12	45	5.300000	NA	5.300000	1
T2R	12	60	7.375000	NA	7.375000	1
T3K	4	30	5.933333	NA	5.933333	1
T3K	4	45	3.533333	NA	3.533333	1
T3K	4	60	3.525000	NA	3.525000	1
T3K	8	30	4.266667	NA	4.266667	1
T3K	8	45	2.833333	NA	2.833333	1
T3K	8	60	5.750000	NA	5.750000	1
T3K	12	30	5.433333	NA	5.433333	1
T3K	12	45	2.700000	NA	2.700000	1
T3K	12	60	2.750000	NA	2.750000	1

Como se observa en la tabla anterior, los valores medios de Brix fueron consistentemente más altos en las especies *Morus alba* (M) y *Pennisetum purpureum CV CT – 115* (K), independientemente de la hora o del momento del corte, lo que evidencia su mayor capacidad fisiológica para acumular azúcares solubles en condiciones tropicales.

Para proceder con la interpretación de los efectos del modelo ANOVA, se verificaron los supuestos de normalidad de los residuos y homogeneidad de varianzas, con el fin de garantizar la validez de los resultados inferenciales; tal es el caso de la Figura 2, correspondiente al gráfico Q-Q de los residuos estandarizados del modelo.

Aquí se observa que los puntos se alinean de forma adecuada sobre la línea de referencia teórica, indicando que la distribución de los residuos se aproxima a una distribución normal, por lo que esta evidencia respalda el cumplimiento del supuesto de normalidad, constituyéndose en uno de los criterios fundamentales para la validez del análisis de varianza, y refuerza la confiabilidad de las conclusiones derivadas del modelo estadístico.

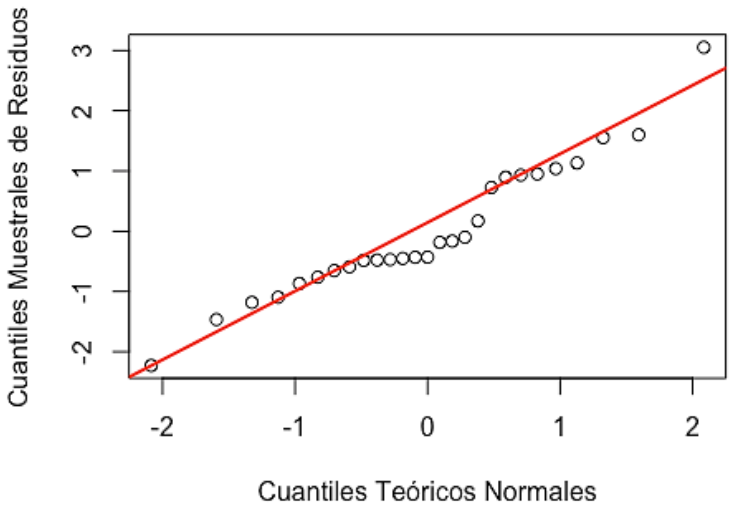


Figura 2. *Gráfico Q-Q de Residuos del modelo ANOVA.Fuente: Autor.*

Adicionalmente, la Figura 3, con el histograma de los residuos generados por el modelo ANOVA, acompañado de una curva teórica de distribución normal, señala que la distribución se presenta como simétrica y centrada en torno a cero, sin presencia de valores atípicos extremos ni sesgos evidentes, por lo que esta representación gráfica refuerza el cumplimiento del supuesto de normalidad de los residuos, condición necesaria para dar validez a las pruebas estadísticas aplicadas.

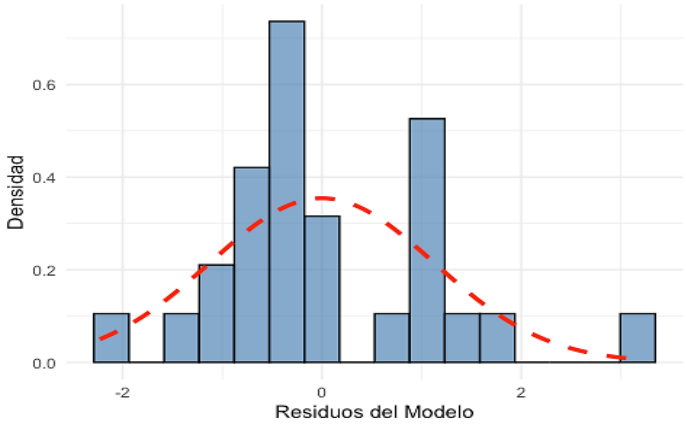


Figura 3. *Histograma de Residuos con Curva Normal. Fuente: Autor.*

Además de verificar la normalidad de los residuos, se consideró el supuesto de homogeneidad de varianzas entre los niveles de los factores evaluados, condición necesaria para la validez de los contrastes del modelo ANOVA, toda vez que los residuos presentaron distribución simétrica y centrada, sin evidencia de asimetría ni presencia de valores atípicos (Figura 3), y considerando que los datos originales mostraron un comportamiento aproximadamente normal, se asumió una varianza homogénea entre grupos conforme al principio de robustez del análisis de varianza bajo condiciones normales.

Esta interpretación es respaldada por la distribución equilibrada de los residuos y la ausencia de patrones sistemáticos de dispersión, lo cual sugiere que la varianza residual es constante a lo largo de las combinaciones experimentales evaluadas.

Acto seguido, con el propósito de comparar visualmente el comportamiento de cada especie forrajera bajo diferentes condiciones de corte, se elaboró un gráfico de barras que resume los valores promedio de °Brix, desagregados por especie, hora del día y edad fisiológica del forraje, permitiendo identificar patrones combinados entre factores y explorar posibles interacciones que, si bien no fueron estadísticamente significativas en el análisis formal, podrían tener implicaciones agronómicas relevantes.

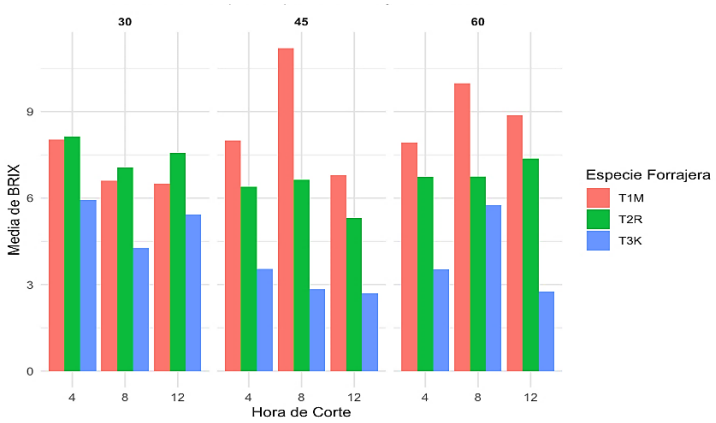


Figura 4. *Valores promedio de °Brix por especie forrajera, hora del día y edad fisiológica del corte. Fuente: Autor.*

La Figura 4 confirma visualmente que las especies *Morus alba* (Morera) y *Pennisetum purpureum CV CT – 115* (King Grass) presentan los valores más altos de Brix de forma consistente a través de todas las combinaciones evaluadas y aunque el ANOVA no detectó efectos significativos para los factores hora del día ni edad del corte de forma individual ($p > 0.05$), el gráfico sugiere que existen diferencias prácticas relevantes dentro de cada especie.

Así mismo, destaca la tendencia general al incremento de Brix hacia las 04:00 pm, particularmente en las especies de mayor capacidad fotosintética, lo cual es coherente con la fisiología de acumulación de azúcares en horas de alta actividad estomática y fotosintética, por otra parte, el comportamiento relativamente estable de *Morus alba* a lo largo del tiempo sugiere una adaptación fenológica favorable para mantener alta calidad nutricional en diferentes edades del forraje; lo anterior es particularmente útil para fundamentar decisiones agronómicas prácticas.

Con el análisis de las Figuras 5, 6 y 7 se marca el inicio de la discusión, al ofrecer una representación visual de las interacciones entre factores y la distribución de los valores de °Brix por especie, la variabilidad fisiológica entre especies y la aplicabilidad práctica de los patrones observados, permitiendo profundizar en la interpretación fisiológica de los resultados, más allá de los efectos relacionados en el ANOVA.

Por lo que a fin de complementar los hallazgos principales y explorar los posibles efectos combinados, se construyó el siguiente gráfico de interacción, que representa los valores de °Brix según la especie forrajera, la hora del día y la edad fisiológica del corte, esta visualización tiene como objetivo identificar patrones sinérgicos o divergentes en la acumulación de azúcares, que puedan no ser captados por el análisis de efectos principales.

En la Figura 5, se observa que las especies con mayores niveles promedio de Brix son *Morus alba* y *Pennisetum purpureum CV CT – 115, las cuales* tienden a mantener dicha ventaja relativa en casi todas las combinaciones de hora y edad de corte, y aunque el modelo de ANOVA no identificó una interacción estadísticamente significativa entre los factores ($p > 0.05$), la visualización sugiere una tendencia biológicamente consistente con las especies con mayor capacidad fotosintética y acumulativa, tendientes a exhibir menor variabilidad en condiciones cambiantes, lo que puede considerarse como una ventaja agronómica en sistemas de producción forrajera tropical.

Asimismo, la interacción sugiere que algunas combinaciones específicas como *Boehmeria nivea* cortada a las 04:00 pm en edad intermedia pueden generar picos de Brix puntuales, lo cual plantea líneas futuras de investigación para la optimización de cosechas selectivas por especie y horario.

Además de los promedios y rangos observados en los análisis anteriores, resulta pertinente evaluar la forma y dispersión de la distribución de los datos para cada especie forrajera, por lo que el gráfico de densidad presentado a continuación, permite identificar tendencias centrales, simetrías, amplitud de dispersión y posibles multimodalidades dentro de los valores de grados Brix, lo cual enriquece la interpretación fisiológica de los resultados obtenidos.

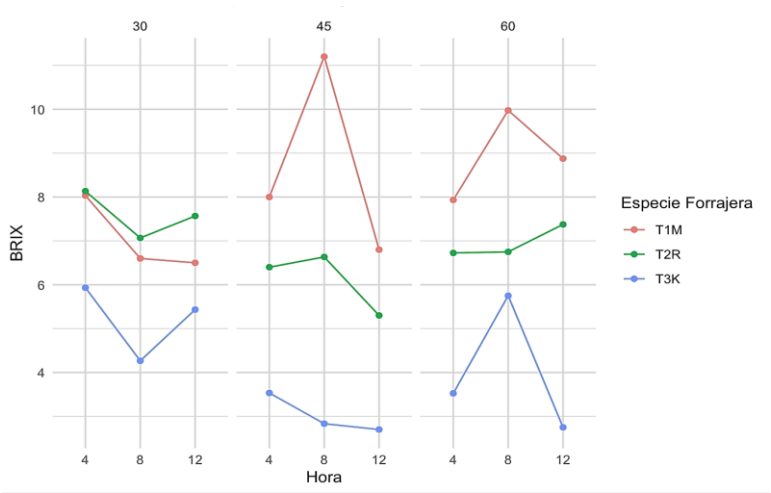


Figura 5. *Interacción entre especie forrajera, hora del día y edad fisiológica del corte sobre los valores de grados Brix. Fuente: Autor.*

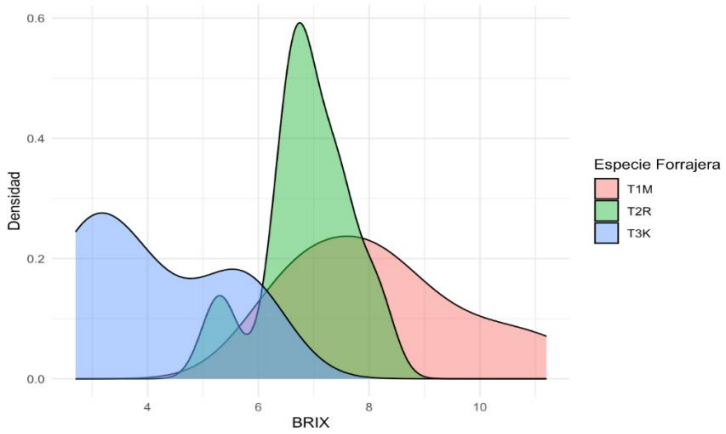


Figura 6. *Distribución de densidad de los grados Brix por especie forrajera evaluada. Fuente: Autor.*

Aquí, en la Figura 6, se muestra que las distribuciones de grados Brix presentan comportamientos claramente diferenciados entre especies; se aprecia en las curvas asociadas a *Morus alba* y *Pennisetum purpureum CV CT – 115*, que se desplazan hacia valores más altos de Brix, con distribuciones asimétricas positivas, indicando una mayor frecuencia de observaciones con alta concentración de azúcares solubles.

Por el contrario, especies con menor capacidad fotosintética o eficiencia de acumulación, muestran densidades concentradas en valores bajos, lo que reduce su valor energético potencial, también se observa que las especies con mayor contenido de Brix presentan menor dispersión relativa, lo cual es indicativo de estabilidad fisiológica en condiciones ambientales variables, ofreciendo mayor previsibilidad en calidad nutricional, siendo este un aspecto clave en sistemas intensivos de alimentación animal.

Se debe resaltar que este tipo de gráfico, basado en estimaciones no paramétricas de la función de densidad, es particularmente útil cuando se desea representar no solo el valor promedio, sino la estructura completa de la distribución, permitiendo inferencias más detalladas sobre la variabilidad intraespecífica.

Con el fin de evaluar la existencia de una posible relación sistemática entre el momento del día y la concentración de azúcares solubles en los forrajes, se construyó la Figura 7, correspondiente a un gráfico de dispersión con ajuste de regresión lineal para cada especie evaluada, esta representación permite explorar tendencias horarias en la acumulación de grados Brix, lo cual resulta de especial interés desde una perspectiva fisiológica y agronómica, dado su impacto en la determinación óptima del momento de corte.

Si bien el modelo ANOVA no identificó diferencias significativas atribuibles a la hora de corte, los patrones visuales evidenciados en la gráfica sugieren una tendencia creciente hacia la tarde, particularmente notable en las especies de metabolismo tipo C_3, que suelen mostrar mayor sensibilidad y respuesta positiva a la disponibilidad luminosa durante las horas matutinas y del mediodía.

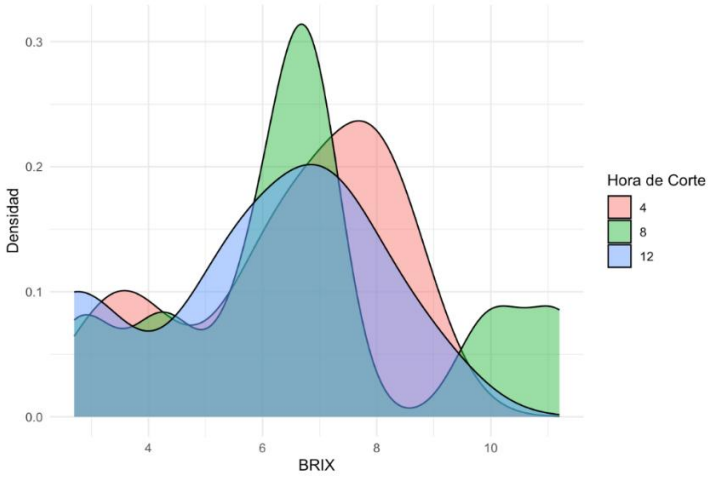


Figura 7. *Tendencia lineal de distribución de °Brix en función de la hora de corte. Fuente: Autor.*

En el gráfico anterior se observa que, para varias de las especies evaluadas, existe una tendencia fisiológica positiva en la correlación entre hora del día y los valores de grados Brix, consistente con la acumulación de azúcares a lo largo del día, como resultado de la fotosíntesis neta, específicamente, en *Morus alba* y *Boehmeria nivea*, que muestran pendientes ascendentes más pronunciadas, lo que indica una acumulación progresiva de azúcares a medida que avanza el día; esta tendencia, aunque no fue estadísticamente significativa en el análisis de varianza ($p > 0.05$), es coherente con la fisiología fotosintética, donde la síntesis de carbohidratos se incrementa durante las horas de mayor intensidad lumínica.

Por el contrario, el *Pennisetum purpureum CV CT – 115* presentan una pendiente más plana, sugiriendo una acumulación menos dependiente de la hora, posiblemente debido a diferencias en su metabolismo o en la partición de fotoasimilados; por lo anterior, este análisis en primera instancia, refuerza la recomendación práctica de realizar los cortes en las horas vespertinas, es decir, alrededor de las 04:00 pm, particularmente en aquellas especies que presentan un patrón de acumulación ascendente y en segunda instancia aporta evidencia útil para el diseño de protocolos de cosecha adaptados a especies específicas, maximizando el aporte energético del forraje.

Por otra parte, si bien el *Boehmeria nivea* (R), no se destacó numéricamente como la especie con mayor concentración de azúcares solubles en los análisis principales, su comportamiento fisiológico revela un patrón intermedio altamente valioso desde el punto de vista agronómico, ya que presentó una respuesta consistente en todas las condiciones evaluadas, caracterizada por una distribución de Brix centrada y estable, con una pendiente positiva en su tendencia lineal con respecto a la hora del día, lo cual sugiere una acumulación progresiva de azúcares sin variabilidad extrema.

Esta estabilidad, combinada con un perfil de acumulación creciente, convierte al Ramio en una especie estratégica para sistemas forrajeros que requieren uniformidad nutricional, especialmente en esquemas de producción donde el forraje debe mantenerse en rangos aceptables de calidad sin depender de condiciones óptimas o especies de alto rendimiento, pero mayor variabilidad.

Ahora, el moderado contenido de Brix, junto con una menor dispersión en su distribución, indica un potencial funcional como recurso complementario o estabilizador de raciones, sobre todo en dietas orientadas a lagomorfos y caviomorfos, que son altamente sensibles a cambios en la concentración de carbohidratos solubles; en consecuencia, y aunque el Ramio no sobresalga en los valores máximos absolutos, este debe considerarse como una opción técnica válida y confiable dentro de sistemas integrados de alimentación tropical, especialmente por su adaptabilidad, estabilidad en contenido energético y comportamiento fisiológico predecible.

Conforme a las tendencias evidenciadas, es pertinente señalar que durante el segundo muestreo se registró una precipitación intensa, lo que probablemente redujo la radiación solar incidente y, en consecuencia, limitó la actividad fotosintética, dicha condición climática pudo haber influido en la menor acumulación de azúcares, especialmente en especies de metabolismo C_3, conocidas por su mayor sensibilidad a las variaciones en luminosidad; en este contexto, la refractometría digital se destacó como una herramienta eficaz para detectar estas fluctuaciones en condiciones de campo, funcionando como un indicador indirecto tanto de la calidad nutricional como de la eficiencia fotosintética (Cardona *et al.*, 2022).

Asimismo, la variabilidad en °Brix observada entre especies confirma que el metabolismo fotosintético influye en la acumulación y movilización de azúcares (Hernández-Bernal et al, 2022), aspecto evidenciado en las especies C_3 (Morera y Ramio), las cuales tendieron a presentar valores más altos que la especie C_4 (King Grass) reforzando la hipótesis planteada; por lo que esto resulta relevante al momento de planificar estrategias de corte y suministro, ya que permite sincronizar la oferta de energía soluble con las necesidades fisiológicas de lagomorfos y caviomorfos.

En la fase animal, los registros de consumo voluntario y aceptación del forraje se analizaron de forma descriptiva, dado que el objetivo principal no fue establecer diferencias estadísticas entre tratamientos, sino evidenciar la respuesta biológica asociada al contenido de azúcares solubles en los forrajes, bajo este enfoque, los valores obtenidos constituyen indicadores prácticos de comportamiento ingestivo y permiten confirmar la correlación positiva entre mayores concentraciones de °Brix y una mejor respuesta productiva.

El análisis descriptivo se consideró suficiente, ya que los datos no pretendían soportar inferencias comparativas, sino validar en condiciones de campo la aplicabilidad de la refractometría como herramienta para predecir aceptación y desempeño animal; esta decisión metodológica fortalece la interpretación, en tanto sitúa el consumo voluntario como un criterio biológico de validación complementaria, coherente con el peso vivo registrado en conejos y cuyes, lo cual respalda el carácter integral del estudio.

En la fase de validación zootécnica se confirmó que tanto conejos como cuyes respondieron favorablemente al consumo de forrajes con mayores valores de °Brix, en los conejos se observaron ganancias de peso consistentes y claras, mientras que los cuyes, aunque con variabilidad, también manifestaron incrementos significativos y un mejor comportamiento ingestivo, lo que demuestra la estrecha relación entre la disponibilidad de azúcares solubles y el desempeño animal.

En función de los patrones identificados desde este enfoque, los resultados, aunque complementarios sustentan prácticas de nutrición de precisión, mejorando el suministro de energía fermentable y la aceptabilidad del forraje, por consiguiente, una mayor concentración de °Brix se traduce en mejor palatabilidad e influyendo positivamente en el consumo voluntario, la eficiencia alimenticia y el bienestar de los animales, en línea con lo señalado por Cardona *et al.* (2020a) y Rees & Rees (2003), además refuerzan la importancia de los grados Brix como indicador práctico para orientar el corte y suministro forrajero en sistemas tropicales de producción animal.

CONCLUSIONES

Derivado de los hallazgos obtenidos, se concluye que la concentración de azúcares solubles °Brix en los forrajes tropicales evaluados está influenciada de manera significativa por la interacción entre especie, edad del rebrote y momento del día; en el caso de las especies de metabolismo C_3, particularmente la morera (*Morus alba*), mostraron mayor acumulación de azúcares, mientras que el ramio (*Boehmeria nivea*) mantuvo niveles intermedios sostenidos, en comparación con la especie C_4, King Grass (*Pennisetum purpureum* CV CT-115), especialmente en etapas tempranas y durante horas vespertinas.

Estos resultados confirman la hipótesis planteada, al demostrar que los grados Brix se relacionan directamente con la palatabilidad, el consumo voluntario y la respuesta productiva en conejos y cuyes, así, el contenido de azúcares solubles se consolida como un indicador confiable y práctico de la eficiencia alimentaria y del desempeño zootécnico en sistemas tropicales.

La fase de validación animal evidenció que los conejos presentaron ganancias de peso superiores y consistentes al consumir forrajes con mayores valores de °Brix, mientras que los cuyes lograron incrementos satisfactorios y un mejor comportamiento ingestivo, reflejando su sensibilidad a la calidad del forraje y aportando evidencia complementaria al modelo experimental.

Desde una perspectiva operativa, se recomienda el corte de morera en horas vespertinas es decir sobre las 16:00 horas y a los 45 días de rebrote, pues en este punto se concentra el mayor contenido de azúcares solubles y se maximiza el aporte energético en sistemas tropicales de producción con conejos y cuyes.

El monitoreo de °Brix mediante refractometría digital se confirma como una herramienta válida, rápida y de bajo costo para estimar el valor energético de los forrajes y programar el suministro en sistemas de nutrición de precisión, contribuyendo a mejorar la rentabilidad y sostenibilidad de la producción animal tropical.

Finalmente, se sugiere que futuras investigaciones incluyan la medición de radiación solar mediante luxometría como variable complementaria, dado que la fotosíntesis y la acumulación de azúcares están estrechamente relacionadas con la intensidad lumínica, asimismo, a medida que se incremente la robustez de los datos, los supuestos estadísticos podrían ser validados formalmente con pruebas como Bartlett, con el fin de ampliar la inferencia científica del modelo.

Contribución de la Autoría

Autor[1]: Formulación del proyecto, diseño metodológico y procesamiento estadístico.

Autor[2]: Recolección de datos, análisis de resultados, redacción técnica del manuscrito y edición final.

Autor[3]: Manejo experimental, recolección de datos y revisión bibliográfica.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a los estudiantes que integran la Red Académica de Investigación Zootécnica RAIZ, perteneciente a la Escuela de Ciencias Agrarias, Pecuarias y del Medio Ambiente ECAPMA, de la UNAD, Zona Amazonía Orinoquía ZAO; Robert Rodríguez, Laura Leonela López Duarte, Eliana Olaya Jiménez y Paula Andrea Quijano Durán, por su compromiso y valiosa participación en el desarrollo de la investigación.

Extendemos un especial agradecimiento al Señor Roberto Rodríguez García director y propietario de la Granja La Cosmopolitana por su generosidad al facilitar las instalaciones, permitiendo así el desarrollo integral de esta investigación en un entorno agroecológico real y representativo del piedemonte tropical colombiano, así mismo agradecemos a la Ingeniera Amanda Caballero por su acompañamiento experto en el tratamiento estadístico de datos, contribuyendo significativamente al fortalecimiento de este estudio.

BIBLIOGRAFÍA

Almeida, J. (2021). *Diseño experimental: Un Enfoque en las Ciencias Agrarias* (1 ed.). Notas de Campus. Bogotá , D. C., Colombia: Sello Editorial UNAD. https://doi.org/https://doi.org/10.22490/notas.3517

Álvarez de León, M., & Rincón, Á. (2010). Características Agroecológicas de la Orinoquía Colombiana. En C. C. Agropecuaria, & Produmedios (Ed.), *Establecimiento, Manejo y Utilización de Recursos Forrajeros en Sistemas Ganaderos de Suelos Ácidos* (Primera ed., págs. 9-26). Villavicencio, Meta, Colombia: CORPOICA. https://repository.agrosavia.co/server/api/core/bitstreams/13634942-21b6-4ca7-a4b4-7f8dd0c82e6f/content

Cabrero, E. (s.f.). Reproducción y Alimentación. *Primeras Jornadas Cunícolas "Baix Ebre"*, 13-17. https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/2868754.pdf

Cardona, J. L., Castro, E., & Suárez, E. A. (2022). *Los grados brix como herramienta para determinar el potencial nutricional en forrajes.* (A. V. Díaz, Ed.) Mosquera, Cundinamarca, Colombia: AGROSAVIA. https://doi.org/10.21930/agrosavia.manual.7405798

Cardona, J. L., Portillo, P. A., Carlosama, L. D., Varga, J. d., Avellaneda, Y., Burgos, W. O., & Patiño, R. E. (2020a). *Importancia de la alimentación en el sistema productivo del cuy.* (J. E. García, Ed.) Mosquera, Cundinamarca, Colombia: Agrosavia. https://editorial.agrosavia.co/index.php/publicaciones/catalog/view/54/53/673-2

Cardona, J. L., Urbano, M. F., & Castro, E. (2020b). *Evaluación de sólidos solubles en recursos forrajeros del trópico alto en el departamento de Nariño*. (V. Escobar, Ed.) CES Medicina Veterinaria Y Zootecnia*, 15*(2), 8-22. https://doi.org/https://doi.org/10.21615/cesmvz.15.2.1

Cordero, S. (s.f.). *Plantas de Metabolismo Fotosintético C-3, C-4 Y CAM*. *Spin Cero*, 121-128. https://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/PlantasdemetabolismoC3yC4.pdf

Fedearroz. (2025). *https://clima.fedearroz.com.co/meta/*. (F. N. Arroz, Editor, & Servicio Climático) https://clima.fedearroz.com.co/meta/

Gutiérrez J.A., Reyes H., Castañeda J.F. (12 de junio de 2017). *Análisis fisicoquímico de las hojas de eucalipto camaldulensis y su hidrolizado, como sustrato en la producción de xilitol*. (F. d. ingeniería, Ed.) Entre Ciencia e Ingeniería*, 11*(22), 76-83. https://doi.org/https://doi.org/10.31908/19098367.3553

Hernández-Bernal, A. F., Gregorio-Jorge, J., & León, P. (09 de diciembre de 2022). *El papel de los azúcares como moléculas de señalización en las plantas*. (F. d. Zaragoza, Ed.) Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 25*, 1-20. https://doi.org/https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2022.519

Jaramillo-Robledo, A., & Chaves-Córdoba, B. (2000). *Distribución de la Precipitación en Colombia Analizada Mediante Conglomeración Estadística*. Cenicafé*, 51*(2), 102-113. https://www.cenicafe.org/es/publications/arc051%2802%29102-113.pdf

Maza, A. H. (07 de enero de 2025). *Evaluación de diferentes fuentes de fibra soluble sobre parámetros productivos en cuyes (Cavia porcellus) post destete*. *dspace.unl.edu.ec.* (U. N. Loja, Ed.) https://dspace.unl.edu.ec/server/api/core/bitstreams/9f4fb0e9-976c-4d93-a817-8a79825e5d54/content

Ocampo, A. (mayo de 2009). *Finalización de Conejos de Engorda a un Costo menor.* Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. (U. A. Narro, Ed.) http://repositorio.uaaan.mx:8080/bitstream/handle/123456789/2953/ANTONIO%20OCAMPO%20ANDRADE.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

OIE.- World Organisation for Animal Health. (2024). *Terrestrial Animal Health Codes* (Trigésima Segunda ed., Vol. 1). (WOAH, Ed.) París, Francia: https://rr-africa.woah.org/en/news/new-oie-terrestrial-codes-available-for-download-in-pdf-2021/

Rees, R., & Rees, J. A. (2003). *Rabbit gastrointestinal physiology.* (Elsevier, Ed.) The Veterinary Clinics of North America: Exotic Animal Practice (6), 139-153. https://doi.org/10.1016/S1094-9194(02)00024-5.

Reichert.Ametek. (s.f.). *Reichert® Brix/RI-Chek Pocket Digital Refractometer*. store.reichert.com. (Reichert, Productor, & Ametek) https://store.reichert.com/Brix-RI-Chek/?srsltid=AfmBOoqEq6kn0gDTK4wX502kQVXYwmg-2_wbnHi307X22dOFBT95II6l.

IP-09. Producción de sorgo (*Sorgum bicolor* L. Moench) con variantes de fertilización orgánica

Sorghum production (*Sorgum bicolor L. Moench*) with organic fertilizer variants

R. Pérez Yaqui; E. Canino Parrado y J. J. Pereda Mouso

Estación Experimental de Pastos y Forrajes de Camagüey. Carretera Central Este, Jimaguayú, Camagüey, Cuba.

*Correspondencia a: jorgeperedamouso@gmail.com

RESUMEN

La investigación tiene el objetivo de evaluar la producción de sorgo (*Sorgum bicolor* L. Moench) con variantes de fertilización orgánica en suelos pardos sin carbonatos de la provincia Camagüey. Para evaluar las variantes de fertilización orgánica, se diseñó un experimento en áreas de la Estación Experimental de Pastos y Forrajes de Camagüey. Para ello se siguió un diseño de Bloque al Azar, con tres repeticiones por tratamientos y parcelas de 40 m^2. Los tratamientos consistieron en (A) No aplicación de fertilizantes orgánicos (Control); (B) Incorporación de abono verde al suelo; (C) Incorporación de abono verde al suelo previamente inoculado con Rhizobium; (D) Incorporación de abono verde al suelo, previamente inoculado con Rhizobium, más humus de lombriz; (E) Incorporación de abono verde al suelo con humus de lombriz y (F) Siembra con aplicación de humus de lombriz al suelo. Se obtuvo un incremento en la producción de sorgo a partir de la combinación de la incorporación de abono verde de Dolicho, previamente inoculado con cepas de Rhizobium y fertilizado con humus, con rendimientos finales que difieren de las variantes donde no se inoculó o solo se empleó el humus.

Palabras clave: *fertilizantes orgánicos, sorgo, rendimientos.*

ABSTRACT

The aims research was to evaluate the production of sorghum (Sorgum bicolor L. Moench) with variants of organic fertilization in brown soils without carbonates. To evaluate the organic fertilizer variants, an experiment was designed in areas of the Camagüey Pasture and Forage Experimental Station. A randomized block design was used, with three replicates per treatment and 40 m2 plots. The treatments consisted of (A) No application of organic fertilizers (Control); (B) Incorporation of green manure to the soil; (C) Incorporation of green manure to soil previously inoculated with Rhizobium; (D) Incorporation of green manure to the soil, previously inoculated with Rhizobium, plus earthworm humus; (E) Incorporation of green manure to the soil with earthworm humus and (F) Sowing with application of earthworm humus to the soil. An increase in sorghum production was obtained from the combination of the incorporation of Dolicho green manure, previously inoculated with Rhizobium strains and fertilized with humus, with final yields that differed from the variants where it was not inoculated or only humus was used.

Key words: *organic fertilizers, sorghum, yields.*

INTRODUCCIÓN

La FAO (2011), propuso como estrategia de desarrollo de la intensificación sostenible de la agricultura, apoyado en la aplicación de enfoques holísticos integrados en los sistemas de producción, lo que significa aprovechar los procesos ecosistémicos naturales, que incluyen la fertilidad del suelo, los servicios de polinización, la regulación natural de las plagas, las enfermedades y las prácticas agronómicas respetuosas con el medio ambiente, para aumentar la eficiencia y la resiliencia de los sistemas de producción agrícola.

En relación con lo planteado, Vilche, *et al* (2007), al estudiar el uso de la energía en diferentes sistemas agropecuarios, encontraron que el sorgo de conjunto con el maíz, resultaron ser los cultivos más eficientes desde el punto de vista energético, y enfatizaron en su capacidad para producir más energía que la consumida, evidenciando una mayor eficiencia de conversión. Al considerar las ventajas descritas Gallardo *et al.* (2011), señalaron que en países como la India, China y México, han estudiado la producción de bioetanol a partir del sorgo, reportando incluso beneficios sobre el maíz.

Al respecto, Chuck *et al.* (2011), al hacer referencia al sorgo, plantearon que es muy eficiente en ambientes cálidos y con intensidad luminosa alta, como los prevalecientes en regiones semiárida, además pertenecen a las plantas C4, las cuales forman compuestos de cuatro carbonos, haciéndolas más eficientes en el uso del agua, bióxido de carbono y nutrientes. De acuerdo con los autores mencionados esta podría ser la "planta del futuro" debido a la cada vez más escasa agua disponible para la irrigación y al más alto nivel de CO_2 presente en el ambiente.

En Cuba la importancia de este cultivo radica fundamentalmente en la utilización del grano y el forraje para alimento animal y como parte esencial de un sistema de rotaciones para mantener la productividad y la estructura del suelo. También es empleado en la agricultura urbana para evitar la incidencia de plagas y enfermedades (Soto y Hernández, 2012).

A pesar de las ventajas señaladas, no existe en el país una estrategia dirigida a una producción sostenible del cultivo, determinada entre otros aspectos a conocimiento y percepción que tiene los agricultores en relación a sus bondades,



tampoco ha sido utilizado de forma continuada y necesario para la alimentación humana y animal y en ocasiones por falta de determinados insumos que permitan expresar su máximo rendimiento y productividad.

Al considerar lo expuesto y bajo el criterio de desarrollar cultivos que mejoren la eficiencia productiva y energética de los sistemas dedicados a la producción de alimentos, el proyecto Contribución al desarrollo sostenible de fincas diversificadas con ganadería vacuna de Camagüey para un futuro más verde (PRO LAIF), introdujo el cultivo del sorgo en la provincia de Camagüey, estableciéndose un programa para su evaluación a partir de prácticas sostenibles y su reintroducción en fincas de productores ganaderos de la provincia, al tener en cuenta lo planteado, el trabajo tiene el objetivo de evaluar la producción de sorgo (Sorghum bicolor L. Moench) con variantes de fertilización orgánica en suelos pardos sin carbonatos de la provincia Camagüey.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en dos etapas una primera (I) experimental y una segunda (II) de validación en campo, como se relaciona a continuación.

La etapa experimental se desarrolló de mayo a septiembre del año 2013, en áreas de la Estación Experimental de Pastos y Forrajes de Camagüey, situada en la Carretera Central Este, km. 18 ½. Jimaguayú. Camagüey. Las coordenadas geográficas corresponden a la latitud 21° 25' N y a la longitud 77° 51' W, con una altitud de 118 msnm. El suelo sobre el que se desarrolló el trabajo fue Pardo sin Carbonato Típico, predominante en áreas ganaderas de la provincia Camagüey. Cuba. Las características edáficas y climáticas se presentan en la tabla1.

Tabla1. *Características químicas del suelo donde se realizó el experimento.*

Elementos						
Na (cmolc kg-1)	K (cmolc kg-1)	Ca (cmolc kg-1)	Mg (cmolc kg-1)	P (mg 100 g-1)	MO (%)	pH H_2O
0,19	0,28	8,18	2,15	8,01	3,7	6,12

Los principales factores limitantes, se presentan como: Pendiente ligeramente ondulada, poco erosionados, profundidad efectiva <40% y drenaje moderado.

El clima general de la zona es tropical húmedo, con humedecimiento estacional, alta evaporación y alta temperatura del aire, con una marcada estacionalidad de las lluvias. Las temperaturas permanecen altas durante la mayor parte del año, con medias anuales entre 25 º C y 27,5 ºC, los valores mínimos medios están entre 17 - 19 ºC en el mes más frío (Enero) y entre 32 ºC- 34 ºC en el mes más cálido que coincide con Agosto.

Procedimiento experimental

El trabajo se desarrolló en un área de 1.050 m2, donde quedaron establecidas las parcelas. Como abono verde se empleó el follaje de Dolicho (Lablab purpureus (L.) Sweet). Para los tratamientos donde se incluyó el Rhizobium, fueron inoculadas las semillas previa a la siembra con la cepa IS-16, a razón de 20 g.kg-1 de semilla. La siembra se realizó según recomendaciones de Funes et al. (1998), con una distancia entre surcos de 0,70 m y una dosis de siembra de 10 kg.ha-1 de semilla total, con un 80% de germinación. El Dolicho fue incorporado al suelo cuando cubrió el 90 % del área total estudiada, para ello se empleó un arado de bueyes número dos, sembrándose el sorgo a los 15 días de esta labor.

La preparación del suelo para la siembra de sorgo se realizó para toda el área el mismo día, se empleó para ello técnicas de laboreo mínimo (rotura + grada + surque) con tracción animal.

Para los tratamientos donde se incluyó el humus, se aplicó en el momento de la siembra del sorgo, el que fue depositado en el fondo del surco, con una dosis de 4,0 t.ha-1 de humus. El sorgo fue sembrado en surcos separados a 0,90 m, con una dosis de 15 kg.ha-1 de semilla total en todos los tratamientos.

Mediciones realizadas

Se realizaron las siguientes mediciones: número de plantas por metro lineal (plantas. m^{-1}), durante las tres primeras semanas de sembrado el sorgo, para ello fueron seleccionados 10 puntos por tratamientos con un metro lineal; altura de las plantas a los 30 y 50 días, así como al momento de la cosecha, seleccionándose 30 plantas por surco, por cada tratamiento, se utilizó una regla graduada en centímetros, midiéndose desde la base del tallo hasta el punto máximo del área foliar de la planta (altura.planta^{-1}); a las plantas seleccionadas se les determinó además la relación hoja - tallo

en porciento (hoja.tallo^{-1}), pesando cada elemento por separado, en relación al peso total de las plantas; así como el peso de las panojas (g.panoja^{-1}) y el rendimiento total de granos por tratamientos (kg.ha^{-1}), ambas mediciones se realizaron al final de la primera cosecha.

El análisis estadístico de los datos se realizó con en el software estadístico SPSS versión 28.0. Se verificaron los supuestos teóricos del análisis de varianza a partir de las dócimas de Shapiro Wilk (1965) para la normalidad de los errores y la dócima de Levene (1960) para la homogeneidad de varianza, los datos obtenidos cumplieron con los supuestos teóricos del ANAVA.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El uso de variantes para la fertilización orgánica en cultivos, en sustitución de fertilizantes químicos constituye una forma de aumentar la productividad, reduciendo al mismo tiempo los efectos negativos que sobre el medio ambiente y la salud tienen. Como una alternativa sustentable en este sentido, Massaw *et al.* (2016), consideraron la fijación simbiótica que se produce a través de la inoculación con Rhizobium, con lo que se logra fijar, según estudios, hasta 225 kg.ha^{-1}, de N_2 como promedio por hectárea.

Teniendo esto en cuenta, Pérez *et al.* (2010), señala al sorgo como un cultivo estratégico, siendo considerado el cuarto de importancia económica a nivel mundial, estando plantado en alrededor de 40 millones de hectáreas, principalmente en la China, India y África.

Al analizar el número de plantas.m^{-1} (tabla 3), se observó que no existen diferencias significativas a los 7 días para los tratamientos donde se incorporó el Dolicho como abono verde, aspecto que evidenció las ventajas mostradas por las plantas que crecieron bajo estas condiciones. El periodo analizado se correspondió con la germinación de las semillas y la emergencia de las plántulas, donde el suelo y su preparación constituyeron elementos determinantes para asegurar los procesos mencionados. Al respecto Rivero *et al.* (2016), señalaron que los abonos verdes mejoran las propiedades físicas de los suelos, así como su estructura; además constituyen reservorios de la húmeda y reguladores de la temperatura.

Los factores mencionados fueron considerados como condicionantes para garantizar una buena germinación y crecimiento rápido del sorgo, por lo que justifican el comportamiento mostrado para los tratamientos donde se incluyó abono verde, abono verde más rhizobium y abono verde inoculado con rhizobium más humus de lombriz. Con menores valores le siguieron la aplicación de humus y por último donde no se aplicó fertilización alguna, los que difirieron estadísticamente entre sí y con el resto de las variantes evaluadas.

No ocurre igual a los 14 y 21 días, donde comenzó a tener importancia el aporte de nutrientes que hicieron las distintas variantes de fertilización sobre el establecimiento del sorgo. En el caso de la primera fecha (14 días), los mayores valores se obtuvieron en los tratamientos: abono verde previamente inoculado con Rhizobium y abono verde inoculado con Rhizobium más aplicación de humus sin diferencias. Las plantas en estos tratamientos recibieron el beneficio del aporte hecho por el abono verde, así como por el nitrógeno procedente de la simbiosis leguminosa-Rhizobium.

Sin diferencias, le continuaron las variantes donde se incorporó abono verde solo o se combinó con el humus de lombriz donde quedó demostrada la relación directa entre el desarrollo del sorgo para esta etapa y el aporte hecho por el abono verde. Este resultado se relacionó con lo planteado por Prager *et al.* (2012), quienes señalaron que las leguminosas cuando son incorporadas en etapa de prefloración y/o floración hacen un aporte de materia orgánica, con una relación C/N meda-baja, que las convierte en biomasa rápidamente ciclada por los organismos del suelo, lo que asegura disponibilidad temprana de nutrientes al cultivo, además de incorporar al suelo biomoléculas con efectos promotores del crecimiento dado el estado fenológico en el cual se cortan.

Al analizar los resultados a los 21 días (tabla 3), continúan los tratamientos con aplicación de abono verde más Rhizobium y aplicación de abono verde más Rhizobium y humus de lombriz con el mayor número de plantas por metro lineal, aspecto que demostró el efecto que tuvo sobre la viabilidad y estabilidad del sorgo la inoculación de las semillas de Dolicho con Rhizobium y su incorporación posterior como abono verde al suelo.

Sin embargo, a diferencia del resultado presentado, a los 21 días no difirieron estadísticamente las variantes donde se aplicó el abono verde solo o con humus, así como cuando solo se utilizó el humus de lombriz.

Al analizar las alturas (tabla 4) los mayores valores estuvieron para los tratamientos abono verde más rhizobium y abono verde más rhizobium más humus de lombriz, sin diferir estadísticamente a los 30 y 70 días, durante esta etapa la necesidad de nutrientes es alta y necesarias para alcanzar un rápido crecimiento, al respecto Ferrari *et.al* (2012), señalaban como un condición clave para el desarrollo de este cultivo su adecuada nutrición nitrogenada, aspecto que estuvo favorecido en estos tratamientos debido la inoculación con Rhizobium.

Con menores resultados le siguieron la incorporación de abono verde solo y abono verde más humus sin diferencias; por último con los menores valores y sin diferencias estadísticas estuvieron los tratamientos donde se aplicó solo humus y la no aplicación de fertilizantes a los 30 días. No ocurre igual a los 70 días, donde la aplicación de humus, abono verde y la combinación abono verde más humus de lombriz no difierieron, este comportamiento demostró el efecto sobre la altura que presentó la aplicación de humus de lombriz con resultados semejantes a los tratamientos donde se combinó con el abono verde o se incorporó solo al suelo.

Tabla 3. *Número de plantas. m^{-1} a las tres primeras semanas de sembrado el cultivo.*

Tratamientos	Fechas (días)		
	7	14	21
Sin fertilización	15,0[c]	16,0[d]	15,0[c]
Abono verde	18,0[a]	18,0[b]	16,0[b]
Abono verde+Rhizobium	18,0[a]	21,0[a]	21,0[a]
Abono verde+Rizobium+humus	17,0[a]	20,0[a]	21,0[a]
Abono verde+humus de lombriz	17,0[a]	18,0[b]	17,0[b]
Aplicación de humus de lombriz	16,0[b]	17,0[c]	17,0[b]
ES±	0,896	0,576	0,532
Significación	p<0,05	p<0,01	p<0,01

p<0,05*; p<0,01**; p<0,001***

Al evaluar la altura durante la etapa de floración, no se presentaron diferencias para los tratamientos con abono verde solo, abono verde más Rhizobium, abono verde inóculado con Rizobium más humus y abono verde más humus de lombriz, por lo que quedó demostrada la influencia que ejerció el abono verde en la nutrición del cultivo, independiente del inoculante o el humus que se incorporó.

Tabla 4. *Comportamiento de la altura en tres fechas de evaluación (cm).*

Tratamientos	Fechas (días)		
	30	70	Floración
Sin fertilización	133[d]	142[c]	172[c]
Abono verde	143[b]	159[b]	175[a]
Abono verde+Rhizobium	154[a]	164[a]	176[a]
Abono verde+Rizobium+humus	156[a]	166[a]	174[a]
Abono verde+humus de lombriz	144[b]	164[b]	175[a]
Aplicación de humus de lombriz	142[c]	158[b]	173[b]
ES±	0,856	0,698	0,763
Significación	p<0,01	p<0,01	p<0,001

p<0,05*; p<0,01**; p<0,001***

La figura 1 muestra la relación hoja – tallos a los 100 días de sembrado el sorgo, sin diferencias estadísticas para los tratamientos: abono verde más Rhizobium, Abono verde inoculado con Rizobium más humus y abono verde más humus de lombriz. El resultado obtenido se relacionó con el comportamiento presentado por los indicadores analizados con anterioridad, pues fueron los que tuvieron las mayores alturas, así como volumen de hojas, que llegaron a representar alrededor del 60 % del peso de las plantas.

Con menores valores en la relación hoja-tallo, se presentaron los tratamientos con abono verde y con aplicación de humus de lombriz, donde las hojas representaron aproximadamente el 55 % del peso total de la planta, sin diferencias estadísticas entre ellos, pero si con el resto de las variantes analizadas. Por último con el menor porcentaje se mostró el control (siembra sin fertilización), que alcanzó solo el 50 %.

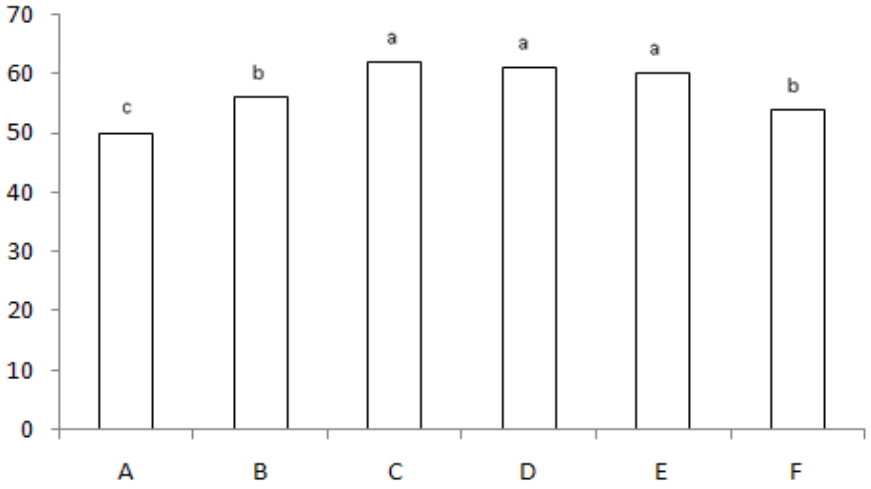


Figura 1. *Relación hoja – tallo al momento de la cosecha.*

El peso por panículas y los rendimientos presentan un comportamiento similar al obtenido en el análisis anterior (tabla 5), donde se alcanzan los mejores resultados las variantes abono verde más Rhizobium, abono verde inoculado con Rizobium más humus y abono verde más humus de lombriz, sin diferir, seguidos del que solo aplicó abono verde y la aplicación de humus con valores similares. Por último con los menores valores el tratamiento control (no aplicación de fertilizantes). Estos resultados coinciden con lo señalado por Martín *et al.* (2013) los que plantean que este efecto consiste en el aporte de N de las leguminosas, en simbiosis con bacterias del género Rhizobium, la movilización de otros nutrimentos y de la conservación de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, lo que reduce los requerimientos de fertilizantes de los cultivos y mejora las condiciones de crecimiento, desarrollo y producción de los mismos.

Tabla 5. *Peso de las panículas y rendimientos obtenidos por tratamientos al momento de la cosecha.*

Tratamientos	Peso por panículas (g)	Rendimientos (t/ha)
Sin fertilización	76^{c}	0,76^{c}
Abono verde	82^{b}	1,22^{b}
Abono verde+Rhizobium	89^{a}	1,43^{a}
Abono verde+Rizobium+humus	90^{a}	1,46^{a}
Abono verde+humus de lombriz	90^{a}	1,44^{a}
Aplicación de humus de lombriz	84^{b}	1,21^{b}
ES±	0, 846	0, 898
Significación	p<0,01	p<0,01

p<0,05*; p<0,01**; p<0,001***



CONCLUSIONES

Se obtuvo un incremento en la producción de sorgo a partir de la combinación de la incorporación de abono verde de Dolicho, previamente inoculado con cepas de Rhizobium y fertilizado con humus, con rendimientos finales que difieren de las variantes donde no se inoculó o solo se empleó el humus.

BIBLIOGRAFÍA

FAO, (2011). Ahorrar para crecer. Guía para los responsables de las políticas de intensificación sostenible de la producción agrícola en pequeña escala. Ed. FAO, Roma, Italia. p.11

Vilche, M.; Julio Denoia, J.; Montico, S.; Beatriz Bonel, B.; Dileo, N. (2006). El uso de la energía en los sistemas agropecuarios del distrito Zavalla (Santa Fe). Revista Científica Agropecuaria 10(1): 7-19

Gallardo, I.; Rodríguez, L.; Boffil, Y.; Alemán, L. y Pérez, M. (2011). Producción de bioetanol empleando las enzimas generadas del sorgo malteado. Afinidad. 68 (552). Consultado enero 2019. Disponible en: https://www.raco.cat/index.php/afinidad/issue/view/20107/showToc.

Chuck, C.; Pérez, E.; Heredia, E.; y Serna, S.O. (2011). Sorgo como un cultivo multifacético para la producción de bioetanol en: México: tecnologías, avances y áreas de oportunidad. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*. Vol. 10, No. 3 (2011) 529-549.

Soto, F. y Hernández, N. (2012). Influencia de tres fechas de siembra en el crecimiento y rendimiento de especies de cereales cultivadas en condiciones tropicales. Parte II. Cultivo del sorgo (Sorghum bicolor L. Moench Var. ISIAP Dorado).

Massawe, P.; Mtei, K.; Munishi, L.; y Ndakidemi, P.A. (2016). Effect of Rhizobium and Intercropping Systems on Soil Nutrients and Biological Nitrogen Fixation as Influenced by Legumes (*Phaseolus vulgaris and Dolichos lablab*). *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.* 5(10): 135-149.

Pérez, A.; O. Saucedo, O.; J. Iglesias, J.; Wencomo, I.; F. Reyes, F.; Oquendo, G. y Milián, I. (2010). Caracterización y potencialidades del grano de sorgo (Sorghum bicolor L. Moench). Pastos y Forrajes, (33)1

Prager, M.; Sanclemente, O.E.; Sánchez, M.; Miller, J.; Sánchez, D. (2012). Abonos verdes: tecnología para el manejo agroecológico de los cultivos. *Agroecología* 7: 53-62

Ferrari, M.; Rivoltella, L. y Casado, J. (2012). *Diagnóstico de fertilidad y estrategias de fertilización nitrogenada en sorgo granífero.* Trabajo presentado en el XIX Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo - XXIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, 16-20 de Abril de 2012, Mar del Plata, Argentina.

Martín, B.; Galleano, V.; Spiller, L.C.; Vilche, M.S. y Montico, S. (2013). Evaluación de la productividad primaria de un pastizal templado en Santa Fe, Argentina. *Arch. Zootec. 60 (232): 965-975*

IP-10. Empleo de medios tecnológicos para el monitoreo del ganado vacuno en pastoreo, como forma de protección contra hurto y sacrificio

Use of technological means for monitoring cattle in pasture as a form of protection against theft and slaughter

J.L. Guerra-Zamora[*]*; O. Pérez-Acosta; D. Valenciaga-Gutiérrez; B. Chongo-García; A. Vázquez-Peña y S. Díaz-Barrio*

Instituto de Ciencia Animal, Km 47 1/2, San José de las Lajas, Apartado Postal 24. Provincia Mayabeque, Cuba.

[*]Correspondencia a: jlguerra@gmail.com, jlguerra@ica.edu.cu

RESUMEN

En Cuba se han desarrollado tecnologías basadas en pastos y forrajes que permiten, mediante el manejo adecuado en pastoreo, lograr la sostenibilidad ganadera. Sin embargo, la situación socioeconómica impide su implementación de forma eficiente al estar limitado el acuartonamiento, por la inseguridad de dejar en pastoreo los animales en horario nocturno, ante la presencia de ciudadanos inescrupulosos que se dedican al hurto y sacrificio. Se presentó un proyecto con el fin de introducir tecnologías de la ganadería inteligente para la protección del ganado bovino en áreas del Instituto de Ciencia Animal. El objetivo del presente trabajo es dar a conocer las etapas del mismo, la arquitectura de la solución tecnológica propuesta y los retos para su aplicación. El proyecto propone el empleo de cuelleras con el microships de geolocalización, con protección de alarma contra la apertura o su manipulación no autorizada. Se contará además con el sotfware correspondiente capaz de emitir señales de alarma tras actividades anómalas que se produzcan en los animales bajo control y monitoreo. Las actividades del proyecto están enfocadas en lograr el empleo de los medios tecnológicos propuestos para el monitoreo del ganado vacuno en pastoreo, disponer de datos verificados en tiempo real, proporcionando información eficaz que permitirá la seguridad y protección del ganado. El sistema de capacitación que se propone, para apoyar la implementación, permitirá disminuir los retos y desafíos. El proyecto ofrece un modelo replicable en otros escenarios productivos y marca el camino hacia un futuro más sostenible y tecnológico en la ganadería cubana.

Palabras clave: *geolocalización, precisión, ganadería 4.0, soluciones tecnológicas*

ABSTRACT

In Cuba, pasture and forage-based technologies have been developed that allow, through proper grazing management, achieve livestock sustainability. However, the socioeconomic situation prevents their efficient implementation, as the use of cantonment is limited due to the insecurity of leaving animals grazing at night, given the presence of unscrupulous citizens who engage in theft and slaughter. A project was presented to introduce smart livestock technologies for the protection of cattle in areas of the Institute of Animal Science. The objective of this work is to present the stages of the project, the architecture of the proposed technological solution, and the challenges for its implementation. The project proposes the use of collars with geolocation microchips, with alarm protection against unauthorized opening or manipulation. The corresponding software will also be available, capable of issuing alarm signals following abnormal activity in the animals under control and monitoring. Project activities are focused on achieving the use of the proposed technological means for monitoring grazing cattle, providing verified data in real time, and providing effective information that will ensure the safety and protection of livestock. The proposed training system, to support implementation, will help mitigate these challenges. The project offers a replicable model in other production scenarios and paves the way toward a more sustainable and technological future for Cuban livestock farming.

Keywords: *geolocation, accuracy, livestock 4.0., technological solution*

INTRODUCCIÓN

Nuestro país en los últimos años invierte cuantiosas sumas de dinero para la importación considerable de toneladas de leche en polvo, para garantizar la asignación de leche a la población vulnerable (niños, enfermos, hospitales, círculos infantiles, hogares maternos, etc.).

La escasa disponibilidad financiera con que cuenta el país para la compra de materias primas para la fabricación de piensos o concentrados, trae como consecuencia que los resultados productivos en la obtención de leche vacuna se vean reducida por el empleo limitado de la suplementación con concentrados. Por lo que recobra cada día más importancia, el empleo del pastoreo para la alimentación del ganado vacuno.

En Cuba se han desarrollado varias tecnologías basadas en pastos y forrajes que permiten, mediante el manejo adecuado en pastoreo, lograr la sostenibilidad en los sistemas, y se han validado en sistemas de producción de leche en la ganadería bovina. En el presente siglo, la ganadería transita por una transformación profunda hacia el desarrollo de sistemas autosostenibles y menos dependientes de insumos, donde los árboles y arbustos, con diferentes usos, se consideran una necesidad y una práctica para lograr sistemas ganaderos diversificados y productivos, como los que ofrecen los sistemas silvopastoriles (SSP). Sin embargo, actualmente la situación socioeconómica impide la implementación de forma eficiente de la mayoría de esas tecnologías ya que se ve limitado el acuartonamiento y la



correcta rotación del ganado, por la inseguridad de dejar en pastoreo los animales en horario nocturno, ante la presencia de ciudadanos inescrupulosos que se dedican al hurto y sacrificio.

Al considerarse la seguridad del ganado un aspecto crítico, que desempeña un papel fundamental para garantizar la productividad y la sostenibilidad económica; en el mundo, la necesidad de medidas de seguridad avanzadas en la ganadería, se ha vuelto cada vez más importante, ya que se enfrentan numerosos desafíos cuando se trata de proteger el ganado contra hurto y otras amenazas potenciales (Kleen y Guatteo 2023).

Afortunadamente, los avances tecnológicos han allanado el camino con la aparición de sofisticados sistemas de alarma que pueden mejorar significativamente la seguridad del ganado (Hebblewhite y Haydon, 2010; Wang, 2022).

Los sistemas de alarma avanzados equipados con sensores de movimiento, cámaras de vigilancia y mecanismos de control de acceso actúan como un fuerte elemento disuasorio contra posibles ladrones, brindando vigilancia las 24 horas. Estos sistemas de alarma avanzados pueden detectar movimientos inusuales, accesos no autorizados o cualquier signo de angustia entre los animales, proporcionando alertas instantáneas en caso de actividad sospechosa, lo que permite una intervención rápida, tomar medidas proactivas para proteger al ganado de cualquier amenaza potencial que se identifique y aborde rápidamente, lo que reduce el riesgo de robo o vandalismo (D'Eon Delparte, 2005; Morrone et al., 2022).

Introducir estas tecnologías de la ganadería inteligente, para la protección y seguridad del ganado bovino en pastoreo, en áreas del Instituto de Ciencia Animal podrían coadyuvar al incremento y optimización del sistema de pastoreo, y la toma de decisiones para el movimiento de los diferentes grupos de animales, contribuyendo a la necesaria elevación de las producciones de leche. La implementación del sistema, la recolección, almacenamiento y gestión de la información de ubicación del ganado en tiempo real y su geolocalización permitirá mantener un mayor control para prevenir o disminuir el hurto y sacrificio.

Es por ello, que se presentó un proyecto con este fin. El objetivo del presente trabajo es dar a conocer las etapas del mismo, la arquitectura de la solución tecnológica propuesta y los retos para su aplicación y posible generalización.

MATERIALES Y MÉTODOS

El proyecto propone el empleo del uso de microchips de geolocalización empleados en el mundo para la ubicación de las diferentes especies de animales en tiempo real. Se propone el empleo de collares con el chip de geolocalización, con protección de alarma contra la apertura o su manipulación no autorizada. A estos collares se le irán adicionando chips con la intención de garantizar el estado físico del animal para monitorear temperatura, humedad, latidos cardíacos y otros parámetros fisiológicos que sean necesarios. Los chips empleados para ser activos deben poseer baterías de larga duración y se emplearán collares que garanticen su recarga a través del empleo de celdas fotovoltaicas.

Se emplearán dos tipos de collares, uno para ganado vacuno adulto, y otro para el monitoreo de la categoría de ternero. Este sistema se acompañará de una serie de postes ubicados en áreas de pastoreo, en los cuales se ubicarán transpondedores de señales de geolocalización y que darán cobertura a todas las áreas de producción del Instituto. Brindando toda la información necesaria de cada animal al centro de monitoreo y control creado a tal efecto.

Estos transpondedores por trabajar en áreas aisladas también funcionarán con baterías y celdas fotovoltaicas para su alimentación y funcionamiento, por lo que se prevé dentro del proyecto garantizar dentro de su vida útil el ciclo de mantenimiento y limpieza y la reposición de las baterías empleadas, de ser necesario. El sistema también incluye la utilización de protección contra intruso, que emplea o dispone de un cable sensor capaz de detectar y emitir patrones específicos asociados a cualquier ser vivo que lo traspase, el mismo será ubicado en el área perimetral, de acuerdo con el alcance del proyecto.

Se contará además con el sotfware correspondiente, capaz de emitir señales de alarma tras actividades anómalas que se produzcan en los animales bajo control y monitoreo, así como las trasgresiones que se realicen en el perímetro bajo control, ya sea en un sentido u otro, es decir de salida, como de entrada. Definiendo aquellos patrones de seres vivos que sean potencialmente peligrosos para la seguridad del ganado.

Se creará, como parte de la Agencia de Seguridad y Protección del Instituto, un centro de monitoreo y control, dotado de medios de comunicación y garantía energética las 24 horas del día, con la finalidad de garantizar el servicio. El mismo debe tener asociado un grupo de respuesta rápida con movilidad, que facilite personarse de forma inmediata en los lugares donde se produzca una alarma por algún hecho anómalo del sistema.

Se prevé con otros proyectos futuros incorporar otros sensores o formas de control del ganado con el objetivo de obtener una trazabilidad total de los animales en pastoreo, así como todos los indicadores relacionados con el bienestar animal y el control productivo tanto en la producción de leche, como la ganancia de peso con relación a la producción de carne.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El Proyecto tiene concebido la ejecución de las siguientes actividades principales:

I. Determinación de las distancias extremas a monitorear por el sistema al núcleo central del Instituto de Ciencia Animal.

II. Establecimiento del acuartonamiento por unidad pecuaria de las áreas de pastoreo.

III. Selección de los medios y formas de monitoreo y control a emplear para dar solución al problema planteado y obtención de permisos necesarios para su implementación.

IV. Puesta en marcha del sistema y evaluación de su eficacia.

V. Elaboración del informe final

En la actualidad se encuentra en ejecución la primera actividad y el resto se prevé para el año 2026.

Las actividades están enfocadas en lograr perfeccionar el sistema de pastoreo permitiendo una mayor eficiencia. La implementación de las mismas está basada en la metodología concebida por el Grupo de Ingeniería y Medio Ambiente del Instituto de Ciencia Animal. En la Figura 1, se muestra como está conformado el sistema de selección y almacenamiento de la información recibida por los sensores y la arquitectura de la solución.

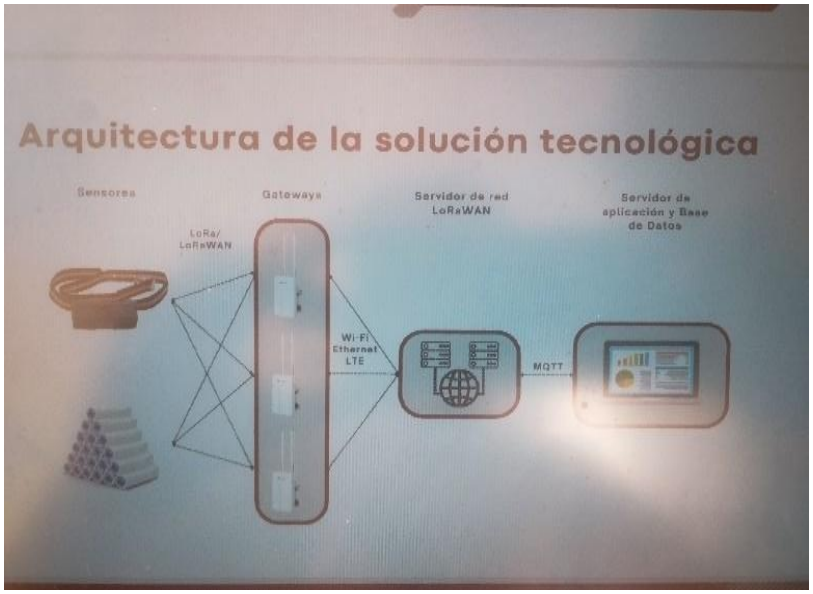


Figura 1. *Arquitectura de la solución tecnológica (sensores, LoRaWan, internet, servidores de red, servidor de aplicación y base de datos).*

La introducción de la ganadería de precisión en los sistemas pastoriles es un enfoque práctico y necesario para el desarrollo de la ganadería (Morrone *et al.* 2022). Sin embargo, la adopción de estas tecnologías en el sector ganadero se ve obstaculizada por desafíos económicos y sociales. La necesidad de desarrollar sistemas de monitoreo y control eficientes adaptados a cada escenario, es un reto. Además, la falta de acceso y conocimiento de estas soluciones tecnológicas inteligentes, así como la necesidad de capacitación, constituyen barreras adicionales para la transición hacia un manejo ganadero más sostenible (Hebblewhite y Haydon, 2010; Wang, 2022).

Es por ello que en el proyecto se prevén estos retos. El paquete tecnológico referente a los collares inteligentes lo garantiza Copextel S.A, una empresa importadora-exportadora cubana, que forma parte del Grupo de la Industria Electrónica, la Automática y las Comunicaciones (GELECT), líder en la comercialización mayorista de sus productos y servicios, diversificados en 30 líneas tecnológicas. Cuenta con una vasta experiencia y prestigio en el ámbito nacional y con tecnologías, conocimientos e infraestructura que posibilitan su presencia en todo el país.

Los medios tecnológicos que se implementarán se basan en la integración de tecnologías abiertas, de bajo consumo energético y adaptado a la baja conectividad rural (uso de LoRaWAN y LTE). Se contempla también la validación técnica y científica de las tecnologías aplicadas, el desarrollo de protocolos de uso y mantenimiento, y la formación técnica en cada componente del sistema, asegurando su apropiación por parte de productores y personal técnico.

El servicio de Copextel S.A, consta, además, de capacitaciones para el personal científico, asesoramiento la adquisición e instalación de los collares junto con el sistema de comunicación (torres y software). El sistema de capacitación multidisciplinario que se propone, para apoyar la implementación, tiene en cuenta todas las etapas necesarias para una



capacitación efectiva (detección de las necesidades, planeación de la capacitación, ejecución de los programas y evaluación, control y seguimiento de la capacitación), que permitirá disminuir los retos y desafíos de la implantación de los medios tecnológicos previstos.

Por su parte, COPEXTEL brinda servicios técnicos para mantenimiento de estas tecnologías. Además, las tecnologías empleadas han sido seleccionadas por su bajo coste operativo, facilidad de mantenimiento y adaptación al contexto cubano, favoreciendo su sostenibilidad técnica a largo plazo.

CONCLUSIONES

El empleo de los medios tecnológicos propuestos en el proyecto para el monitoreo del ganado vacuno en pastoreo permite disponer de datos verificados en tiempo real, proporcionando información eficaz que permitirá reaccionar a tiempo para garantizar la seguridad y protección del ganado, con efectos en la rentabilidad y la sostenibilidad del sistema.

El sistema de capacitación multidisciplinario que se propone, para apoyar la implementación, tiene en cuenta las etapas necesarias para una capacitación efectiva que permitirá disminuir los retos y desafíos de la implantación de la ganadería de precisión en el sector ganadero.

El proyecto representa un avance significativo en la modernización del sector, ofreciendo un modelo replicable en otros escenarios productivos y marca el camino hacia un futuro más sostenible y tecnológico en la ganadería cubana.

BIBLIOGRAFÍA

D'Eon, R. G., & Delparte, D. 2005. Effects of radio-collar position and orientation on GPS radio-collar performance, and the implications of PDOP in data screening. Journal of Applied Ecology, 42(2), 383-388.

Hebblewhite, M., & Haydon, D. T. 2010. Distinguishing technology from biology: a critical review of the use of GPS telemetry data in ecology. Philosophical Transactions of the Royal Society B, 365(1550), 2303-2312.

Kleen, J. L., & Guatteo, R. 2023. Precision Livestock Farming: What Does It Contain and What Are the Perspectives? Animals, 13(5), Article 5.

Morrone, Sarah, Dimauro, C., Gambella, F., Grazia Cappai, M. 2022. Industry 4.0 and Precision Livestock Farming (PLF): An up to Date Overview across Animal Productions, Journals Sensors, vol. 22, nº 12. 50-59.

Wang, Y. 2022. Next-generation tracking: Integrating machine learning and miniaturized sensors in wildlife telemetry. Trends in Ecology & Evolution, 37(9), 816-830.

40-IP

IP-11. Producción cooperada de huevos en el Instituto de Ciencia Animal basada en innovación

Cooperative egg production at the Institute of Animal Science based on innovation

A. Albelo; Y. Arbelo; B. Rodríguez Sánchez; M. F. Díaz Sánchez y L. Ayala González

Instituto de Ciencia Animal, km 47 ½ Carretera Central, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

RESUMEN

Para retomar la producción de huevos en la instalación avícola del Instituto de Ciencia Animal mediante una producción cooperada con una empresa mixta, se adquirieron 3000 gallinas con edades entre las 22 y 24 semanas de dos lotes diferentes y baja condición corporal. Estratégicamente se colocaron dos lámparas solares para garantizar el programa de iluminación para esta categoría aviar ante las afectaciones con el fluido eléctrico, se disminuyó la densidad de aves por cada hueco de jaula, se instaló una segunda llave de agua para una mejor limpieza de la nave ante las dificultades para la eliminación de los desechos sólidos y se tomaron otras medidas para mejorar su calidad del pienso suministrado por la empresa mixta. Después de nueve meses de producción se analiza el comportamiento de la misma a través de las variables cantidad de huevos totales, porciento de huevos rotos y porciento de huevos blandos por mes. Se constató que la producción de huevos se incrementa en el tiempo hasta alcanzar un pico máximo de aproximadamente 16 mil huevos en el mes de marzo. Los huevos blandos por meses no superan el 0.2 y los huevos rotos se mantuvieron por debajo del dos porciento. Esto demuestra que el alimento suministrado y las medidas tomadas para mejorar su calidad garantizaron el cumplimiento de los requerimientos nutricionales de las ponedoras y los buenos resultados en la producción de huevos. El acompañamiento de la ciencia durante el proceso productivo permite la innovación y resultados productivos eficientes.

Palabras clave: *aves, cantidad de huevos, rotos y blandos, producción avícola*

ABSTRACT

To resume egg production at the Institute of Animal Science's poultry facility through a cooperative production with the joint venture, 3000 hens, aged between 22 and 24 weeks, were purchased from two different batches and in poor body condition. Two solar lamps were strategically installed to ensure the lighting program for this category of birds in light of the power outages. The density of birds per cage space was reduced. A second water valve was installed for improved cleaning of the building due to difficulties in removing solid waste. Other measures were taken to improve the quality of the feed supplied by the joint venture. After nine months of production, production behavior was analyzed using the variables total egg count, percentage of broken eggs, and percentage of soft-shelled eggs per month. It was found that egg production increased over time, reaching a peak of approximately 16000 eggs in March. Soft-shelled eggs per month did not exceed 0.2 percent, and broken eggs remained below two percent. This demonstrates that the feed supplied and the measures taken to improve its quality ensured compliance with the layers' nutritional requirements and good egg production results. Scientific support throughout the production process enables innovation and efficient production results.

Keywords: *birds, egg count, broken and soft-shelled eggs, poultry production*

DESARROLLO

Ante la necesidad de retomar la producción de huevos en la instalación avícola del Instituto de Ciencia Animal y la no disponibilidad de materias primas importadas para la elaboración del alimento animal se desarrolló una producción cooperada entre el centro y una empresa mixta pero sin descuidar que en dichas instalaciones se desarrolle la investigación científica.

Se adquirieron 3000 gallinas con edades entre las 22 y 24 semanas de dos lotes diferentes. Se colocaron en 360 jaulas, cada una con 3 huecos. En cada hueco se pusieron 2 gallinas con pesos entre 1000 y 1100g para disminuir la densidad y garantizar que recuperaran su condición corporal e iniciaran la puesta en óptimas condiciones.

Estratégicamente para incrementar la producción de huevos se colocaron dos lámparas solares para garantizar el programa de iluminación para esta categoría aviar ante las afectaciones con el fluido eléctrico. Además, se instaló una segunda llave de agua para una mejor limpieza de la nave ante las dificultades para la eliminación de los desechos sólidos resultantes de la producción.

Por tratarse de una producción cooperada con una empresa mixta, esta garantizó el suministro de pienso importado, y aunque no siempre fue el mismo tipo ni del mismo origen si cumplió siempre con los requerimientos de los animales. No obstante, se tomaron medidas para mejorar su calidad como la mezcla de estos con vinaza, carbón activado (producto de desecho de la fabricación de ron) y carbonato de calcio para corregir los huevos rotos y blandos. El alimento se distribuyó de forma individual y se realizó el conteo por replica de la producción de huevos para una mejor toma de decisiones.

Cada una de las decisiones tomadas en la unidad avícola y situaciones que se presentaron durante la etapa, se consultó con el departamento de animales monogástricos del centro, el cual también contribuyó con el control de la producción.

A partir del control de la producción de huevos con destino al cumplimiento de la producción cooperada (entrega a la empresa mixta) se analiza en esta ocasión el comportamiento de dicha producción en el periodo de noviembre de 2024 a julio de 2025. Se estudiaron las variables cantidad de huevos totales, porciento de huevos rotos y porciento de huevos blandos por mes como principales indicadores de producción.

RESULTADOS

En la figura 1 se puede apreciar el comportamiento de los indicadores estudiados en el periodo analizado (9 meses). Se observa que con el tiempo la producción de huevos se incrementa hasta alcanzar un pico máximo de aproximadamente 16 mil huevos en el mes de marzo. La disminución de la producción que se obtuvo en el mes de febrero obedeció a cambios del tipo de pienso suministrado por parte de la empresa mixta ya que al ser piensos importados de diferentes orígenes tienen diferentes características y composición y los animales no responden igual con todos. No obstante, de manera en general la producción se ha comportado acorde a lo establecido para este tipo de gallinas ponedoras (híbridos comerciales).

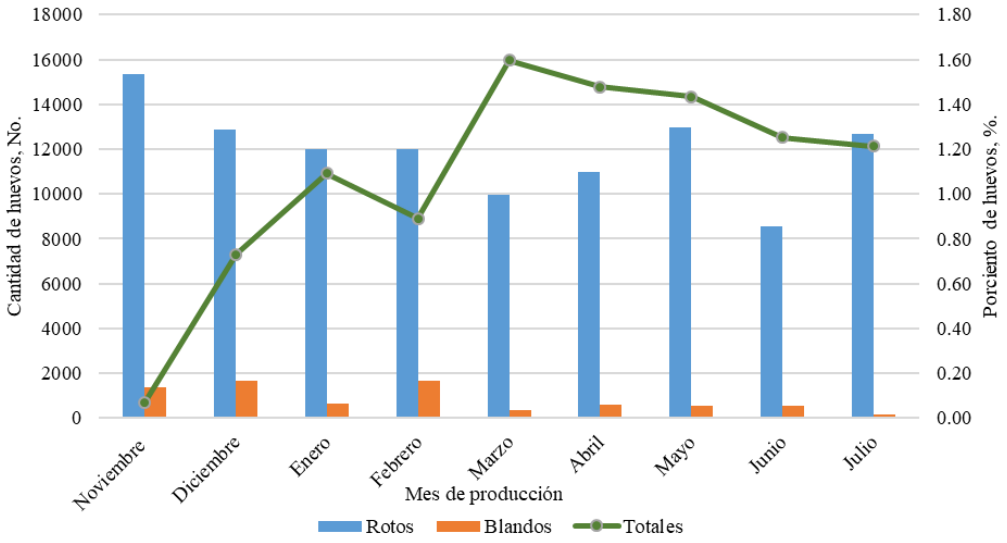


Figura 1. *Comportamiento de la producción cooperada de huevos en el Integral Avícola del ICA.*

Es de destacar que los huevos blandos por meses no superan el 0.2, a su vez los huevos rotos se mantuvieron por debajo del dos porciento. Esto demuestra que el alimento suministrado y las medidas tomadas para mejorar su calidad garantizaron el cumplimiento de los requerimientos nutricionales de las ponedoras y los buenos resultados en la producción de huevos.

El acompañamiento de la ciencia en la toma de decisiones y mejoras continuas como parte del proceso productivo permitió que con la producción de huevos obtenida se cumplieran los compromisos de la producción cooperada con la empresa mixta y el excedente se les vendiera a los trabajadores, después de mucho tiempo, como parte del sistema de atención a hombre. Además, estas condiciones permitieron el inicio de nuevas investigaciones en esta categoría aviar.

IP-12. Propuesta metodológica para la evaluación de resiliencia en fincas dedicadas a la producción de leche en Costa Rica

Methodological Framework for the Assessment of Resilience in Dairy Farms in Costa Rica

R. Medrano[*]*; C. Villanueva; D. Pezo y R. Mushler*

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica.

[*]Correspondencia a: Ada.medrano@catie.ac.cr

RESUMEN

Se determinó el nivel de resiliencia de fincas dedicadas a la producción de leche mediante una propuesta metodológica. Esta metodología fue desarrollada a partir de una revisión bibliográfica en la plataforma Web of Science, en la que se identificaron 5,032 publicaciones relacionadas con la resiliencia. Tras un proceso de filtrado y el uso de palabras clave como "metodología", se seleccionaron 24 publicaciones relevantes, de las cuales cinco presentaban una mayor relación con metodologías para la evaluación de la resiliencia en sistemas de producción bovina. Estas sirvieron como guía para la elaboración de la propuesta. La metodología propuesta contempla 16 indicadores agrupados en las tres dimensiones de la sostenibilidad: ambiental, económica y social. Asimismo, se propone una escala para la evaluación del índice de resiliencia. Las mediciones se realizaron en un grupo de fincas modelo pertenecientes al programa NAMA (Acciones Nacionalmente Apropiadas de Mitigación) Ganadería de Costa Rica. Estas fincas aplicaban Buenas Prácticas Ganaderas (BPG). Para cada finca modelo NAMA, se identificó una finca control (no-NAMA) con características similares en ubicación, sistema de producción y condiciones agroecológicas, pero con escasa o nula implementación de BPG. Los resultados preliminares indican que las fincas modelo presentan un mayor nivel de resiliencia en comparación con las fincas control. En conclusión, la propuesta metodológica permite caracterizar las fincas de manera técnica y contextual, y puede constituir una herramienta clave para fomentar la sostenibilidad, aumentar la rentabilidad y fortalecer las relaciones entre productores y otros actores del sistema productivo.

Palabras clave: *Adaptación, buenas prácticas ganaderas, clima, indicadores, sostenibilidad*

ABSTRACT

The resilience level of dairy farms was assessed using a methodological proposal. This methodology was developed based on a literature review conducted on the Web of Science platform, where 5,032 publications related to resilience were identified. After a filtering process and the use of keywords such as "methodology," 24 relevant publications were selected, of which five were closely related to methodologies for evaluating resilience in bovine production systems. These studies served as a guide for the development of the proposal. The proposed methodology includes 16 indicators grouped into the three dimensions of sustainability: environmental, economic, and social. Additionally, a scale for assessing the resilience index is proposed. Measurements were carried out on a group of model farms belonging to Costa Rica's NAMA (Nationally Appropriate Mitigation Actions) Livestock Program. These farms implemented Good Livestock Practices (GLP). For each NAMA model farm, a control (non-NAMA) farm with similar characteristics—such as location, production systems, and agroecological conditions—but with limited or no implementation of GLP, was identified. Preliminary results indicate that the model farms exhibit a higher level of resilience compared to the control farms. In conclusion, the proposed methodology enables a technical and contextual characterization of farms and may serve as a key tool to promote sustainability, increase profitability, and strengthen relationships between producers and other stakeholders in the production system.

Keywords: *Adaptation, good livestock practices, climate, indicators, sustainability*

INTRODUCCIÓN

El cambio climático afecta directamente al sistema alimentario, reduciendo la disponibilidad de alimentos e incrementando la desigualdad del acceso a sectores desfavorecidos de la población (Santiago-Vera et al., 2018). A la ganadería se le relaciona como uno de los sectores con repercusiones más graves a nivel ambiental por la degradación de las tierras por compactación y erosión, la liberación de gases de efecto invernadero (GEI), la contaminación del agua y la pérdida de biodiversidad (Hidalgo, 2013). Sin embargo, Gerber et al. (2013) sostienen que millones de productores ganaderos y pequeños agricultores dependen de la ganadería para su supervivencia diaria a través de la obtención de alimentos e ingresos extras.

Las NAMAs son un conjunto de acciones propuestas por los países en vía de desarrollo que conducen a reducir las emisiones de GEI de una manera medible, reportable y verificable (MRV) (González et al., 2015). La NAMA en Costa Rica tiene como objetivo realizar un cambio en la forma de producción del sector ganadero costarricense con miras a tener una ganadería eco competitiva (Chacón et al., 2015). En ese sentido, el MAG (2020) desde el 2015 definió un grupo de buenas prácticas ganaderas (BPG) para promover su implementación a nivel de finca como "acciones NAMA". Estas acciones incluyen las siguientes prácticas: pastoreo racional, pasturas mejoradas, pasturas en asocio con leguminosas, sistemas silvopastoriles (principalmente cercas vivas, árboles dispersos en potreros y bancos forrajeros), mejora de planes de fertilización, suplementación mineral, fomento del ensilaje, gestión del estiércol (fertirriego), selección de genética adaptada y cosecha de agua de lluvias.



Según Viguera et al. (2018) las BPG y en especial aquellas enfocadas a la intensificación pueden también tener un rol en la adaptación de los sistemas, ya que un sistema bien manejado es más resiliente a impactos extremos climáticos. La resiliencia, es necesaria para mantener o mejorar la sostenibilidad. La correcta identificación de prácticas que mejoren la resiliencia es fundamental para desarrollar agroecosistemas sostenibles (Szymczak et al., 2020). En consideración a lo mencionado, esta investigación busca proponer una metodología para la evaluación de la resiliencia climática en fincas ganaderas en el marco de la NAMA ganadería de Costa Rica.

MATERIALES Y MÉTODOS

1. Metodología

2.1. Localización del estudio

Esta investigación se llevó a cabo entre los meses enero a junio del 2025. El estudio cubrió fincas ubicadas en las seis regiones socioeconómicas de Costa Rica (Central, Chorotega, Pacífico Central, Brunca, Huetar Atlántica y Huetar Norte). Estas regiones se crearon en 1985 sobre la base de sus características naturales y funcionales, el tipo de poblamiento, la interacción que existe entre los habitantes y los procesos productivos, incluida la forma cómo utilizan los recursos naturales para el desarrollo económico (Solano (2012).

2.2. Selección de fincas en estudio

Se seleccionaron 16 fincas modelos que fueron utilizadas para la realización de los días de campo en el marco del Programa TRANSFORMA INNOVA, las cuales se caracterizaron por tener un alto nivel de tecnológico y por ser parte del grupo de fincas NAMA Ganadera de Costa Rica. Las fincas seleccionadas representaron diferentes sistemas y tamaños de hato, incluyendo tanto fincas de lechería especializada como fincas de doble propósito. Además de realizo la selección de 16 fincas control o no NAMA con características similares a cada finca NAMA en estudio dichas fincas debieron cumplir con tres aspectos importantes:

- Ubicación geográfica: La finca control debía estar ubicada en un radio cercano a la finca NAMA correspondiente, priorizando ≤ 30km de distancia, para asegurar condiciones ambientales comparables.
- Zona agroecológica: Ambas fincas debían pertenecer a la misma región ecológica (zona seca, zona húmeda o templada), garantizando similitud en condiciones climáticas y edáficas.
- Características productivas: Las fincas seleccionadas debían compartir el mismo sistema de producción (lechería especializada o doble propósito) y escala comparable, evaluada mediante un tamaño de hato similar y cantidad de vacas en producción. Debido a restricciones de disponibilidad por los productores, dichas características productivas no siempre se lograron cumplir estrictamente, por ello resultó importante el ajuste de estas variables estandarizando las comparaciones económicas (MB/ha/vacas totales/año) mediante el uso de un modelo lechero.

En ambos grupos (NAMA y no-NAMA) se utilizó una adaptación de la metodología de Solís et al. (2019) para evaluar el nivel tecnológico de las fincas y con ello demostrar que las fincas NAMA tienen un mayor nivel de tecnologías que las fincas No-NAMA. La información recolectada fueron datos económicos, la distribución de las fincas, capacidad de acceso y aprovechamiento de los recursos en las fincas y las estrategias de producción.

2.3. Estrategias de búsqueda

Para cumplir con el objetivo de la investigación se ejecutó una búsqueda en el repositorio IICA/CATIE, además en las diferentes bases de datos internacionales como CABI, EBSCO, Google Académico, ResearchGate, Elsevier, entre otros sitios, haciendo uso de Web of Science para una mejor obtención de los resultados. Se consideraron palabras claves para facilitar el canal de búsqueda de información como: "*Resiliencia, resiliencia en fincas ganaderas, metodología, absorción, adaptabilidad, transformación, ganadería, buenas prácticas ganaderas, trópicos, Costa Rica",* entre otras. Al final del proceso de búsqueda se seleccionaron los artículos que ayudaron a responder el objetivo de esta investigación y sustentaron el desarrollo del trabajo. En esta investigación se incluyen artículos en idioma español e inglés relacionados al tema que han sido publicados desde el año 2014.

2.4. Diseño de metodología para evaluación de resiliencia

Para la evaluación de la capacidad de resiliencia de los sistemas de ganado de leche estudiados se utilizó el flujo de trabajo sugerido por Pass et al. (2021), incluye las siguientes etapas: Fase de preparación, fase de validación y fase de evaluación; el mismo fue propuesto para sistemas de producción ovina extensiva, por lo tanto, se le hicieron algunas adaptaciones considerando el contexto ganadero de sistemas de doble propósito y lechería especializada:

Fase de preparación: Se realizó el registro de los principales desafíos que se presentaron en la investigación, según Montossi et al. (2025) Los indicadores para medir la resiliencia deben ser robustos, basados en fuentes de información confiables, y relevantes para evaluar el estado de los sistemas de producción y el impacto en la sostenibilidad. Se

incorporó a cada uno de los indicadores previamente seleccionados una escala de 1 a 5 para su medición en las fincas, también se tomó en cuenta la escala para determinar el nivel de resiliencia adaptada de GOAL (2015) (cuadro 6).

Fase de validación: Se utilizaron las técnicas de diálogo, observación y dinámica de grupo de aplicación general para la formación de grupos focales propuesta por Geilfus (2002) (preparación del taller y selección de los participantes). Los talleres se abordaron de la siguiente manera:

- **Con productores y técnicos:** Las cuatro sesiones (distribuidas en fincas de doble propósito y fincas de lechería especializada) con los productores y técnicos se llevaron a cabo de manera presencial, se les presentaron los conceptos de resiliencia y sostenibilidad y ejemplos de cómo estos influyen en mantener la producción estable, la evaluacion se realizó por divisiones, para lo cual se le brindaron a cada uno de los participantes 3 fichas para la evaluacion de los indicadores, la primera ficha (color verde) contenía los 6 indicadores ambientales, la segunda fichas (color anaranjado) los 5 indicadores económicos y tercera ficha (color celeste) los 5 indicadores sociales. Cada una de las fichas contenía un cuadro donde se presentan los indicadores y la escala de evaluación de 1 a 5 puntos sobre la importancia del indicador (siento 1 punto "nada importante" y 5 puntos "indispensable") y sobre la facilidad de medición del indicador (siendo 1 punto "muy dificil" y 5 puntos "muy fácil").
- **En fincas:** Para la validación de la metodología de resiliencia, se elaboró una encuesta en la plataforma Survey123 de ArcGIS donde se incluían los indicadores y la escala de medición propuesta, se realizaron dos pruebas piloto, una en cada sistema de producción en estudio (lechería especializada, doble propósito), se les pidió a los productores que contestaran de acuerdo lo que consideraran se relacionara más a la finca, la encuesta tuvo una duración máxima de 15 minutos.

Fase de evaluación: Se evaluó la resiliencia de las 16 fincas NAMA y las 16 fincas control o no-NAMA haciendo uso de la herramienta previamente validada con los diferentes actores, de esta manera se conoció el nivel de resiliencia de las fincas estudiadas.

2.5. Análisis de datos

Se realizó un resumen de estadísticas descriptiva para las variables de búsqueda de publicaciones relacionadas con metodologías de resiliencia en el sector agropecuario. Asimismo, fueron generadas tablas para mostrar los indicadores por dimensión y las escalas de medición de los indicadores. Al índice de resiliencia se aplicó una prueba T para muestras apareadas entre las fincas NAMA y las fincas no-NAMA.

RESULTADOS

3.1 Revisión de enfoques metodológicos sobre resiliencia

En la identificación de los artículos y publicaciones pertinentes que ayudaron a responder al objetivo de esta investigación se empleó una búsqueda en la plataforma Web of Science, se utilizaron un conjunto de términos relacionados con la resiliencia (agricultura, ganadería y sistema de producción), lo que dio como resultado inicial un total de 5,032 registros, al delimitar en artículos originales y revisiones el número de documentos llego a 273, utilizando ese total se incluyeron las siguientes palabras a la búsqueda: "metodología" e "indicador", lo cual redujo el resultado a 24 estudios con énfasis metodologías para la evaluación de resiliencia en sistemas ganaderos, de estos el 68% eran estudios con enfoque de ganadería bovina. De dicho resultado 4 artículos presentaban con mayor explicitud indicadores aplicables a la resiliencia en producción bovina.

3.2. Nivel tecnológico de las fincas seleccionadas

3.2.1. Fincas Modelo NAMA

Las fincas ganaderas bajo el enfoque NAMA muestran un alto nivel tecnológico (23/30 según Solís et al., 2019) y aplican en promedio cinco buenas prácticas ganaderas (BPG), destacando el pastoreo racional, seguido del mejoramiento de pastos, sistemas silvopastoriles, uso de sales minerales y mejoramiento genético. Estas fincas tienen un tamaño promedio de 27.6 ha, con 100% de cobertura boscosa parcial (2.8 ha en promedio), donde el 81% de los productores reportan estabilidad en la cobertura y el 18% un aumento.

El 93% de los productores cuentan con compradores fijos y un 25% diversifican su producción elaborando quesos. La implementación de BPG ha mejorado la productividad de leche y carne, además de generar importantes co-beneficios: conservación de suelos e hídricos, reducción de costos en insumos, incremento del hato, mejor uso de pasturas y mejora en la calidad de vida familiar. En promedio, una persona por familia apoya activamente en las labores de la finca.

3.3. Fincas control o no-NAMA

Las fincas no-NAMA mostraron un nivel tecnológico medio (15/30), con prácticas limitadas destacando la rotación de potreros y mejoramiento genético. En promedio, tenían 19.5 ha, de las cuales solo el 81% incluía 1.9 ha de bosque. El



44% contaba con comprador fijo, el 37% procesaba subproductos como queso y cuajada, y en general, un familiar apoyaba en las labores productivas.

3.4. Indicadores para la evaluación de la resiliencia en fincas lecheras

Se seleccionaron un total de 16 indicadores para evaluar la resiliencia de fincas dedicadas a la producción lechera en Costa Rica, distribuidos en tres dimensiones: ambiental (6 indicadores), económica (5 indicadores) y social (5 indicadores), como se muestra en el cuadro 5. De acuerdo con Montossi et al. (2025) es crucial asegurar que los indicadores integren de manera balanceada las dimensiones económica, social y ambiental de la sostenibilidad. Para la evaluación de cada indicador se utilizó una escala ordinal de 1 a 5 puntos, donde 1 representa el nivel más bajo de resiliencia y 5 el más alto. Las definiciones y criterios específicos asociados a cada nivel de la escala por indicador se detallan en el Anexo 1.

Cuadro 5: *Dimensiones e indicadores para la evaluacion de la resiliencia en fincas ganaderas dedicadas a la producción de leche en Costa Rica.*

Dimensiones	Indicadores
Ambientales	- Porcentaje de bosque en la finca. - Cobertura de árboles en potreros. - Acceso al agua en los potreros. - Cobertura vegetal herbácea en pasturas. - Manejo de estiércol y purines. - Uso de insumos químicos (fertilizantes, plaguicidas).
Económicos	- Estabilidad del ingreso mensual. - Diversidad de fuentes de ingreso. - Acceso a financiamiento o crédito. - Autonomía productiva. - Capacidad de ahorro
Sociales	- Acceso a educación. - Acceso a asistencia técnica. - Relevo generacional. - Grado de participación en organizaciones o redes locales. -Participación de la familia en la finca.

En el cuadro 6 se muestra la escala para determinar el nivel de resiliencia (5 niveles), basado el puntaje obtenido en la calificación de cada indicador descritos en el anexo 1. Los niveles de evaluación fueron adaptados de GOAL (2015) en donde el más bajo es mínima resiliencia y el máximo alta resiliencia.

Cuadro 6. *Escala para determinar el nivel de resiliencia. Fuente: Adaptado de GOAL (2015).*

Puntos	Nivel	Categoría	Interpretación
0-20	1	Mínima resiliencia	La finca cuenta con un nivel de resiliencia mínima.
21-34	2	Baja resiliencia	La cantidad de indicadores de resiliencia en la finca es muy baja.
35-51	3	Mediana resiliencia	La finca cuenta con algunos indicadores que mejoran su resiliencia.
52-68	4	Resiliencia	La finca cuenta con un buen avance de los indicadores que la hacen ser resiliente.

69-85	5	Alta resiliencia	La finca presenta un avance importante en la mayoría de los indicadores que la hacen ser altamente resiliente.





3.5. Evaluación del nivel de resiliencia

Se calculó el nivel de resiliencia de 4 fincas modelos y sus controles mediante los indicadores y escalas propuestas y cuadro 6; con eso fue realizada la comparación del nivel de resiliencia (cuadro 8).

Cuadro 7. *Nivel de resiliencia en un grupo piloto de fincas dedicadas a la producción de leche.*

Sistema de producción	Puntuación finca modelo	Nivel de resiliencia	Puntuación finca control	Nivel de resiliencia
Doble propósito	72	Alta resiliencia (5)	58	Resiliencia (4)
Doble propósito	62	Resiliencia (4)	50	Mediana resiliencia (3)
Lechería especializada	65	Resiliencia (4)	47	Mediana resiliencia (3)
Lechería especializada	69	Alta resiliencia (5)	51	Resiliencia (4)

DISCUSIÓN

La metodología propuesta para la caracterización y diagnóstico de fincas ganaderas en sistemas silvopastoriles y buenas prácticas ganaderas demuestra ser una herramienta altamente funcional, no solo por su enfoque integral, sino también por su aplicabilidad práctica en campo. Al basarse en indicadores organizados en dimensiones técnico-productivas, ecológicas y socioeconómicas, la herramienta permite capturar la complejidad de las unidades de producción de manera ágil y con bajo requerimiento de recursos técnicos. Esta característica es clave para su adopción en contextos rurales con limitaciones de acceso a tecnologías avanzadas, donde metodologías rápidas y de bajo costo son necesarias para facilitar procesos de mejora continua y acompañamiento técnico. En comparación con otras herramientas de evaluación de sostenibilidad, como el marco MESMIS (Hidalgo-González et al., 2021) o metodologías Delphi para selección de indicadores (Sánchez-Hidalgo & Tadich, 2024), la propuesta aquí analizada destaca por su simplicidad metodológica sin perder robustez analítica. Esto la posiciona como un proxy confiable para evaluar sostenibilidad en fincas ganaderas, al permitir diagnósticos rápidos que integran aspectos de productividad, resiliencia ambiental y bienestar social, todos elementos fundamentales en modelos de ganadería sostenible (Varijakshapanicker et al., 2019). Además, su utilidad se extiende al diseño e implementación de incentivos diferenciados para productores. Al contar con una clasificación objetiva del nivel tecnológico y de sostenibilidad, instituciones públicas y privadas podrían utilizar esta metodología para orientar pagos por servicios ecosistémicos, acceso a mercados sostenibles o programas de asistencia técnica focalizada. Tal como lo señalan Alary et al. (2022), contar con sistemas de información basados en indicadores facilita la toma de decisiones por parte de formuladores de política y organismos de certificación.

Asimismo, el uso de esta herramienta abre oportunidades en el ámbito de mercados sostenibles y cadenas de valor diferenciadas. La clasificación de fincas según su nivel de adopción tecnológica y manejo ecosistémico puede traducirse en etiquetas o certificaciones que agregan valor a productos derivados de sistemas silvopastoriles, como carne y lácteos con atributos de sostenibilidad (Avilez et al., 2021). Estudios recientes en América Latina han mostrado que los consumidores están cada vez más dispuestos a pagar precios diferenciados por productos de origen sostenible (Ramos-García et al., 2022).

CONCLUSIONES

En conclusión, la propuesta metodológica no solo cumple con el objetivo de caracterizar fincas desde una perspectiva técnica y contextualizada, sino que tiene el potencial de convertirse en una herramienta estratégica para impulsar la sostenibilidad, mejorar la rentabilidad de los sistemas productivos, y fortalecer los vínculos entre productores, instituciones, entes financieros y mercados.

BIBLIOGRAFÍA

Alary, V., Lasseur, J., Frija, A., & Gautier, D. 2022. Assessing the sustainability of livestock socio-ecosystems in the drylands through a set of indicators. Agricultural Systems. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2022.103389

Avilez, J. P., Nahed, J., Mena, Y., Grande, D., Ruiz, F. A., Camuñez, J., Meyer, J., & Castel, J. 2021. Sustainability assessment of extensive cattle and sheep production systems in Southern Chile. Chilean Journal of Agricultural & Animal Sciences, 37.

Chacón, M., & Reyes, C. 2015. Estrategia Para La Ganadería Baja En Carbono En Costa Rica (en línea). Consultado 22 nov. 2024. Disponible En Https://Www.Mag.Go.Cr/Bibliotecavirtual/L01-11006.Pdf

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2018. Soluciones Ganaderas Para El Cambio Climático (en línea). Consultado 9 nov. 2024. Disponible En Http://Www.Fao.Org/Gleam/Results/En/

Fariña, S., Moreno, O. V., Candioti, F., Villanueva, C., Ledezma, W. S., Moscoso, C. J., ... & Stirling, S. 2024. Milk production systems in Latin America and the Caribbean: Biophysical, socio-economic, and environmental performance. Agricultural Systems, 218, 103987. (en línea). Consultado 2 oct. 2024. Disponible en https://doi.org/10.1016/j.agsy.2024.103987

Fick, S. E., & Hijmans, R.J. 2017. WorldClim 2: New 1-Km Spatial Resolution Climate Surfaces for Global Land Areas. International Journal of Climatology (en línea). 37(12), 4302–4315. Consultado 7 nov. 2024. Disponible En Https://Doi.Org/10.1002/Joc.5086

Gerber, PJ; Steinfeld, H; Henderson, B; Mottet, A; Opio, C; Dijkman, J; Falcucci, A; Tempio, G. 2013. Hacer frente al cambio climático a través de la ganadería: Evaluación global de las emisiones y las oportunidades de mitigación. (Roma, IT. Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura. (Disponible en: www.fao.org/publications

GOAL. 2015. Herramienta para medir la resiliencia comunitaria ante desastres. Guía metodológica. (en línea). Consultado mar. 24. 2025. Disponible en https://dipecholac.net/docs/herramientas-proyecto-dipecho/honduras/Guia-Medicion-de-Resiliencia.pdf

González, R., Solange, M., Chirinda, N., Arango, J., Bolívar, D., Escobar, D., Tapasco, J., & Barahona, R. 2015. Limitaciones para la implementación de acciones de mitigación de emisiones de gases de efecto de invernadero (GEI) en sistemas ganaderos en Latinoamérica. Livestook Research for Rural Development. 27 (12) (en línea). Consultado 6 nov. 2024. Disponible en https://cgspace.cgiar.org/items/68da0f89-c3de-47f5-9c2e-93f30f21f6d0

Hidalgo, M. 2013. La Influencia Del Cambio Climático En La Seguridad Alimentaria (en línea). Consultado 7 nov. 2024. Disponible En Http://Datos.Bancomundial.Org/Tema/Agricultura-Y-Desarrollorural.

Hidalgo-González, C., Rodríguez-Fernández, M. P., Plaza-Martín, J., & Palacios-Riocerezo, C. 2021. Assessment of Sustainability of Dairy Sheep Farms in Castilla y León (Spain) Based on the MESMIS Method. In Sheep Farming [Working Title]. https://doi.org/10.5772/intechopen.99622

MAG (Ministerio De Agricultura Y Ganadería). 2007. Agro cadena De Leche Año 2007. Dirección Central Regional Oriental. Costa Rica. 109 P. (En Línea). Consultado marzo 2011. Consultado 7 nov. 2024. Disponible En Http://Www.Mag.Go.Cr/biblioteca virtual/A00079.Pdf

MAG (Ministerio De Agricultura Y Ganadería). 2014. Concepto NAMA Ganadería, Costa Rica (en línea). Consultado 5 nov. 2024. Disponible En https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/L01-3396.PDF

MAG (Ministerio De Agricultura Y Ganadería). 2015. NAMA Ganadería: Ganadería Bovina En Costa Rica (en línea). Consultado 3 nov. 2024. Disponible En Www.Fb.Com/Namaganaderia

MAG (Ministerio De Agricultura Y Ganadería). 2019. NAMA Ganadería (en línea). Consultado 4 nov. 2024. Disponible En MAG (Ministerio De Agricultura Y Ganadería). 2020. Metodología De Medición, Reporte Y Verificación De La Acción De Mitigación Nacionalmente Apropiada Para La Ganadería Bovina (en línea). Periodo 2019-2020. Consultado 4 nov. 2024. Disponible En Https://Www.Mag.Go.Cr/Bibliotecavirtual/L01-11119.Pdf

Martínez Reyes, N. R. 2011. Reseña metodológica sobre los grupos focales. Diálogos, (9), 47–53 (en línea). Consultado 13 nov. 2024. Disponible en https://doi.org/10.5377/dialogos.v1i9.15651

Meuwissen, M.P.M., Feindt, P.H., Spiegel, A., Termeer, C. J.A.M., Mathijs, E., De Mey, Y., Finger, R., Balmann, A., Wauters, E., Urquhart, J., Vigani, M., Zawalińska, K., Herrera, H., Nicholas-Davies, P., Hansson, H., Paas, W., Slijper, T., Coopmans, I., Vroege, W., Reidsma, P. 2019. A Framework to Assess the Resilience of Farming Systems. Agricultural Systems (en línea). V 176. Consultado 20 nov. 2024. Disponible En Https://Doi.Org/10.1016/J.Agsy.2019.102656

Montossi, F., Jones, C., Gauna, D., & Muñoz, G. 2025. Construyendo un enfoque regional de ganadería bovina sostenible: una primera experiencia en el Cono Sur y Bolivia. https://doi.org/10.18235/0013567

Muñoz, J.P., & Artavia, J. 2021. Propuesta De Adaptación Al Cambio Climático Para Sistemas De Producción Lecheros En Crecimiento, Mediante La Modelación De Las Tecnologías NAMAs, Utilizando Un Modelo Multi-Agente [Universidad Técnica Nacional. Sede Atenas (en línea). Consultado 6 nov. 2024. Disponible En Https://Repositorio.Utn.Ac.Cr/Server/Api/Core/Bitstreams/0d0d0343-1099-49ed-Ac9b-D1945ec518f3/Content



Paas, W., San Martín, C., Soriano, B., Van Ittersum, M. K., Meuwissen, M. P., & Reidsma, P. 2019. Assessing future sustainability and resilience of farming systems with a participatory method: A case study on extensive sheep farming in Huesca, Spain. Ecological Indicators, 132, 108236. Disponible en https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X21009018

Ramos-García, M., Guzmán, G. I., & González de Molina, M. 2022. Organic management of cattle and pigs in Mediterranean systems: Energy efficiency and ecosystem services. Agronomy for Sustainable Development, 42. https://doi.org/10.1007/s13593-022-00842-z

Sánchez-Hidalgo, M., & Tadich, T. 2024. Use of Delphi methodology to select sustainability indicators on dairy farms. Austral Journal of Veterinary Sciences, https://doi.org/10.4206/ajvs.562.05

Santiago-Vera, T.J., García-Millán, M.A., & Michael-Rosset, P. 2018. Enfoques De La Resiliencia Ante El Cambio Climático Resilience. Agricultura, Sociedad Y Desarrollo (en línea). 15, 531–539. Consultado 6 nov. 2024. Disponible En Https://Www.Scielo.Org.Mx/Pdf/Asd/V15n4/1870-5472-Asd-15-04-531.Pdf

Segura, J. 2019. La Verdad De La Ganadería Costarricense (en línea). Consultado 12 nov. 2024. Disponible En Https://Www.Ccacoalition.Org/Es/Resources/La-Verdad-De-La-Ganaderia-Costarricense

Solano, Waner 2012. Las Regiones Socioeconómicas de Costa Rica. (en línea). Consultado 6 nov. 2024. Disponible en https://www.didacticamultimedia.com/registro/estudios/11/documentos/Tema%202%20Las%20Regiones%20Socioeconomicas.pdf

Solis, J., Villanueva, C., Detlefsen, G., Christian, B., & Vilchez, S. 2019. Tree cover on cattle farms in the southeast region of Guatemala. American Journal of Agriculture and Forestry. (en línea). Disponible en Vol. 7, No. 2, 2019, pp. 66-77. doi:10.11648/j.ajaf.20190702.14

Szymczak, L. S., de Faccio Carvalho, P. C., Lurette, A., De Moraes, A., de Albuquerque Nunes, P. A., Martins, A. P., & Moulin, C. H. 2020. System diversification and grazing management as resilience-enhancing agricultural practices: The case of crop-livestock integration. Agricultural Systems, 184, 102904. Disponible en https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308521X20307654?via%3Dihub

Taghipoor, M., Pastell, M., Martin, O., Ba, H. N., van Milgen, J., Doeschl-Wilson, A., ... & Muñoz-Tamayo, R. 2023. Animal board invited review: quantification of resilience in farm animals. animal, 17(9), 100925. Disponible en https://doi.org/10.1016/j.animal.2023.100925

Torrico-Albino, J., Carmelo, P.-R., & Élise, P. (2017). Evaluación de la capacidad de resiliencia de sistemas de producción agroforestales, agricultura bajo riego y ganadería semi intensiva. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/324174900_Evaluacion_de_la_capacidad_de_resiliencia_de_sistemas_de_produccion_agroforestales_agricultura_bajo_riego_y_ganaderia_semi_intensiva/citations

Varijakshapanicker, P., McKune, S., Miller, L., Hendrickx, S., Balehegn, M., Dahl, G., & Adesogan, A. 2019. Sustainable livestock systems to improve human health, nutrition, and economic status. Animal Frontiers: The Review Magazine of Animal Agriculture, 9(4), 39–50. https://doi.org/10.1093/af/vfz041

Walker, B., Holling, C.S., Carpenter, S.R. & Kinzig, A. 2004. Resilience, adaptability and transformability in social–ecological systems. Ecology and Society, 9(2): 5.

Zefreh, M. G., Pong-Wong, R., & Doeschl-Wilson, A. 2024. Validating statistical properties of resilience indicators derived from simulated longitudinal performance measures of farmed animals. animal, 18(8), 101248. Disponible en https://doi.org/10.1016/j.animal.2024.101248

50-IP

IP-13. Caracterización de rebaños caprinos en crianza extensiva en dos municipios de Cienfuegos

Characterization of goat herds in extensive breeding in two municipalities of Cienfuegos

D. Camejo Rodríguez[1]; T. Sánchez Santana[1]; Y. Pérez Rodríguez[3]; M. Rizo Alvarez[1]; I. Hernández Venereo[2]; A. Calzada Diaz de Villega[3]; F. Agüero Contreras[3]; C. Frómeta Milanés[4]; Y. Array Arteaga[5]*

[1]Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey (EEPFIH)

[2]Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE)

[3]Univercidad de Cienfuegos Carlos Rafael Rodríguez (UCf)

[4]Centro Universitario Municipal Cumanayagua (CUM)

[5]Empresa Pecuaria La Sierrita, Grupo Ganadero.

[*]Correspondencia a: dianet.camejo@ihatuey.cu

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue caracterizar los rebaños caprinos en crianza extensiva de los municipios Cumanayagua y Abreus, en la provincia de Cienfuegos, Cuba. Para ello se elaboró una encuesta estructurada en 15 acápites que se aplicó aleatoriamente a 56 productores de ambos territorios. Se analizaron 6 variables, divididas en dos dimensiones. La dimensión social abordó el sexo, los años de experiencia en la ganadería caprina y el nivel de escolaridad de los productores. La dimensión productiva incluyó la base alimentaria, la cantidad de partos por cabra anuales y la producción mensual de leche. La cifra de productores masculinos es significativamente superior a los de género femenino, que representan un 14,3 %. La mayoría de los productores poseen entre 10 y 20 años de experiencia en la ganadería caprina. El 66,1 % de los productores tiene nivel de escolaridad básico. La base alimentaria predominante es a partir Bosques naturales + Pastos + Forrajes, aunque también algunos incorporan residuos de cosecha a la dieta. El 60,5 % de los productores afirma que sus cabras tienen un solo parto al año. El 16 % de los productores obtienen 120 litros de leche mensuales. A partir de dichos resultados se puede trazar una estrategia efectiva para aumentar la eficiencia productiva en la región.

Palabras clave: *ganadería, productividad, diagnóstico, gobernanza climática.*

ABSTRACT

The goal of the research was to characterize the extensive goat herds in the municipalities of Cumanayagua and Abreus, in Cienfuegos province, Cuba. A structured survey with 15 sections was created and randomly administered to 56 producers in both territories. Six variables were analyzed, divided into two dimensions. The social dimension addressed the gender, years of experience in goat farming, and education level of the producers. The productive dimension included the feed basis, the number of annual births per goat, and monthly milk production. The number of male producers is significantly higher than female producers, who represent 14.3%. The majority of producers have between 10 and 20 years of experience in goat farming. 66.1% of the producers have a basic education level. The predominant feed basis is from natural forests + pastures + fodder, although some also incorporate crop residues into the diet. 60.5% of the producer's state that their goats have only one birth per year. 16% of the producers obtain 120 liters of milk per month. Based on these results, an effective strategy can be outlined to increase productive efficiency in the region.

Keywords: *livestock, productivity, diagnostic, climatic governance.*

INTRODUCCIÓN

El deterioro de la calidad de los recursos naturales está afectando severamente al desarrollo sostenible del planeta (Khan *et al.,* 2020). Alcanzar la soberanía alimentaria desde el ámbito local es tarea primordial en Cuba actualmente, y el ganado menor constituye uno de los sectores estratégicos a mejorar. En este contexto, los sistemas de producción de rumiantes bajo modelos extensivos han emergido como parte esencial de un futuro sustentable pues permiten el uso de áreas no aptas para la agricultura y proveen servicios ecosistémicos. Las cabras constituyen la fuente de ingresos de productores asentados en su mayoría en zonas áridas o semiáridas y precisamente por ello es esencial en el proceso de seguridad alimentaria (Ornelas-Villarreal *et al.,* 2022). Se ha comprobado que es el ganado con la más alta capacidad de convertir dietas de bajo valor nutritivo en productos de primera calidad (Miller & Lu, 2019).

En los municipios Abreus y Cumanayagua la ganadería caprina es una de las actividades productivas principales, sin embargo, se encuentra afectada por desafíos de sostenibilidad. Por ello, el objetivo del presente estudio es realizar una caracterización socio-productiva de los sistemas caprinos extensivos en dos municipios de Cienfuegos, Cuba.



MATERIALES Y MÉTODOS

Localización: El diagnóstico se llevó a cabo en fincas con tenencia de cabras en sistemas extensivos de crianza, en el circuito sur de Cumanayagua y en Abreus, ambos municipios pertenecientes a la provincia de Cienfuegos durante el mes de septiembre del 2023.

Muestras: Se trabajó con todas las fincas caprinas del circuito sur de Cumanayagua y algunas de Abreus, tomando como única premisa la disposición del productor a participar en el diagnóstico. Las sesiones de trabajo se realizaron por consejos populares, concentrando a los productores en varias fincas donde se les aplicó la herramienta del diagnóstico. En total fueron encuestados 50 productores del municipio de Cumanayagua y 6 del municipio Abreus. La herramienta constó de 15 acápites divididos en dos dimensiones, que abarcaron variables cualitativas y cuantitativas de carácter social y productivo que permitieran realizar una caracterización de los rebaños en cuestión.

Diseño Experimental: Se aplicó un diseño totalmente aleatorizado, escogiendo a los productores de la zona que desearan participar en el diagnóstico socio-productivo.

Análisis de la información: Se analizaron 6 variables, de ellas 3 en la dimensión social y 3 en la productiva. La dimensión social abordó el sexo, los años de experiencia en la ganadería caprina y el nivel de escolaridad de los productores. La dimensión productiva incluyó la base alimentaria del ganado, el tipo de pastoreo, el número de partos anuales por cabra y la producción de leche.

Procesamiento estadístico: Se emplearon distribuciones de frecuencia y porcentaje para las variables cualitativas, además se realizó comparación de medias. Para dichos análisis, se empleó el paquete estadístico SPSS®.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Dimensión Social

La cifra de productores masculinos es significativamente mayor (p = 0,001); de los 56 considerados en el análisis, 8 son mujeres que representan el 14,3 % del total, mientras que 48 son hombres con el 85,7 % restante (tabla 1). Estos valores demuestran que existe una baja participación del sexo femenino como responsables de fincas caprinas.

Tabla 1. *Porcentaje de productores según su género.*

Género	No.	%	± EE y Significación
Femenino	8	14,3	± 6,68 p = 0,001
Masculino	48	85,7	
Total	56	100	

En estudios llevados a cabo en zonas como Huetar Norte en Costa Rica, se ha constatado que el liderazgo masculino predomina significativamente en estas actividades, representando el 83,3 % del total, mientras que el femenino solo tiene un 16,7 % (Barboza Mora *et al.*, 2020). Se reportan resultados similares en el muestreo realizado por Alva *et al.* (2019) en la zona del altiplano de Tamaulipas, donde solamente dos fincas eran manejadas por mujeres y, las dirigidas por productores masculinos, representaban un 95% de los 57 encuestados. La presencia dominante de hombres en roles de liderazgo en entornos rurales puede estar vinculada a la asignación tradicional de responsabilidades, donde las mujeres suelen ocuparse de tareas domésticas y de cuidado de la familia, incluyendo la cría de aves y otras especies menores (Barboza Mora *et al.*, 2020).

La mayoría de los productores se encuentran en el rango de 10 a 20 años de experiencia, con una participación significativa del 41,1 % de los entrevistados. Las personas que no respondieron o que tienen experiencia por encima de 40 años constituyen una pequeña fracción del total (tabla 2). En la provincia Ciego de Ávila se reportó como promedio de años de experiencia trabajando con caprinos oscilaba entre 17 y 20 años (Delgado, 2016). Sin embargo, en otros países, como Costa Rica, el tiempo promedio de experiencia de los productores en la ganadería caprina es de 8 años, cifra inferior a la obtenida durante la presente investigación (López, 2023).

Tabla 2. *Experiencia en años de los productores en la ganadería caprina.*

Años de experiencia	FA	%	EE y Signif.
Menos de 10 años	10	17,86 [b]	±4,98 p=0,001
De 10 a 20 años	23	41,07 [a]	
De 21 a 30 años	9	16,07 [b]	
De 31 a 40 años	9	16,07 [b]	
Más de 40 años	3	5,36 [b]	
No respondieron	2	3,57 [b]	
Total	56	100	

a, b: letras distintas indican diferencias significativas para p<0,05. FA: valores de frecuencia absoluta.

El nivel de escolaridad predominante es el básico (37 personas, 66,1 % del total). Dichas cifras se acercan a las reportadas por López (2023) en las zonas de Jiménez y Turrialba, Costa Rica, quien entrevistó a 52 productores caprinos y determinó que el 81 % de ellos poseían un nivel académico medio. Delgado (2016) desarrolló un estudio en la provincia de Ciego de Ávila de nuestro país, en el cual aplicó encuestas semiestructuradas a nivel de finca a 215 productores y observó que los niveles de escolaridad predominantes eran el medio y el técnico. Se concluyó que una enseñanza secundaria es un grado de escolaridad adecuado para asimilar un proceso de capacitación de trabajo con el ganado caprino.

Tabla 3. *Nivel de escolaridad de los productores.*

Nivel de escolaridad	FA	%	EE y Signif.
Básico	13	23,21 [b]	±6,30 p=0,001
Medio	37	66,07 [a]	
Superior	6	10,71 [b]	
Total	56	100	

a, b: letras distintas indican diferencias significativas para p<0,05. FA: valores de frecuencia absoluta.

Dimensión productiva

La tabla 4 presenta las diversas alternativas de base alimentaria para la crianza de caprinos, mostrando que la categoría predominante es la de Bosques naturales + Pastos + Forrajes, que representa el 42,9 % del total, aunque también abundan los que incorporan residuos de cosecha a la dieta, que constituyen el 37,5 %.

Los sistemas extensivos de producción de carne caprina que se alimentan de forrajes y pasturas son más rentables para los productores, sobre todo para aquellos con bajos recursos económicos, es por ello que están tan extendidos en países en vías de desarrollo a pesar de que su sostenibilidad y productividad sea vulnerable a los cambios estacionales y la variación en los componentes nutricionales del forraje (Chávez *et al.* ,2022).

Poseen gramíneas como la guinea (*Megathyrsus maximus* Jacqs.) y el king grass (*Cenchrus purpureus* Schumach.) que brindan mayor aporte nutricional que los pastos naturales. Afirmaron emplear sistemas silvopastoriles, que incluyen la presencia de plantas proteicas como la morera (*Morus alba* L.), la tithonia (*Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray.), leguminosas de valor nutritivo como la leucaena (*Leucaena leucocephala* (Lam) de Witt) y especies que además de emplearse como forraje funcionan como cercas vivas, por ejemplo: el bien vestido (*Gliricidia sepium* Jacq. Kunth) y el almácigo (*Bursera simaruba* L. Sarg).

Tabla 4. *Alternativas de base alimentaria para la crianza de caprinos.*

Base alimentaria	FA	%	EE y Signif.
Bosques naturales	0	0 [b]	±4,98 p=0,001
Bosques naturales + Pastos	8	14,29 [b]	
Bosques naturales + Pastos +Forrajes/residuos de cosecha	21	37,5 [a]	
Bosques naturales + Pastos + Forrajes	24	42,86 [a]	
Pastos + Forrajes	3	5,36 [b]	
Pastos	0	0 [b]	
Total	56	100	

a, b: letras distintas indican diferencias significativas para p<0,05. FA: valores de frecuencia absoluta.

En ambos municipios prevalece la combinación de los pastos naturales con los bosques, donde el componente agroforestal proporciona una alta diversidad de alimentos al ganado, que incluye el ramoneo de las leñosas y el consumo de bejucos, lianas, vainas y frutos diversos de alto valor biológico. En ese sentido, Roger (2020), afirmó que la actividad forestal y los recursos para sostener la ganadería caprina se obtienen casi exclusivamente de los bosques nativos.

En la figura 1 se muestra la información de los productores encuestados acerca del número de partos anuales de sus cabras. Es interesante observar que la mayoría de los productores (60,5 %) reportaron que sus cabras tienen un solo parto al año; mientras que un 39,5 % de los productores indicaron que sus cabras tienen dos partos al año. Este hallazgo podría reflejar una estrategia de manejo reproductivo más intensiva por parte de estos últimos, con el objetivo de aumentar la productividad de sus rebaños a través de una mayor tasa de reproducción.

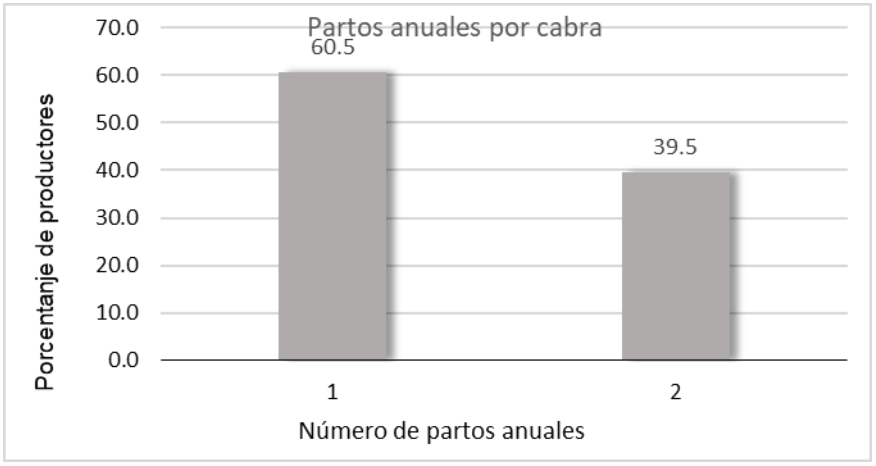


Figura 1. *Frecuencia de parto por cabras según los productores.*

La producción de leche mensual refleja que un gran porcentaje de productores que producen 120 y 130 litros (15,8 y 13,2 %) mientras los otros tienen resultados más dispersos (figura 2). Esta variabilidad en la producción puede estar influenciada por diversos factores, como el tamaño del rebaño, la genética de las cabras, en su mayoría de raza criolla, la composición de la dieta, las prácticas de manejo y el nivel de experiencia de los productores.

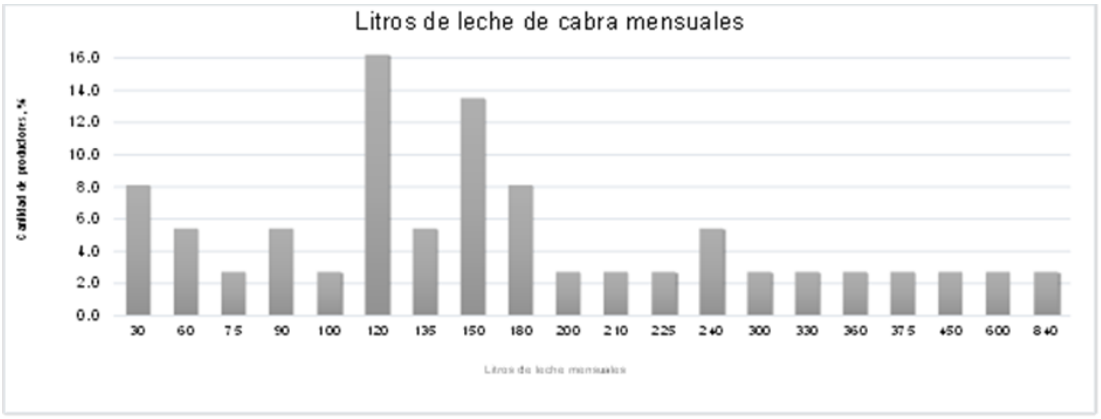


Figura 2. *Producción de leche de cabra mensuales (kg) por productor.*

CONCLUSIONES

Existe una baja representación del sexo femenino en la dirección de los sistemas caprinos de ambos municipios. El 41 % de los productores posee una experiencia entre 10 y 20 años en la producción caprina. El nivel de escolaridad predominante es el básico, que les permite a los productores asimilar las capacitaciones sobre la labor. La dieta del ganado se basa fundamentalmente en bosques naturales, pastos y forrajes, por lo que dependen de la disponibilidad de estos recursos del entorno. El 60,5 % de los productores afirma que sus cabras tienen solamente un parto al año. La producción de leche está sujeta a la influencia de varios factores vinculados al manejo y al estado productivo del animal.

BIBLIOGRAFÍA

Alva-Pérez, J., López-Corona, L.E., Zapata-Campos, C.C., Vázquez-Villanueva, J., Barrios-García, H.B. 2019. Condiciones productivas y zoosanitarias de la producción caprina en el altiplano de Tamaulipas, México. Interciencia. 44 (3), 154-160.

Barboza Mora, M.A., Jiménez Castro, J.P., Porras Solís, Á.J., Miranda Bonilla, O., Camacho Cascante, M.I. 2020. Situación socioeconómica y productiva de sistemas caprinos en la Región Huetar Norte, Costa Rica. Perspectivas Rurales Nueva Época. 18(35), 1-24.

Chávez, M., Cantú, I., Gonzales, H., Montañez, O. 2022. Sistemas de producción de pequeños rumiantes en México y su efecto en la sostenibilidad productiva. Revista MVZ Córdoba 27(1).

Delgado, R. 2016. Caracterización de los sistemas de producción caprina en la provincia Ciego de Ávila. *Pastos y Forrajes.* 39(1): 64-71.

Khan, I., Hou, F., Le, H.P. 2020. The impact of natural resources, energy consumption, and population growth on environmental quality: fresh evidence from the United States of America. Sci. Total Environ. 754, 142222.

López, J. L. 2023. Estudio exploratorio del mercado lácteo caprino en Turrialba y Jiménez, Costa Rica. *Maestría en Economía, Desarrollo y Cambio Climático*. AJAST 7(3), 224-241.

Miller, B.A. and Lu, C.D. 2019. Special Issue -Current status of global dairy goat production: an overview. Asian-Australas. J Anim Sci. 32, 1219-1232.

Ornelas-Villarreal, E.C., Navarrete, C., Meza, C.A., Herrera, M.A., Altamirano, J.R., Macias, U., García, C., Veliz, F.G. 2022. Goat production and sustainability in Latin America & the Caribbean: A combined productive, socio-economic & ecological footprint approach. Small Ruminant Research 211, 106677.

Roger, E. 2020. Conocimiento ecológico asociado a las prácticas silvopastoriles en la Región Chaqueña Semiárida (Santiago del Estero, Argentina). Bol. Soc. Argent. Bot. 55, 661-679.



IP-14. Estrategia de innovación para incrementar los servicios técnicos especializados a los actores agropecuarios de Matanzas

M. Hernández Grijalba[*]

Empresa de Servicios Técnicos Agropecuarios Matanzas. Colón, Matanzas, Cuba.

[*]Correspondencia a: milanluisalberto@gmail.com

ABSTRACT

As a contribution to the country's program for the development of productive and efficient food production, agricultural stakeholders in the province of Matanzas play a fundamental role in its success. This work, carried out at the Matanzas Agricultural Technical Services Company, aims to develop an innovation strategy to increase the provision of specialized technical services to agricultural stakeholders, including the attention and sustainability of the new technologies received. To this end, the proposals presented have focused on increasing specialized technical services, which should result in advantages in the recovery, exploitation, and proper maintenance of equipment. For the development of this work, different techniques and tools were used, such as: Dialectical-Materialist, brainstorming, document review, observation, and the historical-logical method. Based on a diagnosis made to the activity and through the method of experts, the existing weaknesses are identified, the most important being the one related to the insufficient availability of specialized milking equipment, milk vats, as well as tools, implements and instruments, and consequently they are contextualized. The organization's current requirements within the framework of the update of the new management model of the Logistics Business Group of the Ministry of Agriculture (GELMA) and the Cuban economic model, which has resulted in an action plan for improvement.

Keywords: *activities, plan of action, agriculture, sustainability*

Palabras clave: *actividades, plan de acción, agricultura, sustentabilidad*

INTRODUCCIÓN

En los tiempos actuales el país se encuentra inmerso en constantes transformaciones de la economía por lo que suceden cambios organizativos rápidos (Pérez *et al,* 2024). Los servicios técnicos especializados por ser uno de los retos más importantes a los cuales debe enfrentarse la agricultura cubana en la búsqueda de la recuperación y sostenibilidad de los mismos, a lo que se le une la reactivación de la agroindustria, le corresponde adoptar propuestas de estructuras funcionales que den respuesta de manera ágil y eficiente a esta demanda.

La Empresa de Servicios Técnicos Agropecuarios Matanzas subordinada al Grupo GELMA del Ministerio de la Agricultura constituye un eslabón fundamental en el desarrollo sostenible de la agricultura en la provincia a través de la Prestación de Servicios Técnicos Especializados como punto de conexión para un estrecho acercamiento entre los diferentes actores agropecuarios y la Empresa, dándole cumplimiento al Nuevo Modelo de Gestión de GELMA, grupo que desde el 2013 es uno de los 11 comercializadores mayorista existentes en el país, y el único de su tipo en cuanto a insumos agropecuarios y equipamiento.

Sin embargo, a pesar de los grandes esfuerzos que se realizan para satisfacer la demanda, es insuficiente dado el nivel de obsolescencia de la maquinaria, el transporte y falta de insumos.

Objetivo: Diseñar las acciones fundamentales para incrementar la prestación de los servicios técnicos especializados, incluyendo la atención y sostenibilidad de las nuevas tecnologías recibidas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Caracterización de la Empresa de Servicios Técnicos Agropecuarios Matanzas

El trabajo se realizó en la Empresa de Servicios Técnicos Agropecuarios Matanzas, ubicada en el municipio de Colón en el período comprendido 2023-2024, obteniéndose la información necesaria a través de entrevistas a 6 cuadros y 31 operarios, revisión de documentos, la observación y el método histórico lógico.

Actividades que tributan al proceso de prestación de servicios técnicos especializados a los actores agropecuarios

Para identificar las actividades que tributan al proceso de prestación de servicios técnicos especializados a los actores agropecuarios, se revisaron los diferentes documentos y normativas que regulan las actividades aprobadas en correspondencia con el objeto social, misión y visión de la Empresa.

Identificación de las principales debilidades y causas que se presentan en el proceso de prestación de servicios técnicos especializados a los actores económicos

A través del método de expertos se pudo identificar las debilidades existentes para la prestación de servicios técnicos especializados a los actores de la economía y las causas que lo originan. Para dar prioridad a las debilidades en orden de importancia se aplicó el Método del panel de Expertos o Método del Coeficiente de Kendall, además se realizó el diagrama causa- efecto a modo de graficar las causas que tienen mayor impacto.

Estrategia de innovación para lograr incrementos de servicios técnicos especializados en la Empresa de Servicios Técnicos Agropecuarios Matanzas

Se creó un grupo de expertos de 7 integrantes, teniendo en cuenta la experiencia, responsabilidad en los diferentes procesos, resultados obtenidos en el desempeño de sus funciones y conocimientos según sus competencias, todo con una interpretación de los resultados a partir de la aplicación de varios métodos o herramientas. También se revisaron documentos, se hizo análisis técnicos y se tuvo en cuenta el historial de la organización.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización de la Empresa de Servicios Técnicos Agropecuarios Matanzas

La Empresa de Servicios Técnicos Agropecuarios Matanzas subordinada al Grupo GELMA del Ministerio de la Agricultura, fue creada el 27 de diciembre del 2016, mediante la Resolución 64/16, se consolidan los tres ciclos de gestión empresarial, la cual está integrada por tres talleres: Taller Ramón López Peña y Taller Aseguramiento logístico (ubicados en el municipio de Colón) y Taller Planta Reparadora de Motores (en el municipio de Jovellanos). Se destaca la implantación del Perfeccionamiento Empresarial desde el año 2007, el cual ha permitido un impulso cualitativo al sistema integrado de gestión empresarial (Comité Ejecutivo del Consejo de Ministros, 2007), donde se ha mejorado salarialmente todos sus trabajadores con el pago adicional, así como el pago por resultados con una mejor adecuación de los sistemas de pago aprobados por la alta dirección del país. Actividades que tributan al proceso de servicios técnicos especializados.

Principales actividades que tributan al proceso de servicios técnicos especializados:

- Reparación, recuperación, mantenimiento de equipos de ordeño.
- Reparación, recuperación, mantenimiento de cubas de leche.
- Fabricación y reparación de molinos forrajeros.
- Fabricación, reparación, recuperación, mantenimiento y montaje de equipos de CREE.
- Ensamble, capacitación, puesta en marcha, posventa, asistencia técnica, mantenimiento, reparación (ligera, media y capital) a los equipos y maquinaria agrícolas de nuevas tecnologías por los diferentes créditos.
- Reparación, recuperación, mantenimiento y remotorización de equipos e implementos agrícolas, que incluye agregados menores y mayores.
- Fabricación y recuperación de piezas y agregados menores y mayores de los equipos, implementos y maquinaria agrícolas.
- Reparación, mantenimiento y enrollado de motores eléctricos.
- Reparación, recuperación, mantenimiento y montaje a maquinas y sistemas de riego, molinos a viento, maquinas herramientas y equipos tecnológicos.
- Reparación, recuperación, mantenimiento y montaje de equipos de clima y refrigeración.
- Montaje industrial.

La prestación de los servicios técnicos en la Empresa se ejecuta cumpliendo los siguientes pasos: Captación de la demanda, Contratación y Ejecución de los servicios técnicos especializados.

Identificación de las principales debilidades y causas que se presentan en el proceso de prestación de servicios técnicos especializados a los actores agropecuarios

Después de los resultados de la aplicación del método de Kendall se puede apreciar el orden de importancia en la solución de la problemática que presenta cada una de las debilidades, asimismo se muestra la Figura No.2 Diagrama Causa - Efecto.

- Dificultad con la disponibilidad técnica de los equipos del transporte especializados existentes, por la obsolescencia de estos, el elevado índice de roturas que presentan y la carencia de piezas de repuesto para estos.

- Baja efectividad en la ejecución de los servicios, con los talleres móviles existentes puesto que los mismos no cumplen las condiciones de este tipo de transporte especializado, no todos están cerrados y ninguno está provistos de las herramientas, herramentales, equipos tecnológicos, instrumentos de medición y útiles necesarios para hacer productiva la realización de los servicios en las bases productivas.
- Insuficiente personal técnico en los talleres de la UEB para hacer frente a la demanda del territorio.
- Insuficiente estado técnico o CDT de las máquinas herramientas y equipos y tecnológicos de los talleres
- Pésimo estado técnico de los talleres de los distintos polos productivos del territorio.

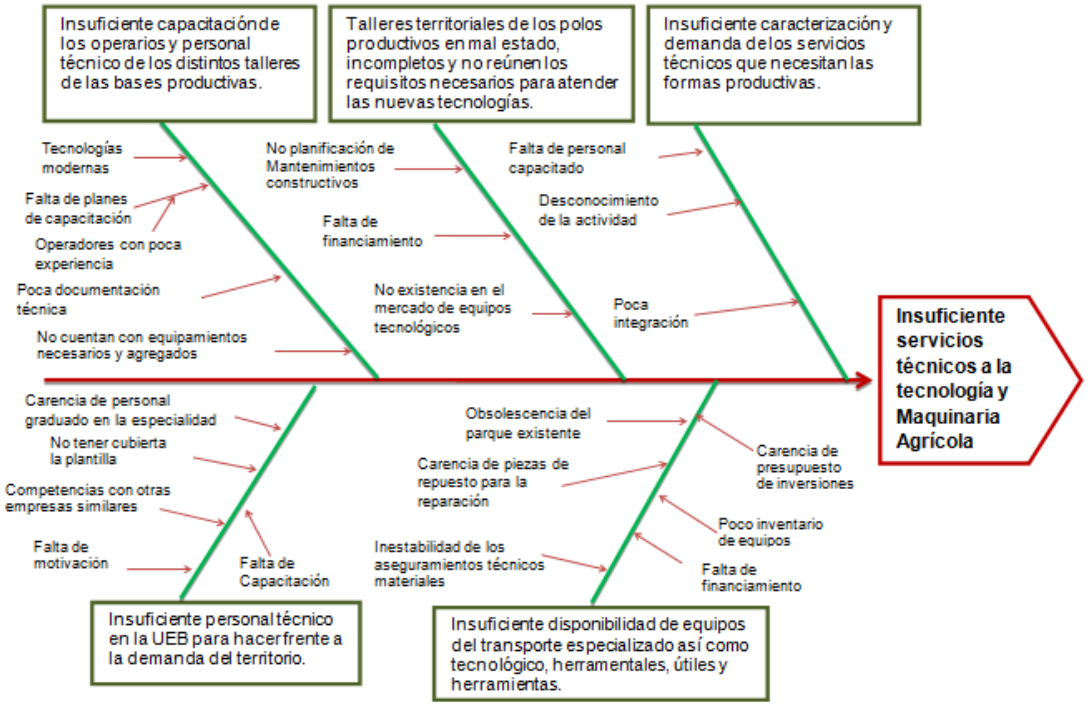


Figura 2. *Diagrama Causa Efecto. Fuente: Elaboración propia.*

Estrategia de innovación para lograr incrementos de servicios técnicos especializados en la Empresa de Servicios Técnicos Agropecuarios Matanzas.

La Estrategia de innovación cuenta con un Plan de acción (Anexo 1), de 16 acciones a cumplimentar, donde la acción de lograr Encadenamientos productivos con los actores agropecuarios (Suárez Mella, R. *et.al* 2022) resulta la de mayor importancia.

CONCLUSIONES

La caracterización de los fundamentos teóricos y metodológicos del proceso de servicios técnicos especializados en la ESTA-TAM permitió determinar las particularidades del mismo en esta organización perteneciente al sector de la agricultura.

El diagnóstico efectuado al proceso de servicios técnicos especializados y las técnicas aplicadas permitieron identificar y argumentar los principales problemas que afectan la eficacia de este proceso. Evidenciándose que se hace necesario comenzar a brindar los servicios de reparación de básculas y balanzas, CREE y la reparación de molinos a vientos.

Como resultado de la investigación se propone una estrategia para incrementar los servicios técnicos especializados, determinándose los ejecutantes y responsables de las acciones, los controles para efectuar seguimiento a su cumplimiento y a los resultados que se obtengan a partir de la implementación de cada tarea.

BIBLIOGRAFÍA

Alonso Díaz, Vivian, 2015. Innovación: Conceptos y tipos. Diagnóstico integrado de la innovación. La Habana.

Comité Ejecutivo del Consejo de Ministros 2007. Decreto 281 Reglamento para la implantación y consolidación del Sistema de dirección y gestión empresarial estatal. La Habana: Gaceta Oficial de la República.

Decreto-Ley No. 252, 2007. Sobre la continuidad y el fortalecimiento del Sistema de Dirección y Gestión Empresarial Cubana.

Delgado, 2023. Temas de Gestión Empresarial: Dirección Empresarial y Prospectiva Estratégica, volumen I. Innovación Empresarial, Volumen II. Análisis Económico y Gestión Financiera, Volumen III. Gestión del Capital Humano, Volumen IV. Gestión de la Calidad, Medioambiente y Mantenimiento, Volumen V. Editorial Félix Varela.

Pérez *et al* 2024. Reflexiones sobre economía cubana. Ed. Ciencias Sociales, La Habana.

Suárez Mella, R. *et.al*, 2018. Gestión de vitalidad en entornos competitivos. Editorial Academia, Ciudad de La Habana.

Causas	Subcausas	Acciones a cumplimentar	Responsable	Ejecutantes	Controla	Fecha cump
Insuficiente disponibilidad de equipos del transporte especializado así como tecnológico, herramentales, útiles y herramientas.	Obsolescencia del parque existente	Recuperar el parque existente de la Empresa sobre la base de una planificación objetiva concebida en el plan de la economía	Jefe Taller de Logística y Transporte	Brigada de Mantenimiento al Transporte	Director Empresa	Según programa hasta Dic. 2024
	Carencia de pieza de repuesto para la reparación	Contratar previamente con los proveedores mayoristas las demandas de piezas amparadas por un programa debidamente certificado en el plan de la economía	Jefe Taller de Logística y Transporte	Brigada del Transporte	Director Empresa	Septiembre 2024
	Inestabilidad de los aseguramiento técnicos materiales	Exigir por mantener sostenidamente el nivel de gestión	Jefe Taller de Logística y Transporte	Brigada del Transporte	Director Empresa	Sostenidamente
	Carencia de presupuesto de inversiones	Solicitar con carácter urgente el estudio de factibilidad como inicio de una inversión necesaria.	Jefe Dpto. de Técnica y Desarrollo	Inversionista	Director Empresa	Diciembre 2024
	Bajo nivel de inventario de equipos	Mantener el 90% del CDT en la Empresa Activo	Jefe Taller de Logística y Transporte	Brigada de Mantenimiento al Transporte	Director Empresa	Según programa hasta Dic. 2024
Insuficiente capacitación de los operarios y personal técnico de los distintos talleres de las bases productivas.	Tecnologías Modernas	Continuar con la capacitación interna y coordinar acciones conjuntas para los operarios de los distintos talleres de las bases productivas. Planificar la capacitación	Jefe Dto. de Capital Humano	Técnicos y Trabajadores Capacitados	Director Empresa	Según programa hasta Oct. 2024
	Falta de planes de capacitación			Especialista de Capacitación.	Director Empresa	Agosto 2024
	Operadores con poca experiencia			Técnicos y Trabajadores Capacitados	Director Empresa	Según programa hasta Oct. 2024
	Poca documentación técnica	Entregar documentación técnica a los distintos talleres y que sean controladas por los técnicos	Jefe Dpto. de Técnica y Desarrollo	Especialistas Mecánicos	Director Empresa	Julio 2024



	No cuentan con equipos ni agregados necesarios	Culminar el levantamiento técnico y completar las áreas de trabajo con los equipos tecnológicos necesarios	Jefe Dpto. de Técnica y Desarrollo	Especialistas Mecánicos	Director Empresa	Octubre 2024
Talleres territoriales de los polos productivos en mal estado, incompletos y no reúnen los requisitos para la atención a las nuevas tecnologías.	No planificación de los Mantenimientos constructivos	Coordinar de manera conjunta la Planificación de mantenimientos constructivos	Jefe Dpto. de Técnica y Desarrollo	Inversionista	Director Empresa	Octubre 2024
	Falta de financiamiento	Planificar de conjunto estudio de factibilidad para el proceso inversionista e incluirlo en la estrategia de desarrollo, planificarlo en el plan de la economía				
	No existencia en el mercado de equipos tecnológicos					
Insuficiente caracterización y demanda de los servicios técnicos que necesitan las formas productivas.	Falta de personal calificado	Participar en los cursos de gestores comerciales organizados por GELMA actualizando el nuevo modelo de gestión	Jefe de Brigada de Comercialización	Gestores Comerciales	Director Empresa	Diciembre 2024
	Desconocimiento de la actividad.					
	Poca integración	Buscar integración con los distintas actores logrando encadenamientos productivos				
Insuficiente personal técnico especializado en la Empresa para hacer frente a la demanda del territorio.	Carencia de personal graduado en la especialidad	Intencional el nivel de gestión de personal graduado de los diferentes centros de enseñanza medios y profesional	Jefe Dto. de Capital Humano	Especialista de Capacitación.	Director Empresa	Septiembre 2024
	No tener cubierta la plantilla	Ejecutar acciones de captación más atractiva y más competitiva				
	Competencias con otras empresas similares					
	Falta de motivación	Proteger el plan de atención al hombre de manera integral con beneficios que se motive el hombre				
	Falta de capacitación	Cumplir con la estrategia de capacitación interna				

IP-15. El empleo de biocombustibles en motores de combustión interna en función de una agricultura sostenible

The use of biofuels in internal combustion engines in the context of sustainable agriculture

S. Díaz Barrios[1]; O. G. Pérez Acosta[1] y Y. Morejón Mesa[2]

[1]Instituto de Ciencia Animal (ICA), Ministerio de Educación Superior, carretera central Km 42/2, Mayabeque, San José de las Lajas, Cuba.

[2]Universidad Agraria de la Habana (UNAH)

[*]Correspondencia a: *sdiazb555.@gmail.com*

RESUMEN

El siguiente trabajo presenta dos investigaciones encaminadas a lograr determinar si el uso de mezclas con variaciones de biocombustibles en los motores dedicados a la agricultura permite disminuir el uso del diésel en este sector. La primera emplea mezclas diésel-bioetanol (10%, 15%,20% y 25%) en un motor D-240 acoplado a un banco de prueba. En ella se determina el comportamiento de la potencia efectiva, el momento torsor y el consumo especifico de combustible variando las cargas del motor. La segunda son mezclas diésel-biodiesel utilizadas en un motor MWM Internacional acoplado a una bomba vertical de pozo profundo. Se emplean siete mezclas (0%; 5%; 10%; 15%; 20%; 25% y 30%) y se estudian en tres frecuencias de rotación (1350, 1550, 1750 rpm). Las investigaciones determinaron que el uso de mezclas con bioetanol no es factible en los motores diésel debido a las diferencias que presentan los dos combustibles en cuanto al índice que establece el encendido en la combustión. En cambio, el uso de biodiesel permite mejorar el consumo de combustible del motor, por lo que el empleo de estas mezclas permite sustituir parcialmente la dependencia de los recursos fósiles.

Palabras clave*: etanol, biodiesel, parámetros del motor*

ABSTRACT

The following work presents two research studies aimed at determining whether the use of blends with variations of biofuels in engines dedicated to agriculture helps to reduce the use of diesel in this sector. The first uses diesel-bioethanol mixtures (10%, 15%, 20%, and 25%) in a D-240 engine coupled to a test bench. It determines the behavior of effective power, torque, and specific fuel consumption by varying the engine loads. The second are diesel-biodiesel blends used in an MWM International engine coupled to a deep well vertical pump. Seven blends are used (0%; 5%; 10%; 15%; 20%; 25% and 30%) and studied at three rotation frequencies (1350, 1550, 1750 rpm). The research determined that the use of blends with bioethanol is not feasible in diesel engines due to the differences that the two fuels present regarding the index that establishes ignition in combustion. On the other hand, the use of biodiesel improves the fuel consumption of the engine, so the use of these blends allows for a partial replacement of the dependence on fossil resources.

Keywords: *ethanol, biodiesel, engine parameters*

INTRODUCCIÓN

La ciencia y la tecnología en el trascurso del siglo XX ha desarrollado altos niveles de confort, conveniencia y movilidad; lo que trae consigo dependencia de las reservas finitas de energía fósil. Cada día su agotamiento es inminente por lo que se requiere el uso de otras fuentes de energía. La problemática se puede mitigar con el empleo de energías renovables Subía y Rubio; (2018). Los biocombustibles son una opción para contrarrestar el empleo constante de los recursos fósiles. Se utiliza ese nombre para identificar a la mezcla de sustancias orgánicas que se utiliza en los motores de combustión interna, este producto se obtiene a partir de cualquier biomasa. Se utiliza el término biomasa al referirse a la materia orgánica que haya tenido su origen inmediato en el proceso biológico (espontáneo o provocado) de organismos recientemente vivos (plantas o deshechos metabólicos) Morales; (2017). Los biocombustibles líquidos más relevantes son (biodiesel, bioetanol, biometanol), en esta investigación se utilizó el biodiesel y el bioetanol.

MATERIALES Y MÉTODOS

En este trabajo se plasman dos investigaciones diferentes pero relacionadas entre sí, ya que las mismas permiten arribar a resultados plasmáticos referentes al uso de biocombustibles en MCI. La primera se realizó en el Laboratorio de Motores de Combustión Interna, perteneciente al Departamento Ingeniería, de la Facultad de Ciencias Técnicas, Universidad Agraria de la Habana. Donde se determinó el comportamiento de los principales parámetros de funcionamiento de un motor diésel (D-240), al emplearse diferentes mezclas de diésel-bioetanol, con el objetivo de evaluar y comparar su comportamiento. Se utilizó un motor diésel de cuatro tiempos sin compresor, correspondiente a tractores modelo JUMZ-6KM acoplado en un banco de prueba y variando las cargas. Se emplearon mezclas con diferentes porcientos (10%, 15%,20% y 25%); de etanol hidratado al 95%.

El segundo experimento se realizó en el Departamento de Ingeniería y Medio ambiente, del Instituto de Ciencia Animal (ICA). Se evaluó el sistema de bombeo que se usa en el abastecimiento del agua para el instituto y la comunidad. Se realizan tres bombeos diarios, el tanque para el almacenamiento del agua es en forma de hongo con un volumen de 283, 91 m^3. El motor que se utiliza es un MWM Internacional; modelo 6.10T y acoplado a una bomba vertical de pozo profundo marca Worthington. Las mezclas utilizadas fueron diésel- biodiesel en diferentes concentraciones (0%; 5%; 10%; 15%; 20%; 25% y 30% biodiesel). El biocombustible utilizado provino de la planta de Camagüey dirigido por el proyecto de la Estación Experimental de Pastos y Forraje Indio Hatuey y el diésel de la pista de abastecimiento del ICA.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el primer experimento se utilizó modelos de regresión polinomial de segundo orden para analizar los resultados. En la figura 1 se puede apreciar como la potencia efectiva del motor en todas las variantes de mezclas empleadas tiende a cero a medida que aumente la frecuencia de rotación; por otro lado, se observa que en todos los casos al emplearse mezclas con etanol se alcanzan valores de potencia efectiva superiores a los obtenidos con combustible diésel.

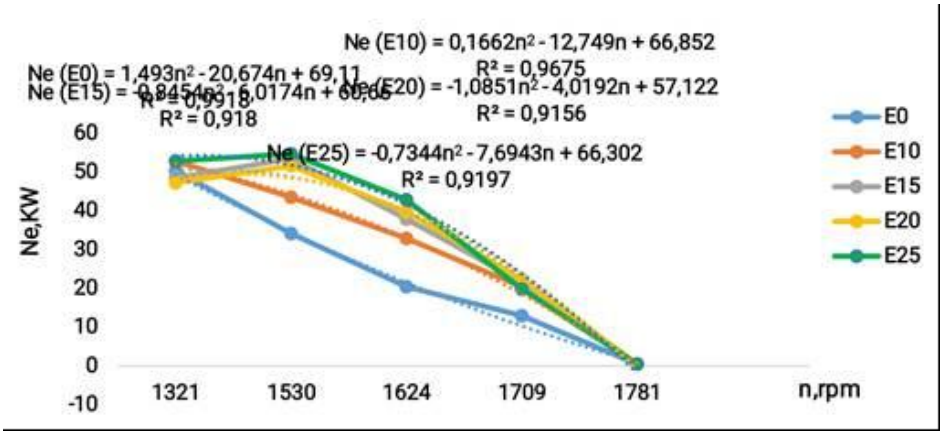


Figura 1. *Comportamiento de la potencia efectiva en función de la frecuencia de rotación y mezcla diésel-etanol.*

Como se evidencia en la figura 2, el momento torsor del motor tiende a cero a medida que aumente la frecuencia de rotación; al mismo tiempo se observa que en casi todos los casos al utilizar mezclas con bioetanol se alcanzan valores de momento torsor superiores a los obtenidos con combustible diésel; solamente esto no ocurre al emplearse mezclas E15 y E20, en la frecuencia de rotación mínima de 1321 rpm.

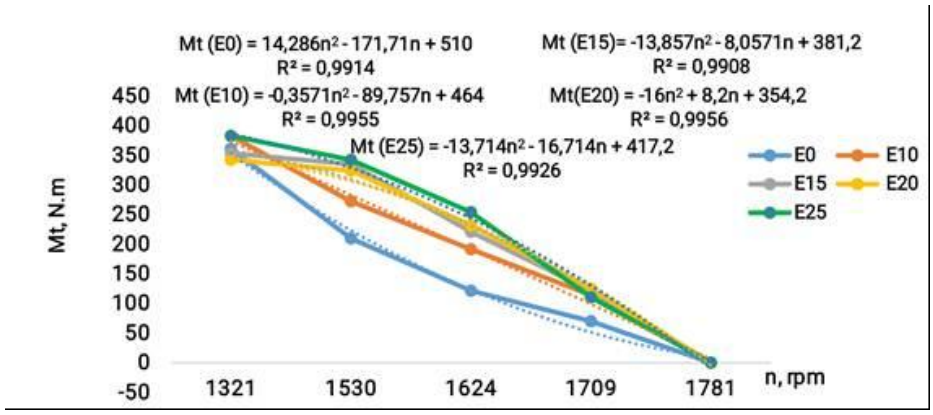


Figura 2. *Comportamiento del momento torsor en función de la frecuencia de rotación y mezcla diésel-etanol.*

El comportamiento descrito en la figura 1 y 2, donde se observa una tendencia disminuir se debe a que los experimentos realizados se limitaron al consumo de un volumen predeterminado de combustible por cada experimento (1 L), por lo que al consumirse este, se detuvo la observación y no se llegó al paro funcional del motor (apagado del motor).

Otro parámetro estudiado fue el consumo específico de combustible del motor diésel, al emplearse mezclas diésel-bioetanol y variarse la carga, aspecto que se consideró en función de la frecuencia de rotación para diferentes regímenes de carga (figura.3).

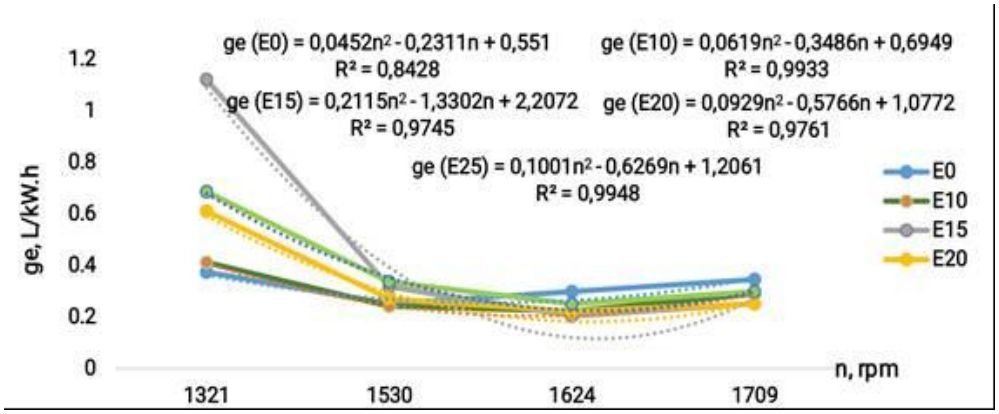


Figura 3. *Comportamiento del consumo específico de combustible en función de la frecuencia de rotación y mezcla diésel-etanol.*

Analizándose detalladamente los modelos obtenidos en la figura 3 es posible constatar que los menores valores de consumo específico de combustible para la frecuencia de rotación mínima de 1321 rpm, se obtienen al emplearse la mezcla E10, para frecuencias de rotación de 1530 rpm, se obtienen al emplearse mezclas E15, para frecuencias de rotación de 1624 rpm, se obtienen al emplearse mezclas E25 y para frecuencias de rotación de 1709 rpm, se obtienen al emplearse mezclas E20.

Al analizar todos los parámetros se puede constatar que el uso de mezclas diésel-bioetanol no es factible en motores de combustión interna diésel. Aunque se aprecia un significativo aumento de potencia y momento torsor el aumento del consumo especifico de combustible no hace viable el uso de esta mezcla. El aumento de este último parámetro se debe al uso de dos combustibles que presentan dos índices diferentes de carácter significativo en la combustión. Se hace referencia a los índices de cetanaje y octanaje. Por lo que se recomienda a partir de los datos obtenidos en esta parte de la investigación utilizar mezclas de diésel- biodiesel en motores dedicados a la agricultura.

Al analizar los datos del primer experimento y valorar las recomendaciones del mismo se decidió utilizar mezclas diésel-biodiesel (0%; 5%; 10%; 15%; 20%; 25% y 30%) para analizar los parámetros del motor e identificar la mejor mezcla a emplear. Por lo que en la segunda investigación se realizó un análisis al utilizar un motor al realizar la función de bombeo de agua. Los parámetros de la potencia y el momento torsor se representan en función de las tres frecuencias de rotación que se utilizan en el experimento (1350, 1550, 1750 rpm). En la figura 4 se aprecia una disminución de los parámetros al utilizar menores frecuencias de rotación. Esto se debe a que el motor esta subutilizado ya que su potencia nominal trabaja a 2 600 rpm y las revoluciones que admite el cabezal de la bomba es de 1770 rpm. En cuanto al momento torsor sus resultados son similares ya que los dos parámetros son directamente proporcionales.

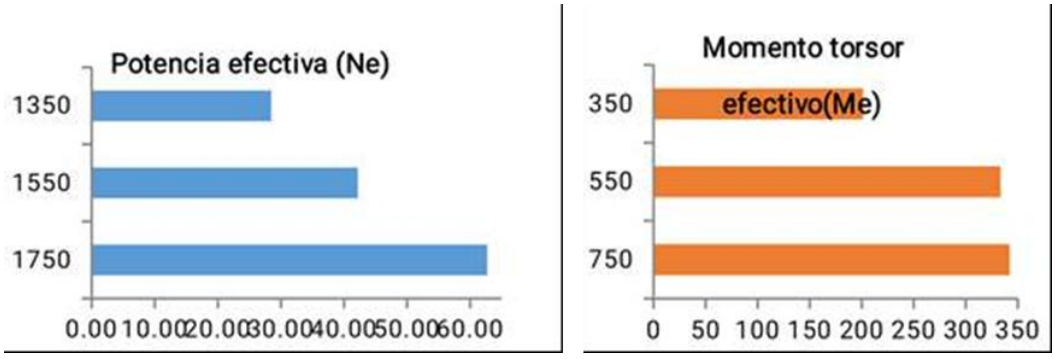


Figura 4. *Comportamiento de potencia efectiva y momento torsor efectivo del motor en función de las tres frecuencias de rotación.*

En el caso del consumo especifico de combustible se le realizó un análisis de varianza según modelo de Clasificación Simple con arreglo factorial 7(mezclas) x 3(RPM) Duncan; (1995). Donde se aplicó la dócima de Duncan para $P<0,05$ y el paquete estadístico utilizado fue Infostat Di Rienzo *et al*; (2012).



En la tabla 1 se muestra que no existen diferencias significativas entre las mezclas a 1550 rpm. En el caso de 1750 solo hay diferencias en la mezcla B-30 la cual se debe al mayor consumo horario. En el caso de 1350 las mezclas B-5 y B-30 presentan los mayores valores. Estos valores se deben a la mejor combustión que presentan causada por el aumento de oxígeno en la mezcla y al turbocompresor que tiene el motor.

Tabla 1. *Análisis estadístico del consumo específico de combustible.*

Indicador	rpm / mezcla B	1750	1550	1350	EE± y sign
Consumo específico de combustible (ge), L/Kw*h	0	0,308^{abcd}	0,332^{ef}	0,366^{g}	0,006 P=0,0051
	5	0,305^{abc}	0,333^{ef}	0,407^{i}	
	10	0,306^{abc}	0,335^{ef}	0,382^{gh}	
	15	0,301^{ab}	0,324^{cdef}	0,384^{gh}	
	20	0,306^{abc}	0,326^{def}	0,384^{gh}	
	25	0,294^{a}	0,319^{bcde}	0,371^{g}	
	30	0,342^{f}	0,332^{ef}	0,395^{hi}	

En esta segunda investigación se observa que a pesar de que el consumo especifico de combustible presenta una significativa mejora en comparación con el experimento uno, aun los parámetros de potencia y momento torsor no son los ideales. Pero se debe de tener en cuenta que este hecho está condicionado por el uso de un motor subutilizado. El mismo presenta unas revoluciones nominales de máximas de 2600rpm, en cambio la bomba a la que esta acoplado su frecuencia de rotación máxima es de 1770 rpm. Por lo que en este trabajo se recomienda el uso de mezclas de diésel-biodiesel en motores dedicado a la agricultura solo si el motor está trabajando en su régimen nominal.

El biodiesel es obtenido de materias primas que no presentan grandes inversiones por lo que su costo es inferior al del diésel. Si se emplean mezclas con altos porcientos de biodiesel se estaría reduciendo el precio del combustible que utilizamos en la agricultura. Además, se estaría restringiendo el consumo de recursos fósiles en las actividades ganaderas. En la Agenda del 2030 uno de los lineamientos es la disminución de los combustibles tradicionales. Esta investigación concluye con la certeza de que el uso de mezclas diésel biodiesel es una opción viable para alcanzar esa meta.

CONCLUSIONES

El uso de mezclas diésel- bioetanol no es recomendado en motores de combustión interna diésel.

El empleo de mezclas diésel-biodiesel no presentan diferencias estadísticamente significativas en el consumo específico del motor respecto al diésel puro.

Si se emplea un motor trabajando en su régimen nominal y con mezclas diésel-biodiesel se podría disminuir el consumo de los recursos fósiles.

BIBLIOGRAFÍA

Duncan, D.B. 1995. Multiple range and multiple F tests. Biometrics 11(1).

Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. 2012. Grupo InfoStat, FCA, InfoStat versión**.** Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL http://www.infostat.com.ar

Morales, M.M. 2017. Compuestos orgánicos, salud y medio ambiente. Ed. Ciencias–Técnicas. La Habana, Cuba. ISBN: 978–959–05–0895. 58–59.

Subía, S. y Rubio, J. 2018. Evaluación de biomasa de microalgas de la laguna Limoncocha como materia prima para la obtención de biocombustibles Enfoque UTE. 9(2). 106-116. ISSN: 1390-9363. e-ISSN: 1390-6542.

IP-17. Sustentabilidad de sistemas de producción ovina bajo diferentes formas de tenencia de la tierra en Granma, Cuba

Sustainability of sheep production systems under different forms of land tenure in Granma, Cuba

Y. Piña Solano[1]; N. Fonseca Fuentes[2]; S. Milán Rabí[1]; J.V. Wright Ramírez[1]; E. Pérez Pineda[2] y J. Grizelj[3]*

[1]Instituto de Investigaciones Agropecuarias "Jorge Dimitrov"

[2]Universidad de Granma

[3]Universidad de Zagreb, Croacia

[*]Correspondencia a: ysolano@dimitrov.cu

RESUMEN

El estudio evaluó la sustentabilidad de los sistemas de producción ovina (SPO) y los medios de vida de los productores en tres formas de tenencia de la tierra (Productores Individuales -PI-, Cooperativas de Producción Agropecuaria -CPA- y Unidades Básicas de Producción Cooperativa -UBPC-) en la provincia de Granma, Cuba. Utilizando el marco MESMIS, se analizaron 21 indicadores agrupados en cinco atributos de sustentabilidad (productividad, estabilidad, adaptabilidad, equidad y autogestión). Los resultados mostraron diferencias significativas ($p<0.05$) en los capitales de los productores. Las UBPC destacaron en capital humano (edad más joven, mayor capacitación) y financiero (ingresos salariales), pero mostraron limitaciones en capital natural (menor superficie, área forrajera nula). En los indicadores de sustentabilidad, los sistemas UBPC alcanzaron la mayor productividad (96% del óptimo en margen neto), mientras que los PI mostraron mayor adaptabilidad (45% recibió apoyo de proyectos) y las CPA mayor estabilidad en términos de estado del pastizal (65%). La equidad fue mayor en UBPC (65% de asistencia femenina a reuniones). Se concluye que cada forma de tenencia presenta fortalezas y debilidades específicas, siendo crucial el diseño de políticas diferenciadas para mejorar la sustentabilidad integral de los SPO.

Palabras clave: *Sustentabilidad, ovinos, tenencia de la tierra, MESMIS, medios de vida.*

ABSTRACT

This study assessed the sustainability of sheep production systems (SPS) and the livelihoods of producers under three land tenure forms (Individual Producers (IP), Agricultural Production Cooperatives (APC), and Basic Units of Cooperative Production (BUCP) in Granma province, Cuba. Using the MESMIS framework, 21 indicators grouped into five sustainability attributes (productivity, stability, adaptability, equity, and self-management) were analyzed. The results showed significant differences ($p<0.05$) in producers' capital assets. BUCP excelled in human (younger age, higher training) and financial capital (wage income) but showed limitations in natural capital (smaller land area, no forage area). Regarding sustainability indicators, BUCP systems achieved the highest productivity (96% of the optimum net margin), while IPs showed greater adaptability (45% received project support) and APC greater stability in terms of pasture condition (65%). Equity was higher in BUCP (65% female attendance at meetings). It is concluded that each tenure form has specific strengths and weaknesses, making the design of differentiated policies crucial to improve the integral sustainability of SPS.

Keywords: *Sustainability, sheep, land tenure, MESMIS, livelihoods.*

INTRODUCCIÓN

La producción ovina representa una estrategia clave para la seguridad alimentaria y el desarrollo rural sostenible en muchos países en desarrollo, incluida Cuba (Nahed, 2008). En la provincia de Granma, esta actividad se desarrolla bajo diversas formas de tenencia de la tierra, lo que influye directamente en el acceso a recursos, la toma de decisiones y, en última instancia, en la sustentabilidad de los sistemas productivos. La evaluación de la sustentabilidad requiere de marcos metodológicos integrales que capturen sus dimensiones ambientales, sociales y económicas.

El Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales incorporando Indicadores de Sustentabilidad (MESMIS) se erige como una herramienta robusta para este fin (Altieri *et al.*, 2017). Estudios previos han aplicado este marco en contextos agropecuarios cubanos, pero existe un vacío en su aplicación específica para comparar sistemas ovinos bajo diferentes regímenes de tenencia de la tierra en las condiciones particulares de la provincia de Granma, caracterizada por suelos con problemas de drenaje y salinidad (Benítez, 2003).

El objetivo de esta investigación fue evaluar y comparar la sustentabilidad de los sistemas de producción ovina y los medios de vida de los productores en las formas de tenencia de tierra: Productores Individuales (PI), Cooperativas de Producción Agropecuaria (CPA) y trabajadores de Unidades Básicas de Producción Cooperativa (UBPC).



MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se realizó en las tres regiones físicas de la provincia de Granma, Valle del Cauto (municipios de Bayamo y Jiguaní); Montaña (municipios de Pilón y Bartolomé Masó) y Costa (municipios Pilón y Niquero).

El clima en la región es cálido tropical, con dos épocas bien definidas, la lluviosa de mayo a octubre y la poco lluviosa de noviembre a abril. La precipitación promedio anual es de 1088, 8 mm, y la temperatura media anual es de 25.4 ^{0}C, con valores desde los 22.9 ^{0}C en la época menos lluviosa hasta los 27.9 C0 en la época lluviosa. El 100% de los suelos de uso ganadero en la región presenta mal drenaje, el 70% de ellos está afectado por la salinidad y el 40% es inundable (Benítez, 2003). El grado de salinización de los suelos es variable, y depende de su cercanía al mar, de mantos freáticos salinizados o de la acción antrópica por el riego con aguas de mala calidad (Ray, 2000).

Escala de análisis, métodos, obtención y análisis de la información

La investigación se realizó en tres regiones físicas de la provincia de Granma, incluyó a los productores de ovinos (PO), en 15 comunidades seleccionadas al azar para comparar los medios de vida de los PO y la sustentabilidad de los sistemas de producción ovina (SPO) en tres formas de tenencia de la tierra. Se diseñó un estudio comparativo de tres formas de tenencia de la tierra: i) Productores individuales (PI), ii) Cooperativas de producción agropecuaria (CPA), y iii) Trabajadores de la Unidades Básicas de Producción Cooperativa (UBPC), que realizan actividades de producción de ovinos en traspatios y áreas marginales.

La evaluación de la sustentabilidad de los SPO se basó en el Marco para la evaluación de los sistemas de manejo de recursos naturales incorporando indicadores de sustentabilidad (MESMIS), propuesto por Masera et al. (1999), adaptado a las condiciones de la provincia de Granma para la evaluación de los SPO. La información se obtuvo mediante talleres participativos (Geilfus 2001). En los talleres los PO identificaron los puntos críticos de los SPO para cada atributo (Tabla 1), a partir de estos elementos se formaron los indicadores para cada atributo y se realizaron observaciones directas a través de un cuestionario aplicado a 60 FPO de cada una de las tres formas de tenencia de la tierra, en las 15 comunidades. El cuestionario incluyó dos secciones. La primera abordó aspectos relacionados con los componentes de los medios de vida: capitales (natural, físico, financiero, social, humano). La segunda sección captó información de 21 indicadores correspondientes a los cinco atributos de los sistemas sustentables (Nahed, 2008) y Alemán et al., (2005).

Tabla 1. *Puntos críticos en los sistemas de producción ovina para diferentes indicadores en la provincia de Granma, Cuba.*

Atributos	Puntos críticos	Indicadores
Productividad	Baja productividad de los rebaños	1.Margen neto de ganancia del ganado ovino, cup
		2.Ovinos destetados por reproductoras al año
Estabilidad, confiabilidad y resiliencia	Dependencia de condiciones naturales y climáticas	3.Peso venta, kg
		4.Peso al nacer, kg
		5.Área forrajera, ha
		6.Especie de pasto, tipo
		7.Tipo de pastoreo, tipo
		8.Carga animal, UGM/ha
		9.Dependencia de condiciones climáticas, tipo
		10.Erosión del suelo, tipo
		11.Estado del pastizal
		12. Pertenencia a organizaciones. productivas, tipo

	Manifestaciones de optimismo o pesimismo con respecto a la producción ovina	13.Productores que continuarán con ovinos
		14.Qué pasará con el ovino
Adaptabilidad	Participación en proyectos comunitarios relacionados con la producción ovina	15.Recibió apoyo de algún proyecto
		16.Recibe asiste técnica
		17.Total de beneficiarios, No
Equidad	Participación de mujeres en las actividades de producción ovina	18.Asistencia de mujeres a reuniones, participantes
		19.Toma de decisiones, tipo
		20.Mujeres en labores, participantes
Autogestión	Afiliación a organizaciones productivas	21.Participación en reuniones de la organización.
	Creatividad y autonomía para la innovación agropecuaria	22.Realizan actividades de innovación.

Para determinar los valores óptimos de cada indicador se tomaron los valores de referencia informados para la especie en el país o la región. En el caso de indicadores para los cuales el valor óptimo es la cifra máxima el indicador se obtuvo dividiendo el valor del indicador entre el valor óptimo por cien (valor del indicador/valor óptimo) *100. En el caso de indicadores para los cuales el valor óptimo es la cifra mínima, el indicador se obtuvo dividiendo el valor óptimo entre el indicador por cien (valor óptimo/valor del indicador) *100, La asignación de valores a los indicadores cualitativos se realizó de acuerdo al % de productores que cumplen con el criterio deseado. El porcentaje de cada atributo de sustentabilidad y de cada forma de tenencia de la tierra se obtuvo del promedio de los porcentajes de los indicadores.

Análisis estadístico de la información

La información se sistematizó en una base de datos para realizar el análisis a través del programa SPSS Statistical versión 21.0. Se analizó la normalidad de los datos mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov y la homogeneidad de varianzas por la prueba de Bartlett, se realizó comparación de medias entre las tres formas de tenencia de la tierra (PA, PU, trabajadores de UBPC). Las diferencias entre medias se determinaron por la prueba de Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La tendencia encontrada en los resultados productivos en los diferentes sistemas de producción ovina en las diferentes formas de tenencia de la tierra en las tres regiones físicas de la provincia de Granma, responden a los cambios históricos en la agricultura cubana, que ha transitado por etapas de crecimiento, madurez, colapso y renovación, en un proceso complejo de renovación adaptativa. Palma et al. (2013), indican que estos involucran cambios económicos, sociales, ambientales, culturales y de políticas institucionales relacionadas con la agricultura familiar rural.

En la tabla 2 se presentan las variables que conforman los capitales en las tres formas de tenencia de la tierra. Los resultados revelaron un perfil distintivo de capitales para cada forma de tenencia. Los Productores Individuales (PI) y las CPA poseían superficies totales y para ganado significativamente mayores (9.25 ha y 14.25 ha vs. 0.71 ha, $p<0.05$) que las UBPC, así como una mayor Unidad Animal total. Sin embargo, las UBPC mostraron un capital humano más robusto, con productores significativamente más jóvenes (44.25 años) y con mayor acceso a asistencia técnica y capacitación (65%) comparado con los PI (30%) ($p<0.05$). Financieramente, mientras las CPA generaron los mayores ingresos agrícolas, las UBPC reportaron los ingresos salariales más altos, pero nulos ingresos agrícolas propios, reflejando su modelo de trabajo asalariado. Estas disparidades en la dotación de capitales sientan la base estructural sobre la cual se construye el desempeño en sustentabilidad de cada sistema (Herrera y Carmenate. 2021), determinando su capacidad para responder a perturbaciones y mantener la producción a largo plazo.

El capital natural está constituido por la tierra, el ganado ovino y los cultivos. El principal recurso es la tierra, la calidad de la tierra está influenciada por el manejo durante la aplicación del modelo de modernización agropecuaria en la agricultura cubana, en este sentido destaca el uso indiscriminado de agroquímicos, que provocaron la degradación de los suelos, además otro factor que influye en la calidad de la tierra es el tipo de suelo (Funes-Monzote 2009).

La disponibilidad de tierras promedio es mayor en la forma de tenencia de tierra de PCPA, (P< 0.05), debido a que por el decreto 259 de 2008 la entrega de tierra en usufructo es de 13.42 ha y solo en casos excepcionales por no disponibilidad en algunas de las áreas la cantidad entregada ha sido menor. En la forma de tenencia de los PI, la cantidad de tierra es muy variable y en las UBPC se desarrollan las actividades agrícolas en áreas de traspatios familiares. La menor cantidad de animales y áreas dedicadas a la ganadería es para los trabajadores de las UBPC con diferencias significativas (P<.0.05) con los PI y PCPA.

La disponibilidad de tierra es una condición importante para las estrategias de vida de los productores, porque pueden ampliar sus actividades, este aspecto cobra mayor importancia en la medida que se comprenda que la agricultura a pequeña escala en cada país es la que produce la mayor cantidad de alimentos y según Altieri (2009), es en estos aspectos donde estos sistemas ofrecen oportunidades para las mejoras económicas de los productores.

Tabla 2. *Valores promedios de las variables de capitales de los productores ovinos en tres regiones físicas en la provincia de Granma; Cuba.*

Capitales	Variables	Formas de tenencia de la tierra			
		PI	PCPA	UBPC	Sig
	N	20	20	20	
Natural	Superficie total, ha	9.25[b] (±1.001)	14.25[a] (±0.783)	0.71[c] (±0.054)	0.05
	Superficie para ganado ovino, ha	2.90[a] (±0.221)	3.55[a] (±0.211)	0.69[b] (±0.035)	0.05
	Unidad Animal total, UA	37.80[a] (± 2.87)	46.47[a] (±3.580)	14.62[b] (±0.751)	0.05
	Área para forraje, ha	0.44a (± 0.225)	0.61[a] (± 0.058)	0.00[b] (±0.000)	0.05
Físico	Herramientas manuales, %	100% (20)	100% (20)	100% (20)	NS
	Maquinarias agrícolas	25.0% (5)	10% (2)	0%(0)	0.05
	Disponibilidad de instalaciones, %	100% (20)	100% (20)	60.0% (12)	0.05
Financiero	Ingresos por agricultura; cup1	7688.52[b] (±824.00)	8897.45[a] (±141.60)	00.00[c] (±0.00)	0.05
	Ingresos por ganado ovino, cup	2677.65[a] (±291.28)	2562.00[b] (±181.65)	2580.00[b] (±186.48)	NS
	Ingreso Por salarios; cup	3518.3c (±365.2)	4990.89[b] (±105.1)	5425, 7[a] (±170.70)	0.05
Social	Número de organizaciones productivas, No	1 (±0.00)	1 (±0.00)	1 (±0.00)	NS
Capital Humano	Edad del productor, años	64.21 (± 1.925)	56.65a (± 1.965)	44.25[b] (±1.624)	0.05
	Antigüedad en la ganadería ovina, años	14.94[a] (±1.89)	6.71[b] (±0.45)	6.90[b] (±0.68)	0.05
	Asistencia técnica y capacitación, %	30.0 (6)	40.0 (8)	65.0 (13)	0.05

[1] Pesos cubanos, moneda nacional

Los ingresos por ganado ovino no presentan diferencias significativas entre las tres formas de tenencia de la tierra, aunque los mayores ingresos los tienen los trabajadores de las UBPC

En el capital físico en cuanto a la disponibilidad de herramientas el 100% de los productores en cada forma de tenencia de la tierra, tienen herramientas para realizar el trabajo, sin embargo, la cantidad de maquinarias e instalaciones están presentes con los PI y PCPA y no con los trabajadores de las UBPC.

El capital social no presenta diferencias significativas entre formas de tenencia de tierra, debido a que todos los productores están afiliados a una organización productiva. En este sentido Abreu et al. (2010), consideran que las redes formadas con el capital social constituyen recursos valiosos para los productores ya que facilitan o frenan sus actividades económicas, y les permite el acceso a oportunidades benéficas para sus estrategias de vida.

En el capital humano los trabajadores de las UBPC tienen la mayor escolaridad presentando diferencias significativas ($P<0.05$), con los PI, que presentan la menor escolaridad. Los PI presentan la mayor antigüedad ($P<0.05$), con el ganado ovino. El nivel educativo está muy relacionado con el capital financiero debido a que a mayor nivel escolar los productores tienen más posibilidad de cumplir con las responsabilidades productivas con mayor eficiencia (Van der Sluis et al. 2005).

La diferencia en la disponibilidad de capitales mostró la capacidad que tienen los PO para mejorar sus condiciones de vida. La disponibilidad de capitales influye en la estrategia de vida debido a que les proporciona la capacidad de realizar una mayor diversificación de sus actividades, de acuerdo a las oportunidades y libertades (económicas, sociales y políticas) que poseen. Es importante destacar que la posibilidad de realizar varias actividades dentro de las estrategias de vida es una oportunidad muy importante, porque les permite enfrentar los desastres naturales y mitigar el cambio climático, aspecto que destacan Ríos *et al.*, (2011).

Los atributos de los sistemas y los indicadores se muestran en la tabla. 3. Los indicadores muestran sus mejores valores para los SPO de los trabajadores de las UBPC, con valores cercanos al óptimo (96%) en el margen neto por reproductora, superando significativamente a PI y CPA (16.4% y 17.4%, $p<0.05$). Asimismo, la tasa de destete fue superior en UBPC (92.3% del óptimo), indicando mejores prácticas de manejo sanitario y reproductivo. Por el contrario, la baja productividad en PI y CPA podría estar vinculada a limitaciones en el acceso a financiamiento, tecnología y asistencia veterinaria especializada, lo que coincide con lo reportado por Bergez *et al.*, (2019) para sistemas campesinos en América Latina, donde la escala reducida y el aislamiento técnico limitan el desempeño productivo.

Este resultado sugiere una mayor eficiencia económica en el manejo del rebaño en las UBPC, posiblemente asociada a una mejor tecnificación y acceso a insumos centralizados. Los indicadores en este atributo están relacionados con el comportamiento productivo y reproductivo de la especie ovina, en este sentido tiene un papel fundamental la alimentación del rebaño.

El atributo estabilidad, confiabilidad y resiliencia presentó un panorama mixto. Mientras indicadores como el peso a la venta y al nacer fueron similares entre sistemas (alrededor del 90% del óptimo), otros mostraron grandes variaciones. Las CPA destacaron en el estado del pastizal (65% del óptimo), mientras que las UBPC mostraron la menor área forrajera dedicada (0%). Esto indica una alta dependencia de alimentos concentrados o pastoreo en áreas comunales en las UBPC, aumentando su vulnerabilidad a fluctuaciones de precios y sequías. La mayor percepción de que la producción "avanzará y mejorará" (35% en CPA vs. 20% en UBPC) sugiere diferencias en la confianza y resiliencia psicosocial. La resiliencia de un sistema agropecuario depende críticamente de la diversificación y la base de recursos naturales (Alves e*t al.*, 2017), un área donde las UBPC parecen ser más vulnerables a pesar de su alta productividad corriente.

En Adaptabilidad, los Productores Individuales mostraron una mayor recepción de apoyo de proyectos (45%), lo que denota una mayor capacidad para atraer y absorber asistencia externa e implementar innovaciones. No obstante, las UBPC reportaron un acceso universal a la asistencia técnica (100%), un recurso clave para la adaptación técnica. La adaptabilidad se refiere a la capacidad del sistema para ajustarse a cambios externos (Nicholls y Altieri, 2017). La combinación de apoyo externo (más común en PI) y asistencia técnica interna (más común en UBPC) es esencial para enfrentar desafíos como el cambio climático y la volatilidad del mercado, sugiriendo que ambos modelos necesitan potenciar el componente que les falta para ser plenamente adaptativos.

El atributo de Equidad mostró un desempeño notablemente superior en las UBPC, con una participación femenina del 65% en reuniones y del 45% en la toma de decisiones, frente a solo el 15-25% en los PI. Esto indica que la estructura cooperativizada de las UBPC podría estar fomentando entornos más inclusivos y equitativos para la participación de la mujer, un factor crítico para el desarrollo rural sostenible (FAO, 2018). La menor equidad de género en los sistemas individuales podría estar asociada a normas socioculturales más tradicionales. Mejorar la equidad no es solo un imperativo social, sino que también enriquece la diversidad de perspectivas en la toma de decisiones, mejorando la innovación y la resiliencia comunitaria (Deere y León, 2022).

Finalmente, en Autogestión, todos los sistemas mostraron una participación del 100% en reuniones de sus organizaciones, lo que refleja un alto nivel de organización formal. Sin embargo, las actividades de innovación fueron limitadas en todos los casos, siendo los PI quienes mostraron una mayor iniciativa (35%). La autogestión es la capacidad de los productores para organizarse y generar cambios desde dentro del sistema. La baja incidencia de innovación, a pesar de la alta asistencia a reuniones, podría indicar que estos espacios se utilizan más para la transmisión de información vertical que para la concreción horizontal de soluciones, una barrera conocida para el desarrollo endógeno (Machado et al., 2023).



Tabla 3. *Comparación de indicadores de sistemas de producción ovina en tres formas de tenencia de la tierra y sus valores óptimos en tres regiones físicas en la provincia de Granma, Cuba.*

Atributos	No	Indicadores y unidades	Sistemas de manejo			Optimo	Criterios para el optimo
			Sistemas de PI	Sistemas de CPA	Sistemas UBPC		
Productividad	1	Margen neto/reproductoras, CUP	154[a] ±25.8 16.4%	163[a].±17.2 17.4%	898b.±122.4 96.0%	935 100%	Máximo valor obtenido
	2	Ovinos destetados/reproductoras	1.00[a] ±0.02 76.9%	0.95[a] ±0.03 73.0%	1.2b ±0.2 92.3%	1.3 100%	Máximo de crías destetadas por reproductoras
Estabilidad, confiabilidad y resiliencia	3	Peso venta, Kg	32.5±1.3 94.8%	33.4±0.6 95.4%	32.2 ±0.4 92.0%	35 100%	Peso máximo al sacrificio o venta
	4	Peso al nacer, Kg	2.98± 0.03 85.4%	2.90±0.07 82.8%	2.89±0.04 82.5%	3.5 100%	Pesos al nacer informados para la región
	5	Área forrajera, ha	0.52[a] ±0.06 48.2%	0.71[a] ±0.06 77.7%	0.20b ±0.0 0%	0.83 100%	Máxima área por UGM
	6	Especie de pasto, tipo	10 50%	4 20%	2 10%	20 100%	Pastos mejorados
	7	Tipo de pastoreo, tipo	8 40.0%	10 50.0%	15 75%	20 100%	Sistema de pastoreo rotacional
	8	Carga animal, UGM/ha	0.88[a] ±0.07 73.3%	0.83[a] ±0.04 69.1%	0.92b ±0.04 76.6%	1.2 100%	UGM/ha evaluadas con buenos resultados para la zona
	9	Erosión del suelo, tipo	7 35.0%	8 40.0%	12 60.0%	20 100%	Sin erosión de suelo
	10	Estado del pastizal	5 25%	13 65.0%	3 15%	20 100%	Pastizal empastado
	11	Pertenencia a organizaciones productivas, tipo	20 100%	20 100%	20 100%	20 100%	Todos pertenecen a organización productiva
	12	Productores que continuaran con ovinos	20 100%	20 100%	20 100%	20 100%	Productores que continuan con el ovino

	13	Qué pasará con ovino	6 30.0%	7 35.0%	4 20%	20 100%	Avanzará y mejorará la producción ovina
Adaptabilidad	14	Recibió apoyo de proyecto	9 45.0%	2 10.0%	7 35.0%	20 100%	Reciben apoyo de proyecto
	15	Recibe asiste técnica	12 73.3%	13 76.7%	20 100%	20 100%	Reciben asistencia técnica
	16	Total de beneficiarios, No	3.4±0.2 68%	3.6±0.2 72.0%	3.5±0.2 70.0%	5.0 100%	Mayor cantidad de beneficiario por familia
Equidad	17	Asistencia de mujeres a reuniones,	5 25.0%	10 50.0%	13 65.0%	20 100%	Mujeres que asisten a reuniones
	18	Toma de decisiones	3 15.0%	4 20.0%	9 45.0%	20 100%	Toma de decisiones por mujeres
	19	Mujeres en labores	9 45.0%	4 20%	10 50.0%	20 100%	Mujeres que participan en las labores de la finca
Autogestión	20	Participación en reuniones de la organización	20 100%	20 100%	20 100%	20 100%	Productores que participan en reuniones de la organización
	21	Realizan actividades de innovación	7 35.0%	2 10%	6 30.0%	20 100%	Productores que realizan actividades de innovación

Se encontró que de los indicadores analizados para los sistemas de producción de ovinos los ovinocultores de las UBPC, tienen los mejores resultados en el margen neto de ganancia por reproductoras y en las crías destetadas por reproductoras en un año, con la mayor carga animal, los suelos con menor erosión, la mayor cantidad de mujeres que toman decisiones y participan en las labores productivas con la mayor participación en capacitación y formación. Los PI tienen los mejores resultados de los indicadores de pesos al nacer, pastos mejorados, participación en proyectos y prácticas de actividades de innovación. Las CPA tienen los mayores valores de los indicadores peso de venta, área forrajera, pastizal empastado.





CONCLUSIONES

Existen diferencias significativas en la dotación de capitales y el desempeño en sustentabilidad de los sistemas de producción ovina según la forma de tenencia de la tierra en Granma, Cuba.

Las UBPC demostraron ser las más productivas y con mejor capital humano y equidad de género, pero son las más vulnerables debido a su limitada base de tierra y área forrajera, comprometiendo su estabilidad y resiliencia a largo plazo.

Los Productores Individuales mostraron mayor capacidad de adaptación a través de proyectos externos, pero menores niveles de productividad y equidad.

Las CPA se caracterizaron por una mayor estabilidad en el manejo de los pastizales.

BIBLIOGRAFÍA

Abreu, M., V. Grinevich, M. kitson and M. Savona, 2010. Policies to enhance the 'hidden innovation' in services: evidence and lessons from the UK. Servicie Industries Journal, 1: 99-118.

Alemán T.; Nahed J.; López J. 2005. Evaluación de la sustentabilidad de dos sistemas de producción ovina en comunidades Tzotztles. En Sustentabilidad y Campesinado. Series experiencias agroecológicas en Latinoamérica. Mundi – Prensa. México. SA. D, E. C. V, p 54.

Altieri, M. A. y Nicholls, Clara I. 2017. Agroecology: a brief account of its origins and currents of thought in Latin America. Agroecol. Sustain. Food. 41

Altieri, M. 2009. Agroecology, small farms, and food sovereignty. Monthly Review 61 (3): 102- 113.

Alves, B. J. R.; Madari, B. E. y Boddey, R. M. 2017. Integrated crop-livestock-forestry systems: prospects for a sustainable agricultural intensification. Nutr. Cycl. Agroecosyst. 108:1-4, 2017. DOI: https://doi.org/10.1007/s10705-017-9851-0.

Benítez, D. G. 2003. Perfeccionamiento de la producción de leche en la cuenca lechera Granma. Informe final de proyecto. Programa territorial. Instituto de Investigaciones Agropecuarias Jorge Dimitrov. Bayamo. Granma.

Bergez, J. E.; Audoin, Elise y Therond, O., Eds. 2019. Agroecological transitions: from theory to practice in local participatory design. Cham, Switzerland:Springer. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-01953-2-5

Deere, C. D., & León, M. 2022. Género, propiedad y empoderamiento: Tierra, Estado y mercado en América Latina (3ra ed.). FLACSO Ecuador.

FAO. 2018. El estado mundial de la agricultura y la alimentación: Migración, agricultura y desarrollo rural. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

Funes-Monzote, F. R. 2009. Agricultura con futuro. La alternativa Agroecológica para Cuba. Estación de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, Universidad de Matanzas. COSUDE.

Herrera J, Carmenate, O. 2021. Procedimiento de pesquisa-extensión tecnológica para la alimentación sostenible dos ovinos, resultados preliminares. Cooperativismo y desarrollo. versión On-line ISSN 2310-340X Coodes vol.9 no.1 Pinar del Río ene.-abr. 2021 Epub 30-Abr-2021.

Machado, H., Rivero, N., & García, L. 2023. Innovación agropecuaria y participación comunitaria en Cuba: Retos y oportunidades. Cuadernos de Desarrollo Rural. Vol 1 No. 20, pág 1-18.

Nahed, J. 2008. Aspectos metodológicos en la evaluación de la sostenibilidad de sistemas agrosilvopastoriles. Avances en Investigaciones Agropecuarias. Universidad de Colima, México. 12 (3): 3- 19.

Nicholls, Clara I. y Altieri, M. A. 2019. Bases agroecológicas para la adaptación de la agricultura al cambio climático. Cuadernos de Investigación UNED. 11 (1 ne): S55-S61.

Palma, I.P., J.Nahed, M. Parra, N. Fonseca y F. Guevara. 2013. Historical changes in the process of agricultural development in Cuba, Journal of Cleaner Production. http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.11.078

Ray, J.V. 2000. Sistema de pastoreo racional para la producción de leche con bajos insumos en suelo vertisol. Tesis presentada en opción al grado científico de doctor en ciencias veterinarias. Instituto de Ciencia Animal. La Habana.

Ríos, H., D. Vargas, F. Funes-Monzote., 2011. Innovación Agroecológica, adaptación y mitigación del cambio climático. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. Mayabeque, Cuba.

Van der Sluis, J., M. Van Praag y W. Vijverberg, 2005. Entrepreneurship selection and performance: a meta-analysis of the impact of education in developing economies. World Bank Econ Rev, 2: 225–261.

IP-18. Producción de carne y madera con pastoreo racional en sistemas silvopastoriles. Estancia Abuelita

Meat and wood production with rational grazing in silvopastoral systems. Estancia Abuelita

J.L. Dutra da Silveira

Estancia Abuelita, Departamento de Tacuarembó, Uruguay

Correspondencia a: jldutra@vera.com.uy

RESUMEN

Estancia Abuelita se encuentra en el Departamento de Tacuarembó, Uruguay; propiedad de José Luis Dutra da Silveira y familia. La finca tiene una superficie de 1.600 hectáreas, la producción ganadera se realiza desde hace más de 30 años, la alimentación de los animales se basa únicamente en la producción de pastos del campo natural. Los suelos son arenosos de baja fertilidad, profundos, con pendientes moderadas, con buenas producciones de pastos naturales en los meses de primavera y verano, por el contrario, en los meses fríos la calidad y cantidad de pastos naturales se reduce significativamente. De 1990 a 1994 se realizó forestación con eucalipto en 275 hectáreas del predio para la producción de madera podada de calidad con fines de aserrado, luego de la cosecha de un turno forestal de 17 años, no se continuaron las plantaciones forestales, lo que permitió la restauración de pastos naturales. Desde el año 2015 se plantaron árboles en sistemas silvopastoriles y a partir del 2017 se incorporó el pastoreo racional al predio.

Palabras clave: *pastoreo racional, campo natural, ganadería bovina.*

SUMMARY

Estancia Abuelita is located in the department of Tacuarembó, Uruguay; owned by José Luis Dutra da Silveira and family. The farm has an area of 1,600 hectares, livestock production has been carried out for more than 30 years, the feeding of the animals is based solely on the production of pastures from the natural field. The soils are sandy of low fertility, deep, with moderate slopes, with good productions of natural pastures in the spring and summer months, on the contrary, in the cold months the quality and quantity of natural pastures is significantly reduced. From 1990 to 1994, afforestation with eucalyptus was carried out on 275 hectares of the property for the production of quality pruned wood for sawing purposes, after the harvest of a 17-year forestry shift, forest plantations were not continued, allowing the restoration of natural pastures. Since 2015, trees have been planted in silvopastoral systems and since 2017 rational grazing has been incorporated into the property.

Key words: *rational grazing, natural countryside, cattle farming*

DESARROLLO

En el predio se realiza ganadería bovina con razas cruzas brangus y braford. El sistema de producción abarca todas las etapas de la ganadería: cría, recría e invernada. El rebaño está formado por 2.100 cabezas de ganado en todas sus categorías. Se venden vacas gordas a la industria frigorífica y novillos de 2,5 años a confinamiento para su engorde final, estas ventas se realizan en los meses de abril/mayo de cada año, antes del inicio del invierno.

A partir de 2015, se iniciaron plantaciones de árboles en sistemas silvopastoriles, con eucalipto grandis, para aportar los beneficios de los árboles al sistema. Estos diseños silvopastoriles con eucalipto incluyen dos líneas paralelas separadas por 5 metros y franjas libres de árboles de 20 metros o más. El número de árboles por hectárea no supera los 250 en el momento de la plantación, este número se reduce a 220 en los años siguientes debido a la muerte de árboles por diferentes motivos. Para lograr una SSP con eucalipto, no solo es importante tener un número bajo de árboles y su correcta distribución, sino también manejar podas tempranas y consecutivas para favorecer la entrada de energía solar a los pastos y generar madera de calidad libre de nudos. Los SSP brindan bienestar animal ya que nuestros campos, en el bioma pampeano, no tienen árboles. Anualmente se plantan nuevas áreas de SSP, sumando hasta la fecha un total de 440 hectáreas de la propiedad.



El objetivo de los SSP para Estancia Abuelita, además de mantener el ecosistema natural del campo, preservar la biodiversidad, promover la salud del suelo, mejorar la calidad del agua, aumentar el bienestar animal, contribuir al secuestro de carbono, distribución de deyecciones (estiércol y orina) entre otros beneficios; es aumentar la rentabilidad obteniendo madera de calidad en el mismo espacio físico en el que producimos carne carbono neutral.

Desde 2017, Estancia Abuelita ha incorporado el Pastoreo Racional Voisin (PRV), siempre en pastizales naturales, incluyendo las hectáreas con SSP. Tenemos 556 hectáreas de PRV, incluidos los SSP; suman hasta 280 parcelas con una media de 2 ha por parcela, donde se rotan con cambios diarios de parcelas entre 4 y 7 rebaños de 250 a 300 bovinos dependiendo de la época del año.



Los SSP, sumados al PRV, contribuyen a una contribución sustancial a la producción del establecimiento, tanto en el aumento de kg de carne producida como en la generación de madera podada de calidad en el futuro.

En Estancia Abuelita buscamos producir carne y madera con sistemas silvopastoriles y pastoreo racional, preservando el campo natural y promoviendo la sustentabilidad.

74-IP



SILVOPAT – 2025 | ICA | ISBN: 978-959-7171-88-1 | Cu-ID: https://cu-id.com/book/978-959-7171-88-1



IP-19. Integración de ganadería y agricultura: la experiencia del Rancho San Antonio El Potrero; Palenque, Chiapas, México

Integrating livestock and agriculture: the experience of Rancho San Antonio El Potrero, Palenque, Chiapas, Mexico

M. F. Lastra Escudero

Productor-Ganadero Unión Ganadera Regional de Catazaja, México

Correspondencia a: malastres@hotmail.com

RESUMEN

El cultivo de la palma aceitera (*Elaeis guineensis*), en el trópico húmedo mexicano, comenzó a finales del siglo pasado, sembrando alrededor de 115.000 hectáreas; hoy representa una actividad complementaria a la ganadería tradicional que se practica en la región y una opción sostenible para el uso de tierras en desuso. Además, genera una economía alternativa, arraigo e ingresos adicionales, en la región, ya que los empleos que se han creado están mejor pagados y el número de estos, por hectárea, se multiplica por seis, en comparación con los generados por la ganadería. Con respecto a los ingresos del productor, estos pueden significar al menos, el valor de dos terneros por año, que es mucho más alto que lo que se obtiene actualmente en la mayoría de las unidades de producción ganadera. La actividad no compite con la ganadería u otras actividades agroalimentarias o forestales; no representa ningún riesgo ambiental y dado que México es deficiente en la mayoría de los aceites vegetales que se consumen (alrededor del 60% se importa); el mercado de producción está garantizado y la capacidad de procesamiento es bastante aceptable. Hasta 2016, había apoyos del gobierno para su siembra, actualmente no los hay, las nuevas siembras se están llevando a cabo con los recursos de los productores. La mayoría de sus productores están alrededor de la unidad rentable mínima, que es de 30 hectáreas, aunque hay empresas que superan las 10.000.

Palabras clave: *palma de aceite, ganadería de cría, pastoreo racional*

ABSTRACT

The cultivation of the oil palm (*Elaeis guineensis*), in the humid Mexican tropics, began at the end of the last century, planting about 115,000 hectares; today it represents a complementary activity to traditional livestock practiced in the region and a sustainable option for the use of disused land. In addition, it generates an alternative economy, roots and additional income, in the region, since the jobs that have been created are better paid and the number of these, per hectare, is multiplied by 6, compared to those generated by livestock. With regard to the producer's income, these can mean at least the value of two calves per year, which is much higher than what is currently obtained in most livestock production units. The activity does not compete with livestock or other agri-food or forestry activities; it does not represent any environmental risk and since Mexico is deficient in most of the vegetable oils that are consumed (about 60% is imported); the production market is guaranteed and the processing capacity is quite acceptable. Until 2016, there was government support for its sowing, currently there is none, the new sowings are being carried out with the resources of the producers. Most of its producers are around the minimum profitable unit, which is 30 hectares, although there are companies that exceed 10,000.

Keywords: *oil palm, breeding livestock, rational grazing*

DESARROLLO

La Palma de aceite comenzó a sembrarse a finales del siglo pasado en el sureste mexicano, en los estados de Chiapas, Tabasco, Campeche y Veracruz.

Se utilizaron principalmente predios que habían sido dedicados a la ganadería y por diversas razones, habían sido abandonados y mantenían una situación de acahual, el cual consiste en una vegetación nativa, diversa que se da después de haber derribado la selva y convertido ese ecosistema en pastizales. Otros predios se encontraban siendo utilizados aún por la ganadería, principalmente extensiva y sin un manejo de pastoreo racional.

En la mayoría de los casos, los productores hicieron uso de los apoyos que ofrecía el gobierno en ese entonces y se emplearon prácticas, inducidas por un llamado " paquete tecnológico", el cual consistía en la aplicación general de herbicidas, tanto para hoja ancha como para gramíneas; además, había que arar al menos las líneas de siembra; también, dicho paquete contemplaba la eliminación de todos los árboles que pudieran significar una pérdida del área de siembra y que con su sombra limitaran o impidieran el crecimiento de Las Palmas.

En el año 2012, comencé la siembra de 100 hectáreas de este cultivo, por convicción, personal y en contra de lo que dictaba dicho paquete, no se aplicó el herbicida, tampoco se removió la tierra y mucho menos se eliminaron los árboles.

Se hicieron unas valoraciones de campo para determinar si el suelo se hallaba compactado, pues es muy común considerar erróneamente que el pastoreo y en particular, la presencia de bovinos favorece la compactación; y al corroborar que, en este caso, no era cierto, se optó por no remover el suelo, simplemente sembrar las plantas. Los árboles existentes se dejaron con el fin de ser utilizados como hábitat de las aves que controlan a los roedores que atacan a las plantas en su etapa inicial, que son principalmente: ratones y tuzas; además, que, al paso del tiempo, algunas plantas maderables, ya han sido utilizadas con este fin; sí se hizo uso de fertilizante nitrogenado, de acuerdo a las especificaciones de los técnicos. También es preciso mencionar que la no utilización de herbicidas para controlar las leguminosas rastreras nativas, ha permitido la proliferación de ellas logrando una aportación significativa de Nitrógeno al suelo.

Después de dos años de mantener el cultivo bajo prácticas que incluían el corte de los pastos existentes, el cual se hacía en forma estratégica, para que sirviera, previo a la época de estiaje, para evitar la excesiva evaporación, manteniendo una humedad considerable; y en la época de excesiva lluvia, evitar la erosión, con ello, también se evitó que el rebrote del pasto hiciera una extracción significativa de los nutrientes del suelo, ya que es sabido que los forrajes al no tener suficiente follaje, hacen uso de los nutrientes y recursos que se encuentran en el suelo.

Luego de dos años, se comenzó a introducir en forma estratégica el ganado en forma de pastoreo intensivo, con altas cargas por periodos cortos de ocupación, logrando con ello hacer uso del fertilizante orgánico que nos proveen los bovinos y evitando el uso excesivo de maquinaria agrícola, con el consabido, uso de combustibles.

Esta práctica se ha mantenido por más de 10 años y en el tercero y quinto año después de la siembra se hicieron análisis de suelo, encontrando que la calidad de los mismos había mejorado entre la primera y segunda muestra y permaneciendo en ambas la condición de prácticamente ser imposible la compactación del suelo.

La producción en forma continua, comenzó alrededor del cuarto año, alcanzando una producción por hectárea en el año 10 de 17 toneladas, sin el uso de fertilizantes, nitrogenados.

Durante este periodo se han logrado ocupaciones de 3 U animal por hectárea en periodos de uno a dos meses con uno a dos meses de descanso; cuando la planta logró en su mayoría, impedir el paso de los rayos solares, la producción de forraje ha descendido drásticamente y esta carga animal ha tenido que ajustarse a la baja; actualmente se pastorean hembras de recría que serán utilizadas para reproducción.

A partir del cuarto año, los animales que pastorean la plantación han podido controlar el crecimiento de las especies invasivas, llámense pastos o leguminosas rastreras nativas; además, consumen parte de la fruta que se desprende de los racimos, y que por falta de personal, es prácticamente imposible cosechar; de igual forma, los animales que pastorean esta área consumen el follaje de las ramas que son desprendidas de la planta para poder obtener el fruto y también se desprenden dichas ramas para mantener un equilibrio entre el número de estas y el tamaño de la planta; estos último se hace en forma sistemática, de acuerdo a patrones y a medidas debidamente estandarizadas.

CONCLUSIONES

El cultivo de palma de aceite, es una alternativa viable y sostenible para la producción agroalimentaria en el sureste mexicano y no compite con otras actividades relacionadas. Su siembra debe incluir prácticas agroecológicas disponibles y eliminar aquellas indeseables. El pastoreo racional es posible, no genera efectos indeseables como la compactación del suelo, evita el uso de maquinaria y fertilizantes nitrogenados en exceso.





IP-20. Proyecto "Escuela de Campo El Despertar" una solución a la agricultura resiliente para la adaptación y mitigación al cambio climático

M. Quintero Almeida

Finca El despertar, Corralillo, Villa Clara. Cuba.

Correspondencia a: marianoquintero771@gmail.com

RESUMEN

La Finca "El Despertar" está ubicada en la comunidad de San Pedro, en el municipio villaclareño de Corralillo. El despertar es uno de los buenos ejemplos de cómo reinventarse para mezclar agricultura, ciencia y enfrentamiento al cambio climático. Enclavada a escasos kilómetros de la costa, la finca cuenta con 67,5 ha, forma parte de los terrenos que busca transformar el proyecto IRES en Villa Clara, este proyecto surge a partir de la necesidad de producir alimentos con cultivos que se adapten al cambio climático, la escasez que muestran nuestros mercados y al llamado de nuestro presidente de elevar los rendimientos de nuestros cultivos y de sembrar cada pedazo de tierras ociosas de nuestro país. Se hizo un llamado a producir alimentos con nuestros propios recursos sin depender de las importaciones de insumo, dígase abonos químicos, pesticidas y comida animal. La finca escuela es un espacio de producción agropecuaria demostrativa de buenas prácticas y resultados en la implementación de medidas de adaptación al cambio climático que combinan el mantenimiento de rendimientos productivos y la sostenibilidad alimentaria donde se promueve la igualdad de género donde hombres y mujeres tienen los mismos derechos. Estas buenas prácticas han contribuido con el desarrollo local de Corralillo, elevando la calidad de vida de sus habitantes, logrando que la población tenga acceso a una amplia gama de productos agropecuarios que benefician en gran medida una buena nutrición y el aumento de la sustitución de importaciones, desde la educación ambiental comunitaria mediante la alimentación sana, a partir de una producción agroecológica innovadora que favorezca dicho desarrollo. El Objetivo general de este proyecto "Escuela de Campo El Despertar" se centra en la biodiversidad, la mitigación y adaptación al cambio climático a través de diversas prácticas sostenibles.

Palabras clave: *alimentos, sistema silvopastoril, biodiversidad, mitigación, cambio climático.*

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, a nivel mundial, se ha conseguido un progreso económico y social que ha estado acompañado de una creciente degradación medioambiental, poniendo en peligro los mismos sistemas de los que depende el desarrollo futuro del planeta, y ciertamente, la supervivencia humana.

El consumo y la producción de alimentos a escala global, como fuerzas impulsoras de la economía mundial, dependen del uso del medio ambiente natural y de los recursos de una manera que continúa teniendo efectos destructivos sobre el planeta.

Para que este consumo y producción de alimentos, sean sostenibles, hay que hacer más y mejor con menos. También se trata de desvincular el crecimiento económico de la degradación medioambiental, aumentar la eficiencia de recursos y promover estilos de vida sostenibles.

Esta sostenibilidad en el consumo y producción de alimentos, contribuye de manera sustancial a la mitigación de la pobreza y a la transición hacia economías verdes y con bajas emisiones de carbono.

En Cuba, se pretende aumentar la producción agrícola, y reducir la dependencia de las importaciones para garantizar el derecho de una alimentación sana y adecuada a la población, que implica a todos los actores que intervienen en dicha producción y tiene como antecedentes la Constitución de la República, la Agenda 2030 y el Plan de soberanía alimentaria y educación nutricional en el consumo responsable y producciones sostenibles.

La idea de un consumo responsable, consciente y crítico, empleando eficientemente los recursos de los que se dispone, tiene que ver con un modelo de consumo respetuoso con el medio ambiente que satisfaga las necesidades básicas de una comunidad o población y reduzca los excesos y el daño ambiental.

En lo referente a una Agricultura resiliente, es importante tener en cuenta que la humanidad tiene que trabajar sostenidamente para resolver los problemas de carácter global, de cuya solución depende, objetivamente, la existencia de la especie humana, entre ellos los problemas del medioambiente local. Es necesario poner en práctica el proyecto "Escuela de Campo El Despertar" que se centra en la biodiversidad, la mitigación y adaptación al cambio climático a través de diversas prácticas sostenible, elevando además, la calidad de vida de sus habitantes, logrando que la población tenga acceso a una amplia gama de productos agropecuarios que benefician en gran medida una buena nutrición y el aumento de la sustitución de importaciones, desde la educación ambiental comunitaria, mediante la alimentación sana, a partir de una producción agroecológica innovadora que favorezca dicho desarrollo.

MATERIALES Y MÉTODOS

78-IP

La Finca "El Despertar" esta ubicada en la comunidad de San Pedro, en el municipio villaclareño de Corralillo, "El despertar" es uno de los buenos ejemplos de cómo reinventarse para mezclar agricultura, ciencia y enfrentamiento al cambio climático.

Enclavada a escasos kilómetros de la costa, la finca forma parte de los terrenos que busca transformar el proyecto IRES en Villa Clara, una iniciativa implementada por el Ministerio de la Agricultura, con asistencia técnica de la Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y financiada por el Fondo Verde del Clima.

Esta finca cuenta con un módulo pecuario para fomentar la cría de carneros, chivos, conejos, gallinas criollas, patos, pavos y cerdos de razas oscuras. Una nave para la producción de humus de lombriz con el mismo estiércol que producen los animales en corral y residuos de cosechas. Dichos animales son razas adaptadas al cambio climático y producen sus propios alimentos a base de forrajes, plantas proteicas y desechos de cosechas. Se implementa un sistema silvopastoril y el acuartonamiento para un mejor aprovechamiento de estos recursos. La finca posee un aula y áreas demostrativas donde nuestros campesinos y campesinas reciben capacitación para desarrollar una agricultura sostenible. Contamos con los nuevos avances de nuestras universidades. Sembramos abonos verdes, integrando la asociación de cultivos para lograr una finca diversificada.

Para desarrollar este proyecto contamos con 67,5 ha (19 ha para cultivos varios; 39 ha para ganadería que son explotadas con sistemas silvopastoriles y la siembra de plantas proteicas con cercas vivas con postes de ciruela común, piñón florido e indio desnudo, donde se sembraron árboles de sombra resistentes a las condiciones del suelo como guácima, algarrobo y soplillo; y 9,5 ha para la regeneración natural asistida de bosques) ubicadas en La Jagua, pertenecientes a la UEB ¨Batalla de Santa Clara¨ la cual se encuentra en disolución. La finca escuela es un espacio de producción agropecuaria demostrativa de buenas prácticas y resultados en la implementación de medidas de adaptación al cambio climático que combinan el mantenimiento de rendimientos productivos y la sostenibilidad alimentaria donde se promueve la igualdad de género donde hombres y mujeres tienen los mismos derechos. La finca cuenta con los círculos de interés de la escuela de la comunidad, donde participan nuestros niños en las prácticas agroecológicas. Se desarrollan procesos para irradiar conocimientos liderados por productores y productoras. El proyecto pretende el desarrollo de capacidades y el fortalecimiento de los pilares básicos en los incrementos productivos de la (Cooperativa de producción Agropecuaria) UEB "San Pedro" del Municipio de Corralillo mediante el desarrollo de prácticas agroecológicas para satisfacer las demandas de la población urbana y rural del municipio corralillo.

RESULTADOS

Con la puesta en marcha de este proyecto se logró aumentar la producción de alimento de cultivos varios, en el territorio y la producción de leche y carne, además se generaron empleos para la población de San Pedro, con el trabajo de la mujer cubana a las producciones, dando apoyo al tema de género tan necesario en nuestros campos, gracias a las capacitaciones técnicas.

La finca cuenta con más de 500 palmas reales q se utilizarán para la cría de cerdos de razas oscuras, una micro presa que se explota para la producción de peces de agua dulce para la alimentación y la producción de piensos criollos con todos los otros residuos de viandas y frutas de la finca.

Cuenta con una mini fábrica para la producción de encurtidos, salsas y dulces criollos.

Se introdujo las prácticas agroecológicas como la siembra de árboles autóctonos (guácima, alagarrobo) para sombra para sombra y conservación de suelo. Se desarrolla un meliponario con más de 70 colmenas de abejas meliponas, promoviendo la biodiversidad. Esta finca forma parte del Proyecto IRES, donde se ha restaurado tierras degradadas por el arbusto invasor el marabú, utilizando maquinarias especializadas para erradicarlo. En las aulas de campo para capacitar los porductores combinando teoría y práctica.

Módulos Silvopastoriles: tecnologías aplicadas

- Integración de árboles y pastos para mejorar la producción ganadera y la salud del suelo.
- Mejoramiento de Suelo
- Prácticas para aumentar la fertilidad y reducir la erosión.
- Colectores de Agua de Lluvia
- Instalación de sistemas para capturar y almacenar agua, promoviendo su uso eficiente.

Erradicación del Marabú

- Control de esta planta invasora para recuperar áreas de pasto natural.

Recuperación de Pastos Naturales

- Fomento de la biodiversidad y mejora de la calidad del forraje.





Siembra de Árboles Nativos:

- Plantación de especies autóctonas para proporcionar sombra y mejorar el microclima.

Manejo de Polinizadores:

- Promoción de abejas meliponas y otras especies para asegurar la polinización de cultivos.

Suscitación del Suelo:

- Estrategias para mantener la salud del suelo y su capacidad productiva.

Empleo para Mujeres y Jóvenes:

- Generación de oportunidades laborales en las comunidades locales.

Capacitación:

- Formación de los participantes en técnicas de manejo sostenible y conservación.

Cercas Vivas:

- Uso de árboles nativos para crear barreras naturales que protejan cultivos y promuevan la biodiversidad.

- Se prioriza la producción de alimentos saludables a través de agricultura resiliente, Se implementan técnicas que favorecen la sostenibilidad y la seguridad alimentaria.
- Se promueve el intercalamiento de cultivos para aumentar la biodiversidad y mejorar la salud del suelo.
- La incorporación de abonos verdes, bioproductos y biofertilizantes contribuye a la fertilidad del suelo y reduce la dependencia de insumos químicos.
- Se fomenta un consumo responsable mediante el proyecto "Pulgar Arriba", que educa sobre la importancia de elegir productos sostenibles y locales.

Estas acciones ayudan a restaurar la salud del ecosistema y mejorar la calidad del hábitat para la fauna local.

Módulo Silvopastoril (SILSOM) con Enfoque Una Salud

El módulo SILSOM combina la producción de forraje con la conservación de árboles, creando un sistema agroecológico que beneficia tanto a la ganadería como a la agricultura. Este enfoque mejora la calidad del forraje, aumenta la biodiversidad y optimiza la retención de agua en el suelo. Se promueve la interconexión entre la salud de los ecosistemas, la salud animal y la salud humana, asegurando prácticas que minimizan el uso de químicos y promueven un ambiente saludable.

El compromiso de Mariano con la comunidad se refleja en donaciones a personas vulnerables, centros médicos y hogares maternos, lo que demuestra un vínculo que trasciende lo técnico y científico y habla también de su humanismo y compromiso social. "Mariano es ciencia, técnica, agroecología y conocimiento.

CONCLUSIONES

El proyecto "Escuela de Campo El Despertar" busca no solo mejorar la producción agrícola y ganadera, sino también fortalecer la resiliencia de las comunidades frente al cambio climático, promoviendo la sostenibilidad y el empoderamiento social. Promover la biodiversidad y garantizar un enfoque sostenible que beneficie a la comunidad y al medio ambiente. La implementación del módulo SILSOM con el enfoque de Una Salud maximiza los beneficios ecológicos y económicos, creando un sistema agrícola resiliente y saludable. Gracias a la capacitación de este proyecto logramos conservar un grupo de semillas importantes y garantizar no solo los cultivos para la alimentación humana, sino también impulsar los pastos y forrajes que necesitamos para el ganado, siempre con la aspiración de vincular la ciencia y el saber acumulado.

IP-21. Finca ¨La Liliana¨, integración socio productiva de sistema silvopastoril, agroecológico y de conservación

L. Bacallao González[*] *y R. Sanz Otero*

Finca La Liliana km 15 Carretera de Santa Cruz, Jimaguayú, Camagüey Cuba

*Correspondencia a: bacallaoliliana74@gmail.com

INTRODUCCIÓN

La finca La Liliana está ubicada en el km 15 carretera de Santa Cruz, municipio Jimaguayú, provincia Camagüey, Cuba, presenta una extensión de 63.90 ha, es una finca agrosilvopastoril diversificada que gestiona la producción de alimentos orgánicos y libre de gluten, implementando las buenas prácticas ambientales, promoviendo la alimentación sana y saludable en persona celiacas y con alergias alimentarias generando un ciclo cerrado de producción.

Cuenta con un Programa General donde convergen los manejos Ganadero, Agrícola y Forestal, la Protección Ambiental, Creación de Capacidades, Inclusión Social, Salud y Educación Nutricional y el Turismo, que acompañado del gobierno local, entidades estales, administrativas, la universidad, centros de investigaciones, organizaciones no gubernamentales y otras han contribuido a su desarrollo socio - productivo.

RESULTADOS

Producción Ganadera

El principal renglón productivo es la ganadería vacuna, además conserva razas autóctonas y tradicionales como: el cerdo de capa oscura, la gallina criolla, el pavo y la gallina de guinea, para lo cual cuenta con 35.55 ha el 56% de la finca.

En el 2013 la finca inicio las acciones de silvopastoreo en 15 ha de bosques naturales, financiadas por el Fondo de Desarrollo Forestal (FONADEF), en la actualidad suman 47.7 ha el 75% de la finca manejadas en sistemas silvopastoriles que incluye áreas de bosques naturales, árboles aislados y cercas vivas, donde abundan el algarrobo del país y la guácima entre otras especies arbustivas que en la época crítica le proporcionan alimento al ganado, en combinación con los diferentes manejos que se realizan en la finca los cuales van desde la utilización de pastos naturales, pastos mejorados, área forrajera y la rotación de los potreros han disminuido la mortalidad a 0 %, incrementando en un 90 % de natalidad, logrando un promedio de 4,5 litros de leche por vaca superior a la media del país, lo cual ha permitido que la finca contribuya a la soberanía alimentaria familiar y local y al desarrollo rural sostenible.

Producción Agrícola

Dedica 7.5 ha a las producciones agrícolas, el principal cultivo es la Yuca, la variedad señorita, la cual se utiliza para la producción de harina mixta para alimentos libre de gluten, existen otros como los granos, hortalizas y frutas cuyo destino fundamental es el consumo familiar.

Entre las producciones atractivas tenemos Brócoli, Quínoa, Chía y Linaza, introducidas en la finca como una alternativa alimentaria para personas con celiaquía, alergias alimentarias y veganas.

Las producciones agrícolas son conservadas en diferentes formas congeladas, fundamentalmente las frutas, deshidratadas los condimentos y se elaboran dulces y vinos.

Las semillas son producidas en la finca, secadas y conservadas de forma natural, posibilitando la autonomía familiar.

Protección Ambiental

Se destinan para la protección unas 14.75 hectáreas de bosques naturales y 4.5 ha de un embalse, que en conjunto a una pequeña área de 1,5 ha destinada al uso público, que las conecta, conforman las 20.75 ha designadas para la conservación dentro de la finca y que se ordenan dentro de un Plan Operativo Especial, el cual le permite la programación de las actividades de monitoreo de la flora y la fauna, el control de las especies exóticas invasoras y el establecimiento de otras en peligro de extinción.

Se pueden observar diferentes especies de flora y de fauna en su hábitat natural en un relicto de boque, dentro de las especies de flora se encuentran el bejuco de vieja especie que se encuentra amenazada y el dagame considerado nacionalmente un recurso genético priorizado de especie forestal, la orquídea de la vainilla distribuida por todo el bosque, entre otras.

En cuanto a la fauna se destaca la presencia de aves de gran importancia por su endemismo como el Tocororo, la Cartacuba, el Juan Chiví, el totí, el Cao Pinalero, se destaca la presencia de la culebrita de cuatro patas; una especie endémica rara, presenta una gran variedad de insectos entre los que se destacan la abundancia de mariposas.



Utiliza tecnologías amigables con el medio ambiente: aprovechamiento de la energía eólica (molino a viento), sistemas fotovoltaicos para el alumbrado, sistema de ordeño, electrobomba y cercas eléctricas, hornos solares para la cocción de alimentos, cosecha de agua y empleo de biofertilizante.

Los manejos agroecológicos en combinación con las alternativas naturales para la prevención y control de plagas en los cultivos y los animales como: insecticidas a través de plantas repelentes; el árbol del Nin, el Anamú, la tabáquina y la ceniza de madera blanca propician un entorno resiliente y de conservación, mejorando la calidad del entorno en beneficio de la ganadería y la agricultura.

Salud, Educación Nutricional e Inclusión social

La finca La Liliana es sede de la Agrupación de Celiacos Camagüey (ACEcamg), que en vínculo con un equipo multidisciplinario de especialistas del hospital pediátrico y la Asociación Culinaria de Camagüey, promueven una alimentación sana y saludable y la elaboración de platos libres de gluten.

El entorno natural ha permitido a los miembros de ACEcamg una mayor inclusión social al desarrollar competencias prácticas y emocionales de trabajo en equipo, gestionan su condición con mayor autonomía y menos ansiedad, les brinda beneficios de fortalecimiento psicoemocional y desarrollan autonomía.

Turismo

Los valores que atesora la finca le proporcionan condiciones para el desarrollo de diferentes modalidades de turismo entre los que se encuentran el agroturismo (participación en procesos productivos), ecoturismo (senderismo, avistamiento de aves) y el científico (realización de talleres, actividades de extensionismo, transferencias de prácticas agrícolas, etc.).

Todo esto se mezcla con el rescate de las tradiciones locales, camagüeyanas y cubanas, lo que hace de la Liliana un sitio único para el desarrollo del turismo de naturaleza.

Creación de capacidades

Las características de la finca y los resultados alcanzados han posibilitado la implementación de un Programa de Capacitación, Extensión, Divulgación y Educación Ambiental, que de conjunto con del financiado del FONADEF y otros fondos y proyectos, el asesoramiento de expertos, investigadores, productores elites, ha posibilitado la creación de capacidades en decisores, administrativos, técnicos, productores y personas de la comunidad en temáticas relacionadas con: sistemas silvopastoriles, producciones orgánicas y sostenibles, tecnologías limpias, producción agroecológica, la conservación de alimentos, manejos forestales, conservación de suelo, la flora y la fauna, legislaciones y financiamiento de proyectos. Lo que la ha convertido en una finca escuela.

Ha servido para la divulgación de tecnologías, equidad, tradiciones y elaboración y consumo de alimentos sanos y saludables libre de gluten.

Ha permitido la educación ambiental y contacto con la naturaleza a través de la creación de dos círculos de interés que involucran a jóvenes y niños celiacos de barias provincias del país y a niños de la escuela de la comunidad aledaña a la finca promoviendo hábitos y conductas para una vida sana y saludable amigable con el medio ambiente.

Por los resultados obtenidos se cataloga como finca de referencia en el desarrollo de la agroecología, el manejo sostenible, certificada Slow Food y para el desarrollo del Turismo Seguro, le fue otorgado los premios provinciales Conciencia Verde de la Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales (ACTAF) y el de Medio Ambiente del CITMA, además de los premios nacionales: Premio Doctor Guillermo Leyva a la Excelencia Productiva y Premio André Voisin por la Importancia de la Aplicación de sus Aportes por la Asociación Cubana de Producción Animal (ACPA).

CONCLUSIONES

La finca "La Liliana" es un ejemplo de cómo la integración de prácticas sustentables como el silvopastoreo puede restaurar ecosistemas, generar ingresos y fortalecer la cultura local. Su éxito radica en el equilibrio entre ciencia, tradición y amor por la tierra, ofreciendo un modelo replicable para el desarrollo rural sostenible.

IP-22. Biblioteca digital: *Tithonia diversifolia* para la alimentación de animales rumiantes

Digital Library: *Tithonia diversifolia* for feeding of ruminant animals

M. Torres Martínez[*]*; R. Rodríguez Hernández; L. Domínguez Fernández; Y. Medina Mesa; M. Herrera Villafranca y A. Mejías Caba*

Instituto de Ciencia Animal, Apartado Postal 24, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba

[*]Correspondencia a: mildreytm91@gmail.com

ABSTRACT

The objective of this work was to develop a digital library that would enable agricultural professionals, technicians and producers, to search and consult research conducted on *Tithonia diversifolia* and to explore its use for feeding of ruminant animals. Articles were located and downloaded from the following information sources: Scopus, Web of Science, Scielo, and Google Scholar. Reviews were selected according to inclusion criteria established by experts in the field. The free integrated development environment (IDE) NetBeans, version 8.2, was used to develop the library and its functionalities. In addition, to identify leading authors in the field addressed and to describe the behavior of the authors' scientific output by country and year, an Excel database was created, and the ComparPro program was used for statistical analysis. This resulted in an easily accessible, practical, and time-saving tool, providing users with a compendium of research located in various information sources without having to access each source separately. It also provides a basic bibliometric analysis on the topic.

Palabras clave: *interfaz, usuario, búsqueda de información, sector agropecuario, producción animal sostenible*

Keywords: *interface, user, information search, agricultural sector, sustainable animal production*

INTRODUCCIÓN

La falta de alimento para los animales rumiantes es uno de los problemas cruciales que afecta la producción de leche y carne en Cuba de ahí la necesidad de buscar alimentos alternativos que mejoren la cantidad y calidad de la biomasa ofrecida a estos animales con el fin de reducir la dependencia de concentrados con altos precios en el mercado internacional. En este sentido la producción de pastos y forrajes se avisora como una propuesta para resolver esta problemática (Ruiz *et al.,* 2021).

La alimentación de los rumiantes en el trópico se basa en el uso de pastos y forrajes, los cuales presentan desventajas, como son los altos contenidos de fibra, bajos contenidos de proteína- energía, así como baja digestibilidad aparente. Por otra parte, es primordial que dichas alternativas forrajeras, tengan la capacidad de producirse durante todo el año y de esta manera impacten en los costos de alimentación (Arias *et al.,* 2023). Sin embargo, la estacionalidad afecta de manera directa la productividad, dependiente del régimen de precipitación, lo cual genera que en una época del año exista suficiente cantidad de alimento y en otra prime la escasez (Castaño *et al.*, 2023).

Meza *et al.* (2022) informan que en las zonas tropicales existen numerosas especies arbóreas y arbustivas con potencial para producir elevadas cantidades de biomasa de alto valor nutritivo, que representan una alternativa al desarrollo de la producción animal sostenible. Entre estas arbustivas, se destaca la *Tithonia diversifolia*, comúnmente conocida como botón de oro, falso girasol o girasol mexicano; la cual posee la facultad de adaptación a múltiples condiciones ambientales, edáficas y de manejo, capacidad de rebrote, rápido crecimiento y gran valor y aporte nutricional (Galindo *et al.,* 2022). Son múltiples las investigaciones desarrollada para demostrar su alto potencial para la alimentación animal. En este sentido, contar con una herramienta informática donde se archiven investigaciones relacionadas con el empleo de esta arbustiva en la alimentación animal resulta importante para investigadores y productores.

Dada la importancia de la temática, el trabajo tuvo como objetivo desarrollar una biblioteca digital, que posibilite la búsqueda y consulta por profesionales, técnicos y productores del sector agropecuario, sobre las investigaciones realizadas que estudien la *T. diversifolia* y profundicen en su empleo para la alimentación de los animales rumiantes.

MATERIALES Y MÉTODOS

La biblioteca digital se desarrolló en el Instituto de Ciencia Animal (ICA) en el departamento de Bioestadística Aplicada, para su realización contó con la asesoría de especialistas en manejo y nutrición animal.

Para recopilar la información de los artículos científicos se procedió a una búsqueda hasta el año 2024 en las fuentes de información: Scopus, Web of Science (WOS), Scielo y Google Académico. Las revisiones se

realizaron según criterios de inclusión establecidos por los expertos. Dos revisores filtraron las referencias, clasificándolas en 2 grupos: 1) Definitivamente incluido y, 2) Definitivamente excluido mediante una primera exclusión basada en título y resumen, en este sentido se estableció un protocolo de búsqueda. En los estudios no se limitó el tiempo, país, ni región. El idioma para la búsqueda se centró en el inglés y español. Los términos que se emplearon para las palabras en inglés fueron "*tithonia diversifolia*" AND "animal feed"; y en español: "*tithonia diversifolia*" AND "alimentación animal".

La biblioteca digital con todas sus funciones, se desarrolló en el entorno integrado libre IDE NetBeans, versión 8.2. Este brinda soporte en casi todas las novedades del lenguaje de programación Java (Varona, 2012). Se programó con una arquitectura dividida en capas. La primera interfaz manejada con el UI Swing, donde los componentes y botones se ajustan al tamaño del monitor donde se ejecute el sistema informático. La segunda, cuenta con un módulo de servicios, que se encarga de las funcionalidades de entrada y salida de los datos.

Para conocer los autores líderes en la temática y describir el comportamiento de la producción científica de estos por países y por años, se confeccionó una base de datos en Excel (2003) y se utilizó para el análisis de los datos el programa estadístico ComparPro (2007).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Después de una búsqueda exhustiva de las investigaciones sobre la tematica, se recopiló un total de 150 artículos científicos que abordaron el empleo de la *T. diversifolia* y su uso en la alimentación de los animales rumiantes. Aunque, se encontró otro cúmulo de información relacionada con las potencionalidades de esta arbustiva en la alimentación de otras categorías de animales, esta no fueron incluidas porque no era objetivo de la búsqueda.

La figura 1 muestra la interfaz de entrada a la biblioteca digital, donde se accede de manera directa en el botón de **Inicio**. También dentro de esta se encuentra una etiqueta con el nombre de **Administrador** donde para realizar cualquier cambio o modificación dentro de su contenido se necesita de una clave de autenticación. Esta sesión posibilitará, ir actualizando constantemente los documentos dentro del repositorio.



Figura 1: *Interfaz de entrada a la biblioteca digital.*

Después de acceder a la biblioteca digital aparece la primera ventana figura 2. En esta se encuentra el botón **Insertar Documento**, este solo estará habilitado dentro de la sesión de **Administrador** para poder realizar los cambios que se considere. En esta misma ventana está el botón **Ayuda**, que le brinda al usuario la información necesaria para el trabajo dentro de la biblioteca.

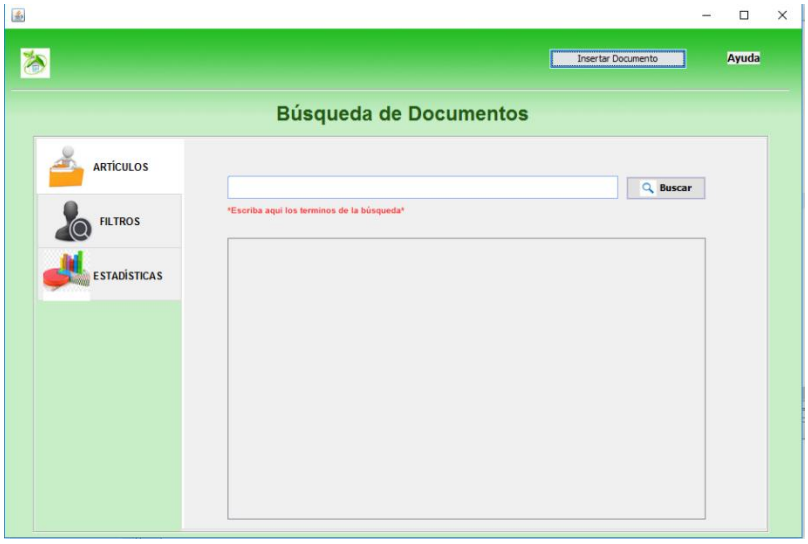


Figura 2. *Primera ventana: Búsquedas de documentos dentro de la biblioteca digital.*

En las figuras 3 y 4, se muestran las funcionalidades que puede realizar el Administrador. La primera se relaciona con la entrada de un nuevo documento con sus metadatos (figura 3).

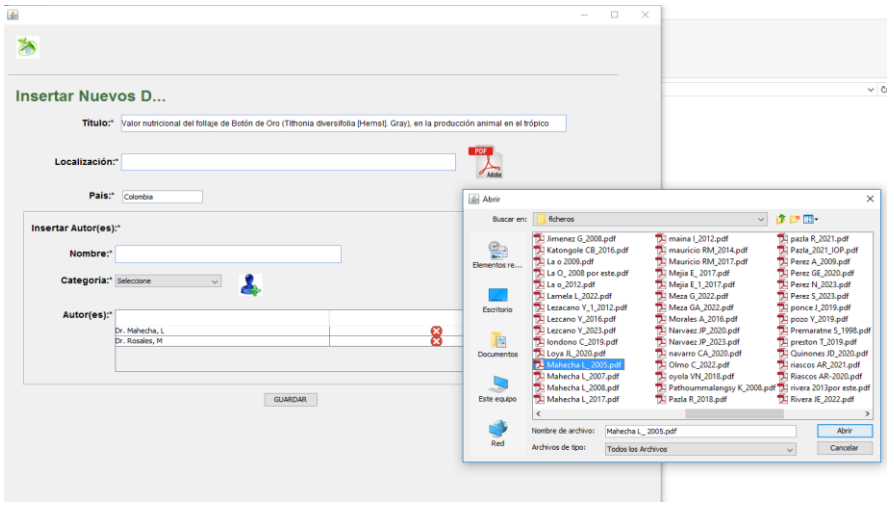


Figura 3. *Función de insertar un nuevo documento al repositorio por el Administrador.*

En la segunda figura se introduce todos los metadatos relacionados con el artículo encontrado. Además, permite la posibilidad de eliminación o modificación del documento insertado. Si el documento necesita cambios, estos se realizan y se guardan, en caso contrario se guarda inmediatamente dentro de la biblioteca (figura 4).

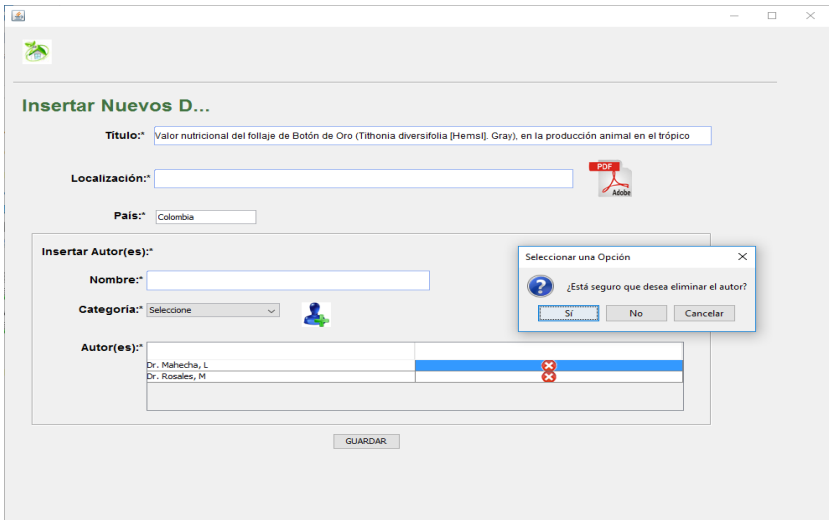


Figura 4. *Ejemplo de modificación que puede realizar el Administrador dentro de uno de los campos del documento.*

Al ingresar a la biblioteca digital como un usuario, podrá efectuar búsquedas de documentos mediante los filtros de: **Autor**, **Año** y **País** (Figura 5).



Figura 5. *Ejemplo de búsqueda realizada según el campo de Autor.*

En esta misma ventana se muestra un ejemplo de los resultados de una búsqueda realizada dentro de la biblioteca según el campo de **Autor**. A la derecha de la ventana se muestra los **Resultados** de la búsqueda realizada, donde aparece la cantidad de artículos encontrados, y en la parte inferior se visualizará la lista de documentos recuperados, a los cuales se accede al ejecutar *click* izquierdo sobre el documento que se desee consultar.

Para conocer las **Estadísticas,** se ejecuta este botón y muestra la información. Este aparece, en la parte derecha e inferior de la ventana (figura 6). En la parte de abajo se encuentran tres botones que se relacionan con la **producción científica** por **autor, países** y **años** en la temática. Estos botones darán la posibilidad al usuario de conocer la información necesaria.



Figura 6. *Botón de Estadísticas.*

En la figura 7 se muestra un ejemplo de los resultados de la producción científica por los diferentes autores incluidos en la base de datos de la biblioteca digital. Se observó que, los autores con mayor producción científica de artículos publicados sobre la temática fueron: Liliana Mahecha (Colombia), Tomás Ruiz (Cuba), Joaquín Angulo (Colombia), Juana Galindo (Cuba) y Orestes La O (Cuba) con más de 10 publicaciones cada uno.

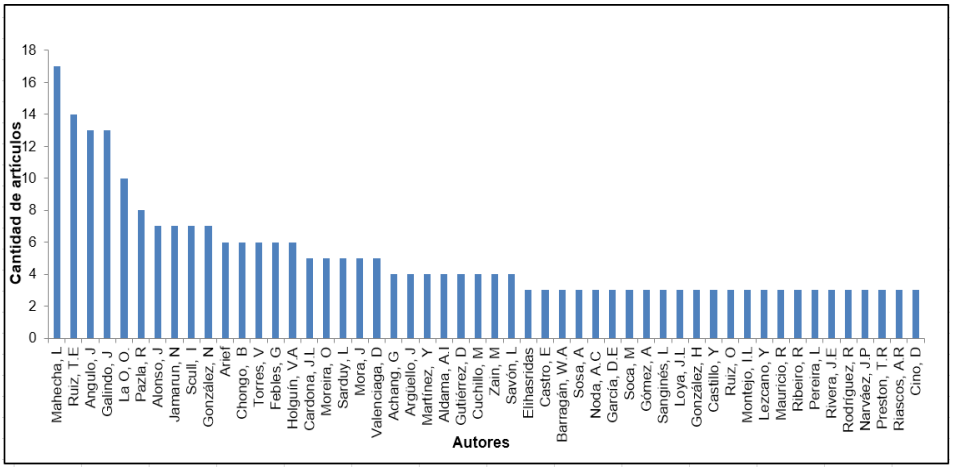


Figura 7. *Producción científica de los autores de la temática.*

En la figura 8 se muestra la distribución del número de artículos por países. En el análisis estadístico se observó diferencias significativas $p<0,001$. Entre los países con mayores publicaciones se destacan Cuba, Colombia y México con el 33.92%, 21.44% y 13.44%, respectivamente. Estos resultados guardan relación directa con la nacionalidad de los autores líderes que más publicaron sobre la temática.

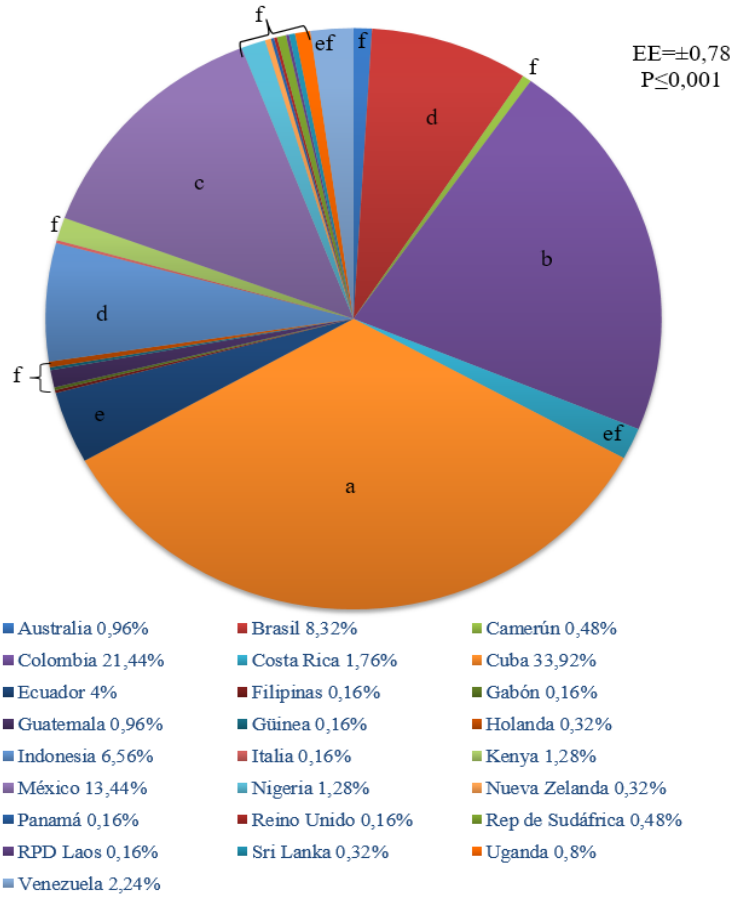


Figura 8. *Producción científica de la temática por países. (a, b, c, d, e, f: Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas).*

En la figura 9, se presentan los resultados de la producción de artículos científicos sobre el empleo de la *T. diversifolia* en la alimentación de rumiantes en los diferentes años. En el estudio se observó diferencias significativas en cuanto a la cantidad de publicaciones en los diferentes años (p<0,001). Se apreció que, a partir del 2016 hubo un incremento constante de estas investigaciones, en este caso se destacó el año 2020 como el año de mayor producción científica.

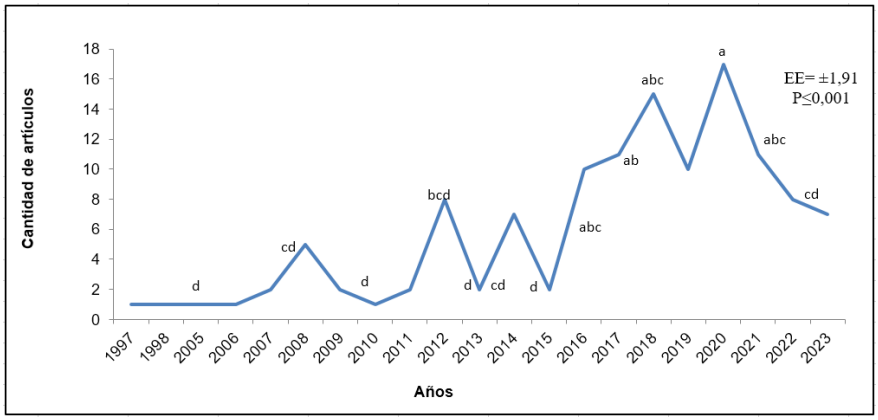


Figura 9. Producción científica de la temática en los diferentes años.
(a, b, c, d: Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas).

CONCLUSIONES

La biblioteca digital "*Tithonia diversifolia* para la alimentación de animales rumiantes", es una aplicación útil para la búsqueda y consulta de la información científica por profesionales, técnicos y productores del sector agropecuario. Se considera una herramienta práctica, de fácil acceso, y permite agilizar el tiempo de búsqueda, ya que pone a disposición de los usuarios un compendio de investigaciones que se encuentran localizadas en diferentes fuentes de información sin tener que acceder a cada una de estas por separado. También, brinda un análisis bibliométrico básico sobre la temática.

BIBLIOGRAFÍA

Arias, L.M., López, M., Castillo, M., Alpízar, A., 2023. Fertilization type and regrowth age of Tithonia diversifolia on ruminal parameters. *Agronomía Mesoamericana*, 34(3) 53192. ISSN 2215-3608. Doi: https://doi.org/10.15517/am.2023.53192

Castaño, G.A., Barragán, W.A., Mahecha, L., Angulo, J., 2023. Review of the nutritional quality of wild sunflower and cassava bran for silage production in dairy cattle. *Veterinaria México OA*, 10. ISSN: 2448-6760. Doi: https://doi.org/10.22201/fmvz.24486760e.2023.1201.

Fon, J, Noda, A., Torres, V., Herrera, M., Lizaza, D., Sarduy, L. y Rodríguez, L. 2007. Comparación de proporciones. CompraPro, versión, 1.

Galindo, L., González, N., Ruiz, T.E., Herrera, M., Moreira, O., Capó, A., Díaz, H., 2022. Effect of three collections of Tithonia diversifolia on the ruminal microbial population of cattle. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 56(1) 1-12. ISSN: 2079-3480

Meza, G.A., Meza, C.J., Avellaneda, J.H., Montiel, L.A., Barros, M.A., Jines, F., 2022. In vitro ruminal degradation of Tithonia diversifolia. *Agronomía Mesoamericana*, 33(1) 43206. ISSN 2215-3608. Doi: https://doi.org/10.15517/am.v33i1.43206

Microsoft Excel versión 9.0. 2003. Microsoft Corporación. USA.

Ruiz, T.E., Rodríguez, B., Padilla, C., Valenciaga, N., Lok, S., Galindo, J., Savón, L., Chongo, B., La O, O., Torres, V., Gutiérrez, D., Scull, I., Rodríguez, R., Valenciaga, D., López, J.R., Alonso, J., Medina, Y., Cino, D.M., Vázquez, Y., Castro, J.A., 2021. Tithonia diversifolia Another Bush Alternative for Use in Silvopastoral Systems in Cuba. *Avances de Investigación Agropecuaria*, 25 (3): 211-214. ISSN: 0188-7890

Varona, K.R. 2012. Aplicación de algoritmos genéticos en la generación automática de horarios docentes en la Facultad Regional de Granma. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas,* 6(4): 37-43, ISSN: 2227-1899.





IP-23. Sistema de vigilancia tecnológica en centros científicos agropecuarios: potencialidades para la agroforestería pecuaria

Technology surveillance system in agricultural scientific centers: potencialities for the agroforestry in livestock

O. Suárez Zamora[*]*; J. Suárez Hernández y L. A. Hernández Olivera*

Estación Experimental Indio Hatuey (Universidad de Matanzas), Central España Republicana, Perico, Matanzas, Cuba.

[*]Correspondencia a: osuarez940929@gmail.com

RESUMEN

El objetivo es brindar la concepción de un Sistema de Vigilancia Tecnológica (SVT) para centros científicos agropecuarios cubanos y las potencialidades de gestionar información estratégica en la agroforestería pecuaria. Para ello, se desarrolló un procedimiento general de vigilancia tecnológica y sus procedimientos para desarrollar las fases Planificar, Capturar, Analizar y Diseminar, así como recomendaciones para las fases Utilizar y Evaluar, que permiten implementar el SVT. El principal resultado es un instrumental metodológico que contribuye a la concepción e implementación de SVT en estos centros para apoyar las decisiones de I+D+i, apoyado en: el procedimiento Planificar, para diagnosticar el sistema de gestión de información y conocimiento existente, concebir la misión, objetivo y estructura del SVT y seleccionar herramientas y áreas clave de vigilancia, necesidades de información y destinatarios; el procedimiento Capturar, para recopilar información a partir de fuentes seleccionadas, con criterios de relevancia; el procedimiento Analizar, que posibilita procesar datos para convertirlos en información útil en decisiones; y el procedimiento Diseminar, para socializar información a clientes internos y externos; las recomendaciones para Utilizar y Evaluar facilitan que la información diseminada sea utilizada en decisiones, como favorecer la evaluación del desempeño del SVT y lograr su mejora. La novedad radica en que se utilizan las seis funciones de la Gestión de la Tecnología y la Innovación, integradas con los procesos de gestión del conocimiento, para generar un proceder flexible, lo que lo diferencia de las conceptualizaciones existentes en la literatura.

Palabras clave: *Vigilancia tecnológica, Investigación agropecuaria, gestión tecnológica, Gestión de la información y el conocimiento*

ABSTRACT

The objective is to provide a conception of a Technology Surveillance System (TSS) for Cuban agricultural scientific centers and the potential for managing strategic information in livestock agroforestry. To this end, a general technology surveillance procedure was developed, along with procedures for developing the Plan, Capture, Analyze, and Disseminate phases, as well as recommendations for the Use and Evaluate phases, which allow for the implementation of the TSS. The main outcome is a methodological tool that contributes to the conception and implementation of TSS in these centers to support R&D&I decisions. This tool is supported by: the Plan procedure, to diagnose the existing information and knowledge management system, conceive the mission, objective, and structure of the TSS, and select key monitoring tools and areas, information needs, and audiences; the Capture procedure, to gather information from selected sources based on relevance criteria; the Analyze procedure, which enables data processing to convert it into useful information for decision-making; and the Disseminate procedure, to disseminate information to internal and external clients. The recommendations for Use and Evaluate facilitate the use of disseminated information in decision-making, such as supporting the evaluation of SVT performance and achieving its improvement. The novelty lies in the use of the six functions of Technology and Innovation Management, integrated with knowledge management processes, to generate a flexible approach, which differentiates it from existing conceptualizations in the literature.

Keywords: *Technology surveillance, Agricultural research, Technology management, Information and knowledge management*.

INTRODUCCIÓN

La Vigilancia Tecnológica (VT) es clave en identificar conocimientos y tecnologías de interés para las organizaciones y desarrollar competencias tecnológicas; ello exige de disponer de información. En este sentido, la VT se define, por los autores de este artículo, como: la observación y el análisis del entorno de ciencia, tecnología e innovación (CTeI), y de los impactos presentes y futuros para identificar amenazas y oportunidades; incluye los esfuerzos que la organización dedica, los medios de que se dota y las disposiciones que toma para conocer la evolución y novedades que se producen en los temas que le conciernen actualmente o son susceptibles de afectarle en el futuro. o que las mismas sean pertinentes y lleguen a las personas idóneas en el momento adecuado.

La VT es una función integrante de los modelos de Gestión de la Tecnología e Innovación (GTI). Las aproximaciones teóricas tienen como pilar fundacional los estudios sobre la gestión estratégica de los recursos tecnológicos de Morin y Seurat (1991) que conceptualizaron sus seis funciones: Inventariar, Vigilar, Evaluar, Enriquecer, Optimizar y Proteger.

Se puede afirmar que la segunda y la tercera función han experimentado un extraordinario desarrollo, hasta el punto de convertirse en un obligatorio para abordar cualquier proyecto de innovación y de gestión de I+D+i.

La VT, para la Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR, 2011), es el proceso organizado, selectivo y sistemático para captar información del exterior y de la organización sobre CTeI, seleccionarla, analizarla, difundirla y comunicarla, para convertirla en conocimiento y decidir con menos riesgo y anticiparse a los cambios.

Existen recientes experiencias de VT en diversas regiones: Europa (OVTT, 2022), Asia (Al-Yasiri *et al.*, 2022: Altarawnesh, 2023), América Latina y el Caribe (Gudiño, 2023) y Cuba (Suárez y Suárez, 2022; Elías *et al.,* 2023). En Cuba existen referentes teóricos y de aplicación, como los aportes de Ponjuán (1999) a la Gestión de la Información y el Conocimiento en las organizaciones. También Suárez (2003) y Hernández (2010), con instrumentales metodológicos para la GTI en empresas ganaderas y organizaciones de base tecnológica, que incluyen la VT. Asimismo, El Assafiri (2019) brinda una contribución para la Gestión del Conocimiento (GC).

En el contexto de los centros de investigación agropecuaria, en Cuba, los mismos desarrollan la gestión de la información en sus procesos de I+D+i, pero la aplicación por los autores de un cuestionario a una muestra de ocho centros (el 35 % del total) se aprecia que en los mismos no se realizan acciones de VT. Ello merita desarrollar instrumentos metodológicos científicamente fundamentados, explícitos e integrales que contribuyan a la Gestión Estratégica de la Información y el Conocimiento (GEIC) para apoyar la toma de decisiones, incluida las asociadas a la agroforestería pecuaria. Por ello, el objetivo de este trabajo es proponer un conjunto de procedimientos y recomendaciones de VT para la GEIC en centros científicos agropecuarios.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la concepción del instrumental se aplicó el método de investigación-acción, en un proceso basado en el conocimiento científico anteriormente generado y sistematizado sobre VT y su adecuación a las situaciones reales de los centros científicos agropecuarios en Cuba, lo cual permite la regeneración de nuevos conocimientos y su aplicación en la transformación organizacional.

Asimismo, se realizó una revisión de la literatura, utilizando los metabuscadores Google Académico, *SciELO* y *ResearchScience.com*, con énfasis en las bases de datos *Web of Science*, *SCOPUS* y *SciELO*, bases de tesis, repositorios institucionales y en las páginas web de instituciones especializadas (CEPAL, Unión Europea, AENOR).

El período de búsqueda se concentró a partir de 2020, aunque se consultaron publicaciones generadas antes de esa fecha, pero posteriores al 2000 (principalmente tesis), con excepción de los trabajos medulares de Morin y Seurat (1991), así como Ponjuán (1999).

A partir de la revisión de la literatura se realizó un proceso de análisis y síntesis y en un trabajo en equipo se concibió los procedimientos y recomendaciones, teniendo como elementos teóricos-conceptuales a las seis funciones de la GTI -con énfasis en la función Vigilar- integradas con los seis procesos de GC.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Procedimiento general para la concepción e implementación del Sistema de VT (SVT)

El procedimiento general para la concepción e implementación del SVT integra las fases de la VT para gestionar la CTeI en centros científicos agropecuarios, como parte de la GEIC, y abarca seis fases que se retroalimentan mutuamente (figura 1).



Figura 1. *Procedimiento general para la concepción e implementación del SVT en centros científicos agropecuarios en Cuba.*



La primera fase se enfoca a **Planificar**, o sea, a concebir el SVT, pertinente para la agroforestería, con los recursos y capacidades requeridos, lo que incluye diagnosticar el sistema de gestión de la información y el conocimiento en el centro, formular la misión de la VT, seleccionar las herramientas de VT, las áreas clave de vigilancia (ACV), las necesidades de información y sus destinatarios, e identificar áreas y fuentes de información, así como aliados estratégicos.

A partir de los resultados de la anterior fase, se pasa a **Capturar** información y conocimiento, tanto generados en el centro o por actores externos, como existente en repositorios, publicaciones, bases de datos, medios, ferias, congresos y talleres, redes sociales e *Internet*, a partir de una estrategia de búsqueda de información, la selección de fuentes de información y vías de acceso, así como de criterios de relevancia de la información, de la identificación y utilización efectiva de herramientas informáticas, además de desarrollar competencias digitales para gestionar la infoxicación o sobreinformación por la amplia generación de contenidos digitales en *Internet* y el desarrollo insuficiente de mecanismos eficaces para la recuperación de información.

La tercera fase es **Analizar**, para procesar la información y seleccionar la relevante y útil, y convertirla en conocimiento, como apoyo a la toma de decisiones; de esta forma se añade valor a la información, dándole utilidad o valor para el destinatario, por ello es imprescindible la selección de técnicas y herramientas de procesamiento, el análisis del valor de la información y la fiabilidad de sus fuentes, el desarrollo de actividades de selección de datos e información, su análisis, interpretación y síntesis.

Diseminar, la cuarta fase, se encarga de la comunicación a los decisores e investigadores, quienes definieron, desde la fase Planificar, los requerimientos - necesidades de VT-, para disponer de la información apropiada. La diseminación exige su estrategia, definir las fuentes de información a diseminar, sus destinatarios y métodos, así como establecer sistemas de control y de protección de propiedad intelectual, cuando se requiera.

La quinta fase del Modelo es **Utilizar**, lo que significa que esta debe ser utilizada, ello incluye la definición de los productos y servicios que ofrecerá el SVT; además, una práctica positiva su almacenamiento en soporte electrónico o impreso para incrementar el volumen de conocimientos que puede ser utilizado en futuras acciones.

La última fase es **Evaluar**, en la cual se valora la efectividad del SVT, para establecer un proceso de mejora continua, en ello es clave un plan de actualización del SVT.

Esta integración de fases de VT, funciones de la GTI y procesos de GC diferencian a este instrumental de las conceptualizaciones y herramientas existentes en la literatura.

Procedimiento específico para desarrollar la fase Planificar

Para un centro científico resulta estratégico conocer el conocimiento, tecnologías, innovaciones, productos y servicios que se generan en el entorno, ya que son oportunidades para nuevas investigaciones y negocios, así como amenazas que pueden afectar el desempeño del centro. Por ello, es necesario concebir un SVT, que se base en actividades directas (Planificación, Captura de datos, su Análisis, Diseminación de la información, Utilización o almacenamiento, y Evaluación del funcionamiento del SVT) e indirectas (Misión, Estructura y Herramientas de VT), y se enfoque a mejorar la toma de decisiones.

Para la concepción de un SVT que posibilite un adecuado monitoreo del entorno científico y tecnológico asociado a la agroforestería pecuaria y los intereses organizacionales, se deben desplegar estas actividades, que incluyan herramientas y procesos de planificación de la gestión de los recursos tecnológicos y captura de información, vinculadas de manera directa a la misión, visión y objetivos estratégicos del centro que se beneficie con servicios de VT.

En la Figura 2 se plasma el procedimiento específico para desarrollar la fase Planificar.

Paso 1. Diagnóstico del sistema de gestión de información y conocimiento existente en el centro científico

Para diagnosticar el sistema existente se utilizan expertos clave, la consulta de documentos y la aplicación de cuestionarios y entrevistas al personal que opera el sistema y sus usuarios internos y externos. Los aspectos a considerar en el diagnóstico deben incluir: la estructura organizativa del sistema, los procesos que se gestionan, el equipo humano, su calificación y e*xpertise*, la infraestructura, los destinatarios de información -internos y externos-, las herramientas de gestión de información y del conocimiento y de VT utilizadas -si se realiza-, las ACV, la identificación de necesidades de los clientes y su grado de satisfacción, las fuentes de información utilizadas y vías de acceso, aliados externos, métodos y herramientas de análisis y diseminación de la información, su protección y sistema de almacenamiento, los actuales productos y servicios informativos, así como si existe un método de evaluación del funcionamiento y efectividad del sistema.

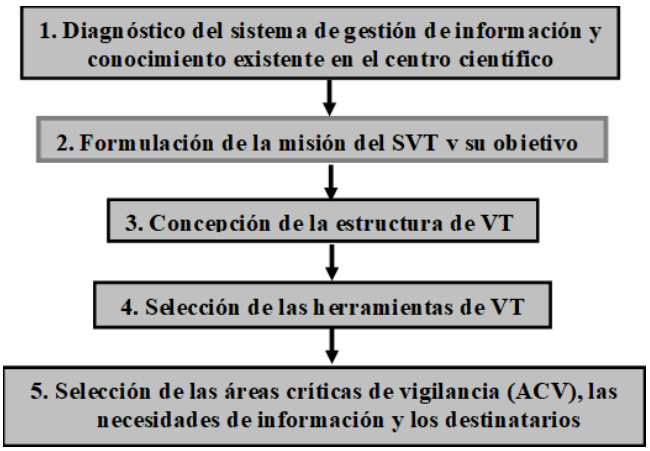


Figura 2. *Procedimiento específico para desarrollar la fase Planificar en el SVT.*

Paso 2. Formulación de la misión del SVT y su objetivo

Para formular la misión y su objetivo se consultan a directivos e investigadores con experiencia en el uso de la información y el conocimiento. Es necesario tener presente que el propósito principal para conformar un SVT, según Callon *et al.* (1993), es proporcionar buena información, a la persona idónea, en el momento adecuado.

Paso 3. Concepción de la estructura de VT

Referente a la estructura del SVT, para su concepción es necesario describir cómo se asignan las actividades de VT a las unidades y personas, cómo se organizan, así cuáles son, tanto la estructura organizacional, como los roles y personas involucradas. La ejecución de la VT no exige un numeroso equipo de analistas, ya que es reconocido como un error centralizarla en un área especializada (Escorsa y Valls, 1997), sino que es preferible descentralizarla en todos los niveles de la organización -o sea, un sistema desplegado en la estructura de I+D+i del centro-; no obstante, para lograrlo es clave una cierta estructura y el procesamiento de datos debe estar entre las funciones de un Equipo de Gestión de la Ciencia y la Innovación Tecnológica (GESTEC).

Paso 4. Selección de las herramientas de VT

Estas herramientas son un instrumento para captar, procesar y transformar gran cantidad de datos e información disponible en conocimiento útil para las decisiones. Existen múltiples tipos de herramientas, según sus características, las fuentes de información **y los** procesos de VT que apoyan, entre otras peculiaridades. Dichas herramientas están en función de la Estrategia de Ciencia e Innovación Tecnológica del centro, y pueden ser cuantitativas y cualitativas, tales como análisis de patentes, estudios cienciométricos y bibliométricos, análisis de literatura, método Delphi, analogías históricas, escenarios, pronóstico, *roadmaps* y lluvia de ideas, entre otros (Pérez, 2022). La selección de estas herramientas es realizada por expertos en ciencias de la información, VT o afines que existan en el centro.

Paso 5. Selección de las ACV, las necesidades de información y los destinatarios

Para planificar la captura de información de un SVT, se deben identificar las áreas en que se desea estar informado y responder cuatro preguntas básicas (Palop y Vicente, 1994): 1) ¿Cuál es el objetivo específico de la vigilancia?; 2) ¿Qué información hay que buscar?; 3) ¿Dónde localizarla?; y 4) ¿Qué medios se destinarán? La selección de estas áreas es realizada en consulta con expertos en ciencias de la información y VT que existan en el centro, e investigadores con experiencias en los temas abordados y en GC, pero a partir de las áreas y temas de CTeI, como la agroforestería, que son competitivas y críticas para el éxito a largo plazo del centro científico.

En este sentido, para identificar las ACV se consideraron varias fuentes: las líneas de investigación del centro; los proyectos de I+D+i que se ejecutan; y los resultados de entrevistas a directivos e investigadores. Algunas de las preguntas clave que deben hacerse son: ¿Quiénes son los líderes –nacionales/ internacionales- en las áreas de I+D+i que aborda el centro?; ¿Cuáles son las principales líneas de investigación de estos líderes?; ¿Qué tecnologías emergentes están apareciendo?; y ¿Qué hacen los competidores de estos líderes y los identificados como nuestros?

En la consulta a expertos del centro se puede identificar las necesidades de información y los destinatarios de la misma, aunque de ser necesaria la diseminación de información a actores externos, también hay que consultar a los mismos sobre sus requerimientos.

Una vez identificadas las áreas, es preciso focalizar la VT hacia las ACV, para realizar un seguimiento organizado y regular de la evolución de dichas áreas; pero soportada sobre una organización interna descentralizada, basada en la creación de una estructura en red que garantice la captación, difusión y uso participativo de la información.

Procedimiento específico para desarrollar la fase Capturar

La tarea de esta fase es diseñar e implementar la estrategia de recopilación de información, como un proceso participativo, para ello es clave la identificación de aliados estratégicos. Se definen los objetivos de la búsqueda de información y se elabora la estrategia para precisar las necesidades, localizar la información y capturarla de una manera organizada; con estos propósitos se realizan tareas como: identificación de palabras clave, validación de expertos, selección de fuentes de información relevantes, formulación de búsqueda y elaboración de registros. Esta fase requiere combinar conocimientos en VT y habilidades para manejar herramientas informáticas, así como desarrollar competencias digitales para gestionar la infoxicación o sobreinformación que emerge por la amplia generación de contenidos digitales en Internet y el desarrollo insuficiente de mecanismos eficaces para la recuperación de información.

En la Figura 3 se plasma el procedimiento específico para desarrollar la fase Capturar.

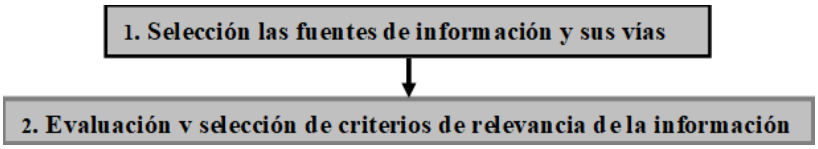


Figura 3. *Procedimiento específico para desarrollar la fase Capturar en el SVT.*

Paso 1. Selección de las fuentes de información y sus vías de acceso

Para seleccionar las fuentes más apropiadas y sus vías de acceso, se considera el criterio de expertos.

Se pueden seleccionar herramientas informáticas, como metabuscadores (*Google, DuckDuckGo, Bing, Yahoo, Oracle, Zap, etc.*) que ofrezcan información relevante sobre CTeI y que organice sus resultados, atendiendo a fuentes de información estratégicas para la VT: Patentes; Publicaciones y artículos científicos; Resultados de investigación; Ofertas y demandas tecnológicas; Ferias y congresos; Recursos educativos abiertos; Legislaciones y normativas; Convocatorias y ayudas; Proyectos innovadores; Buenas prácticas y casos de éxito; Contactos y colaboradores; *etcétera*.

Paso 2. Evaluación y selección de criterios de relevancia de la información

Saracevic (2017) reconoce que los principales criterios por los cuales se pueden formular indicadores cualitativos para medir relevancia de la información pueden ser:

- Pertinencia: Las mediciones que se lleven a cabo sean relevantes y útiles en el tiempo para facilitar las decisiones que serán tomadas sobre la base de tales mediciones.
- Precisión: Debe reflejar la magnitud a analizar, lo cual puede lograrse con una buena definición de las características de las unidades a medir y la elección del instrumento de medición.
- Oportunidad: Los resultados de la medición estén disponibles en el tiempo en que la información es relevante para la toma de decisiones, tanto para corregir como para prevenir.
- Valor Económico: Debe existir una proporcionalidad y racionalidad entre los costos incurridos en la medición y los beneficios o la relevancia de la información suministrada

Tomando en consideración este autor, se propone pertinente para centros científicos agropecuarios cubanos que los criterios de relevancia de la información sean los siguientes: Prestigio de la fuente, Prestigio del autor, Prestigio de la institución del autor, Alcance y precisión, Perspectiva (general o particular del tema), Evolución histórica del tema, Descripción, Actualidad y especificidad, Interactividad (enlaces, preferibles de acceso abierto), Aceptación (citaciones), Consistencia con el conocimiento existente, Información suficiente, Comprensión, Novedad, Similitud del contexto, Estructura, Fecha de publicación, y Propuesta de ideas, definiciones y directrices clave. Además, se considerará como un criterio adicional de selección, en muchos casos, que el documento tenga referencias de autores de alto reconocimiento y/o documentos muy utilizados en el campo de conocimiento en cuestión.

Esta captura es un proceso permanente de recopilación de datos, en el que es clave involucrar al personal directivo, científico y de contacto con los clientes, por lo que debe ser lo más participativo posible; este proceso de captura de datos se debe realizar en el SVT mediante:

- Las visitas a universidades, centros científicos, empresas y organizaciones profesionales.
- La interacción con clientes y proveedores.
- La adquisición y consulta de literatura científico-técnica y comercial
- La participación en reuniones, congresos, ferias comerciales y acciones de superación.
- La información suministrada por consultores externos.

- El establecimiento de vínculos con cámaras de comercio y otras organizaciones que agrupan empresas.
- Los estudios de *benchmarking* tecnológico y comercial.
- Las facilidades que presta Internet, tales como web, buscadores y metabuscadores, bibliotecas virtuales y gestores bibliográficos (*EndNote, Mendeley, Zotero*, *etc.*).

Procedimiento específico para desarrollar la fase Analizar

El análisis es la fase más compleja y difícil; su objetivo principal es procesar datos y fuentes de información, internas o externas a la organización, para interpretar su significado, encontrar los relevantes, convertirlos en información útil en la toma de decisiones, realizar comparaciones y valorar sus implicaciones para las acciones en el centro, así como añadir valor a la información. En la Figura 4 se plasma el procedimiento específico para desarrollar la fase Analizar.

Para realizar estos análisis se pueden utilizar técnicas y herramientas de minería de datos y textos, análisis DAFO, mapas tecnológicos, análisis de patentes, método *Delphi* u otros similares (Guagliano, 2021). También resulta fundamental la colaboración de expertos, que ayudarán a confirmar si se cumplen las demandas de información.

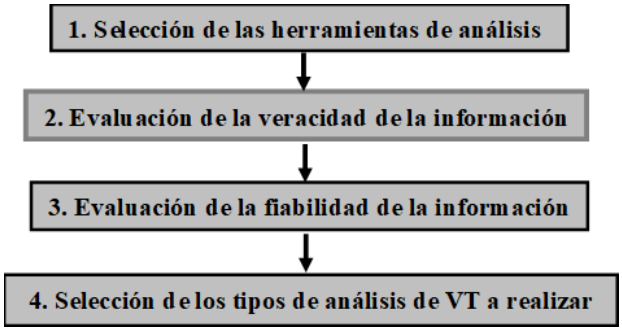


Figura 4. *Procedimiento específico para desarrollar la fase Analizar en el SVT.*

Además, esta fase incluye evaluar la veracidad de los datos utilizados y la fiabilidad de las fuentes de información. Uno de los métodos más simples y eficaces para analizar el valor de una información es el análisis de las fuentes de la que procede. De esta forma, es posible distinguir entre: Fuentes fiables (ensayos en laboratorio, documentación), fiables con riesgo de subjetividad (la prensa), fuentes poco seguras (fuentes informales), y fuentes sospechosas, cuyas informaciones deben considerarse con la máxima prudencia, por ejemplo, los rumores.

Para evaluar la fiabilidad de las fuentes, Palop y Vicente (1994) consideran de utilidad responder preguntas tales como: ¿Quién genera la información y cuál es su calificación?, ¿Es la información de primera o de segunda mano?, y ¿La información es compatible con lo conocido hasta el momento?

Asimismo, se pueden diferenciar dos procesos de análisis distintos en la VT, uno es el análisis de la información y el otro es el análisis del entorno externo de la organización. Con el análisis de la información se pretende encontrar respuestas a las necesidades de los actores del centro; mientras que el análisis del entorno tiene por objeto dar una respuesta a las necesidades de los decisores acerca de los acontecimientos externos a la organización e incorpora en su actividad modelos o marcos conceptuales que permiten simplificar la interpretación del entorno.

Existen cinco tipos de análisis de VT propuestos por Herring *et al*. (2002): 1) Alerta temprana, destinada a prevenir sorpresas para la organización; 2) Apoyo a la toma de decisiones; 3) Seguimiento y evaluación de competidores; 4) Evaluaciones de inteligencia para elaborar la planificación y la estrategia; y 5) El análisis formando una parte importante de la recogida de información y su difusión.

En el contexto de un centro científico, se considera apropiado la constitución de un equipo *ad hoc* para este propósito, compuesto por integrantes de las áreas de I+D+i y el GESTEC.

Procedimiento específico para desarrollar la fase Diseminar

La fase busca diseminar la información procesada a la Alta Dirección y al personal de I+D+i en el centro. En la Figura 5 se plasma el procedimiento específico para desarrollar la fase Diseminar.

Paso 1. Diseño de la estrategia de diseminación de la información

El diseño de esta estrategia debe enfocarse, tanto a actores internos como externos, ser distribuida en todo el centro, cubrir las necesidades de información del personal y utilizar los medios de comunicación más generalizados, mediante formas no excluyentes, en función de los recursos existentes (informes, boletines tecnológicos, presentaciones formales,

verbalmente en sesiones de trabajo o reuniones, por vía telefónica, *e-mail*, en la intranet o los sitio web), utilizando un sistema de retroalimentación para lograr mejoras; dicha diseminación también puede realizarse por vía oral informal. Para su concepción se deben utilizar expertos internos y externos.

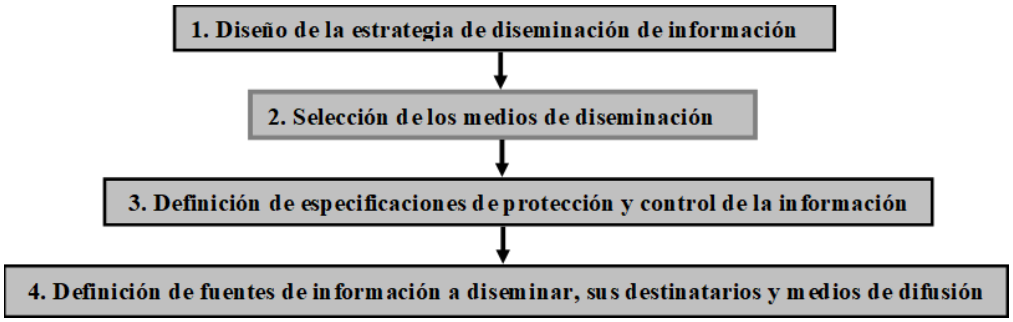


Figura 5. *Procedimiento específico para desarrollar la fase Diseminar en el SVT.*

Para el diseño de esta estrategia se debe considerar aspectos clave, como: los diversos destinatarios externos e internos, el nivel del contenido de la información para cada uno, la periodicidad de entrega de cada tipo de documento, así como formas y medios de diseminación.

Paso 2. Selección de los medios de diseminación de la información

Los medios de diseminación dependerán de la naturaleza de la misma, el costo de distribución, la urgencia y las preferencias del receptor. Es crucial utilizar sistemas de retroalimentación que permitan obtener observaciones de usuarios de la información, para mejorar, tanto esta como los métodos de comunicación empleados. Para su selección se utilizan expertos internos y externos.

Paso 3. Definición de las especificaciones de protección y control de la información

La información obtenida y prevista para su diseminación debe ser salvaguardada, por lo resulta imprescindible disponer de especificaciones de protección y control de todo el proceso, garantizando los intereses de la organización. Por ello, se recomienda: i) Siempre evaluar si una información, al ser diseminada, debe ser protegida previamente por vías de propiedad intelectual; ii) Revisar si la información a diseminar es sensible para hacerla pública a cualquier destinatario. De no ser pública, debe definirse su grado de diseminación (secreta o confidencial, limitada); y iii) En función de lo anterior, definir el medio de difusión, que puede incluir un documento impreso, el cual, después de leído por el destinatario, debe ser destruido.

Paso 4. Definición de las fuentes de información a diseminar, sus destinatarios y medios de difusión

Se considera apropiado definir dos tipos de información: 1). Científica sobre agroforestería pecuaria, y 2) Estratégica para la toma de decisiones, y en función de estas, saber a quienes se debe diseminarla y mediante qué medios se hace.

La Información científica es considerada como la que está acorde a las líneas de I+D+i del centro científico y que permite tener un estado del conocimiento y la tecnología sobre las áreas de investigación y nuevas tecnologías que se desarrollan. La Información estratégica para la toma de decisiones es aquella información que tiene un carácter relevante para la toma de decisiones a los diferentes niveles, pues aporta elementos clave para realizar acciones y tareas.

Por último, para las fases Utilizar y Evaluar se considera que, por sus características. no es pertinente desarrollar procedimientos, sino proponer Recomendaciones.

Recomendaciones específicas para desarrollar la fase Utilizar

Una vez que la información ha sido analizada y diseminada entre los decisores, investigadores y otros actores de interés, debe ser utilizada para acciones concretas; aunque su almacenamiento en soporte electrónico o impresa con vistas a incrementar el volumen de conocimientos del centro científico y de otras organizaciones para ser utilizada en futuras acciones, no debe ser considerado como una práctica negativa. Para cada caso, su tratamiento es diferente y debe ser responsabilidad de la Dirección General del centro, de su Consejo Científico y la Dirección de Ciencia, Tecnología e Innovación, o su símil, según sea el caso específico de la información.

Algunos productos/ servicios que brinda la VT, los cuales son apropiados para el SVT de un centro científico agropecuario cubano, son los siguientes:

- Documentos de alerta tecnológica.
- Informes de propiedad intelectual (propiedad industrial y derecho de autor).
- Información sobre documentos normativos internacionales, nacionales y de otros países.
- Estudios métricos de información (pueden incluir informes de cienciometría, bibliometría, webmetría, socialmetría).
- Perfiles estratégicos, tanto de sectores, de organizaciones/ empresas, de productos, como de personalidades de la CTeI.
- Estudios de mercados y de la competencia.
- Estudios de tendencias (tecnológicas, de mercado, de la competencia, de sectores, *etc*.).
- Planes estratégicos para la introducción de organizaciones/ empresas o productos en un país o área geográfica.
- Identificación de potencial oculto en competidores.
- Estudios para la identificación de aliados estratégicos.
- Estudios de *benchmarking*.
- Asesorías en gestión de la información y el conocimiento.

Recomendaciones específicas para desarrollar la fase Evaluar

Por último, el SVT debe ser evaluado periódicamente para conocer si cumple con sus objetivos, proporciona beneficios al centro científico y a actores externos, así como genera flujos de retroalimentación de la información, para poder realizar acciones de mejora del funcionamiento del sistema. El propósito de la evaluación es mejorar el sistema, para lograr que las acciones que se realicen satisfagan las necesidades reales del centro y de otros actores y, con ello, perfeccionar la toma de decisiones; este proceso exige que se conforme un plan de actualización del SVT.

Para evaluar el funcionamiento del SVT se considera que es apropiado el diseño e implementación de un Cuadro de Mando Integral para el control estratégico de la gestión del sistema, con sus indicadores y metas.

CONCLUSIONES

El instrumental desarrollado, compuesto por un procedimiento general de aplicación y sus procedimientos y recomendaciones de apoyo, constituye una contribución metodológica que permite, de forma integrada y sistémica, apoyar los procesos decisorios a nivel estratégico, asociados a la GEIC, con énfasis en la VT y la agroforestería pecuaria en centros científicos agropecuarios cubanos.

BIBLIOGRAFÍA

AENOR. 2011. Gestión de la I+D+i: Sistema de Vigilancia Tecnológica. Norma UNE 166.006:2011. Asociación Española de Normalización y Certificación, Madrid.

Altarawneh, R.H. 2023. The Effect of Strategic Vigilance on Organizational Excellence the Mediating Role of Strategic Foresight. *International Journal of Business and Management*, 18 (3): 52-63: Disponible en: https://doi.org/10.5539/ijbm.v18n3p52

Callon, M., Courtial, J.P., Penan, H. 1993. La Scientométrie. *Que sais-je?*, No. 2727. Presses Universitaires de France, Paris.

El Assafiri, Y. 2019. Procedimiento general para la gestión del conocimiento estratégico en las organizaciones. Tesis Doctoral. Universidad de Matanzas, Cuba.

Elías, R.R., Stable, Y., Borroto, J.M., Novo, S. 2023. Gestión de la Vigilancia e Inteligencia en el Observatorio Científico Tecnológico y de Innovación (OCTI). *Bibliotecas. Anales de Investigación,* 19 (3), 11.

Escorsa, P., Valls, J. 1997. Tecnología e innovación en la empresa. Dirección y gestión. Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona.

Guagliano, M. 2021. Diseño de un Modelo de Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Estratégica (VTeIE), de aplicación en Instituciones Universitarias con Carreras de Ingeniería, que optimice el desarrollo de competencias genéricas tecnológicas, sociales, políticas y actitudinales. Tesis de Doctorado. Universidad de Lomas de Zamora (Prov. Buenos Aires), Argentina.



Gudiño, I.C. 2023. Vigilancia tecnológica para los procesos del área de dirección y control comercial en el sector construcción con el fin de proponer una aproximación a una estandarización en la ciudad de Bucaramanga. Tesis de Maestría en Gestión de Tecnologías de la Información y la Comunicación. Universidad Cooperativa de Colombia, Bucaramanga, 33 p.

Hernández, L.A. 2010. Creación y desarrollo de Organizaciones Socialistas de Base Tecnológica para el sector agropecuario incubadas en Instituciones de la Educación Superior cubana. Tesis de Doctorado.

Herring, S., Job, K., Scheckler, R., Barab, S. 2002. Searching for safety online: Managing trolling in a feminist forum. *The Information Society*, 18 (5): 371-384.

Morin, J., Seurat, R. 1991. La gestión de los recursos tecnológicos. *Economía Industrial*, 281: 109-113.

OVTT. 2022. ¿Qué resultados podemos esperar de la vigilancia tecnológica? #MoocVT, 16-08-2022. Oficina de Vigilancia y Transferencia Tecnológica, Universidad de Alicante, España. Disponible en: https://moocvt.ovtt.org/que-resultados-podemos-esperar-de-la-vigilancia-tecnologica/

Palop, F., Vicente, J. M. 1994. Estructura de la Vigilancia. Documentos de la Maestría en Gestión de la Ciencia y la Tecnología. Universidad Carlos III, Madrid

Pérez, N. V. 2022. Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Estratégica: Herramientas de gestión de la información y el conocimiento en épocas de crisis y transformación digital. XVIII Convención y Feria Internacional Informática 2022, 21 – 25 marzo, La Habana.

Ponjuán, G. 1999. Gestión, Gestión de la Información, Gestión del Conocimiento .... Gestión del Futuro. *Ciencias de la Información*, 30 (3): 43-52.

Saracevic ,T. 2017. The Notion of Relevance in Information Science: Everybody knows what relevance is. But, what is it really*?* University of North Carolina, Chapel Hill, N.C., USA.

Suárez, J. 2003. Modelo y procedimientos de apoyo a las decisiones para desarrollar la Gestión de la Tecnología y la Innovación en la empresa ganadera cubana. Tesis de Doctorado. Universidad Central de Las Villas, Santa Clara, Cuba.

Suárez, O., Suárez, J. 2022. Contribución a la Vigilancia Tecnológica en centros científicos agropecuarios: propuesta para la EEPF Indio Hatuey. *Revista Cubana de Ingeniería*, XIII (1): e318.

IP-24. Percepciones, gustos y motivaciones de productores ganaderos sobre sistemas silvopastoriles y prácticas de conservación en fincas del departamento del Caquetá, Colombia

Perceptions, preferences and motivations of livestock producers on silvopastoral systems and conservation practices in farms of Caquetá, Colombia

L. P. Giraldo[*] y J. Chará

Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria- CIPAV. Cra 25 # 6-62, Cali, Colombia

[*]Correspondencia a: lina@fun.cipav.org.co

ABSTRACT

Integrating producer perspectives is critical for guiding effective landscape restoration strategies. This study examined the preferences, motivations and perceptions of 65 cattle ranchers in the piedmont region of Caquetá, Colombia, regarding silvopastoral systems and conservation strategies. A structured survey was conducted addressing key themes such as livestock practices, forest and wetland conservation, climate change and environmental values. The surveyed farms averaged 92 hectares in size and were primarily oriented toward dual-purpose cattle production. Overall, ranchers expressed positive perceptions of incorporating trees into pastures through various silvopastoral arrangements. All participants reported conserving fragments of mature forests mainly for on-farm timber use. Notably, 76% perceived increased milk production in pastures with good tree cover, while 96% identified shade provision as the most relevant criterion when selecting tree species to integrate with pastures. Despite all these benefits, implementation and maintenance cost were unanimously cited as the main barriers to adopting silvopastoral systems along with the technical support and available. Wetlands are present in 89 % of the farms, though most lacked protective measures, and many properties also contained areas of natural vegetation succession with a high restoration potential. The findings indicate a general awareness among farmers regarding climate change, ecosystem conservation and intergenerational sustainability. These insights underscore the need for targeted economic incentives, continuous training, and technical assistance to advance sustainable and environmentally responsible livestock production in the region.

Keywords: *Amazonia, cattle producers, restoration, sustainable livestock, wetland protection*

Palabras clave: *Amazonía, ganadería sostenible, productores ganaderos, protección de humedales, restauración*

INTRODUCCIÓN

La transformación de paisajes naturales a sistemas productivos, como la ganadería, ha sido uno de los principales motores de cambio de ecosistemas naturales a escala global. En regiones tropicales, esta actividad ha contribuido significativamente a la deforestación, fragmentación de hábitats y pérdida de biodiversidad (Steinfeld *et al.*, 2006, Ramankutty *et al.,* 2008).

Para afrontar los desafíos tanto ambientales como productivos, la ganadería debe priorizar enfoques de restauración del paisaje que permita mantener una producción adecuada y rentable, la conservación de biodiversidad y la prestación de servicios ambientales (Lamb, 2014, Banks-Leite *et al.*, 2020). Dentro de las estrategias se encuentran alternativas como los sistemas silvopastoriles, los cuales integran árboles, pastos y animales en una misma unidad de producción, lo que permite mejorar la productividad y reducir la presión sobre los ecosistemas naturales (Murgueitio *et al.*, 2011; Montoya Molina *et al.*, 2016; Chará *et al.*, 2020; Montagnini & Del fierro 2022).

La adopción efectiva de estas estrategias depende en gran medida de la percepción, los conocimientos, valores y experiencias previas de los productores (Hinds & Sparks 2008, Clewell & Aronson, 2013; Rosero-Añazco *et al.*, 2025) y se convierte en un elemento central para estrategias de restauración del paisaje que sean pertinentes y aceptados localmente (Chazdon *et al.*, 2017; Calle 2019).

El departamento del Caquetá es uno de los más afectados en Colombia por procesos de cambio de uso del suelo para implementación de ganadería (Del Río Duque *et al.*, 2022; IDEAM, 2025). Sin embargo, en los últimos años los productores han adoptado estrategias de incremento de árboles y arbustos en sus sistemas ganaderos, a través de procesos de regeneración natural o establecimiento de modelos silvopastoriles. Además, conservan relictos de bosques los cuales tienen un alto valor ambiental y gran potencial para contribuir a la regeneración de vegetación asociadas a pasturas. No obstante, rara vez han sido estudiadas las perspectivas que tienen sobre su uso y mantenimiento. Este estudio tuvo como objetivo caracterizar las prácticas, percepciones, valores y motivaciones de los productores ganaderos en relación con los sistemas productivos, y la conservación de bosques y humedales en fincas del piedemonte amazónico.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio fue realizado en fincas ganaderas ubicadas en los municipios de Florencia, Morelia y El Paujil en el departamento del Caquetá, Colombia.

Se diseñó una encuesta estructurada con preguntas orientadas a conocer sobre las prácticas ganaderas y de conservación de los bosques y humedales realizadas por los productores en los predios ganaderos, y los gustos, percepciones y motivaciones para su uso. La encuesta contó con seis secciones: A. Información general sobre los productores y las fincas; B. Prácticas ganaderas en los predios; C. Prácticas que favorecen la protección y restauración de bosques; D. Prácticas que favorecen la conservación de humedales y otros ambientes acuáticos; E. Cambio climático; F. valores ambientales y percepción sobre beneficios de sistemas ganaderos. Algunas preguntas incluidas en la encuesta han sido tomadas como referencia de Calle (2019).

Se entrevistaron en total 65 ganaderos propietarios o administradores de los predios. La aplicación de las encuestas se realizó de manera conversacional, lo que permitió generar un ambiente de confianza y recoger información de forma más cercana. En algunos casos, se utilizaron imágenes como apoyo visual para facilitar la identificación de diferentes tipos de cobertura vegetal y su relación con aspectos de conservación. En la sección F, relacionada con las percepciones y valores ambientales, se solicitó a cada participante responder las preguntas de manera individual.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los participantes del estudio fueron principalmente hombres (61), y en menor proporción mujeres (9); en cinco casos participaron ambos. Sus edades oscilaron entre los 20 y 78 años y en promedio los ganaderos han permanecido en los predios durante 20,2 años.

Las fincas presentan un área promedio de 92 hectáreas, con una distribución predominante en dos rangos: 21 a 50 hectáreas (19 predios) y 101 a 400 hectáreas (19 predios). La orientación productiva ganadera de los predios es principalmente doble propósito. Además de los bovinos, los ganaderos producen algunos cultivos y animales para la alimentación familiar.

Sistemas ganaderos y su relación con árboles

El 58% los predios donde se realizó el estudio presentan sistemas con árboles dispersos en baja densidad (10-20 árboles/ha) y muy baja densidad (<10 árboles/ha) (55%), el 43% han implementado cercas vivas y el 27% presentan árboles dispersos en los potreros en alta densidad (>25/arboles/ha).

Los productores perciben claramente beneficios asociados a la presencia de árboles en los potreros, donde se destaca el incremento en la cantidad de leche producida (76% de los encuestados) (Figura 1). Esta percepción refuerza la importancia de los árboles no solo como elementos ecológicos, sino también como factores que aportan directamente a la productividad ganadera (Chará *et al.*, 2018; Álvarez *et al.*, 2021) y refleja un cambio de pensamiento positivo hacia la integración de diversidad arbórea en los potreros, idea que no era considerada por los ganaderos hace algunos años en la región (comunicación con los productores).

También es importante mencionar que un 20% indicó no haber notado beneficios, lo que podría deberse a experiencias limitadas, sistemas manejados de manera inadecuada, o falta de información técnica.



Figura 1. *Opiniones de los ganaderos encuestados sobre los beneficios asociados a la presencia de árboles en los potreros.*

Características relevantes para la selección de árboles

La provisión de sombra es la característica más valorada por los productores ganaderos al momento de seleccionar árboles para establecer en potreros (Figura 2); resultado similar a otro estudio realizado en la región (Ángel-Sánchez *et al.*, 2017). Esto refleja preocupación por el bienestar animal, especialmente por las altas temperaturas de la región, donde la sombra contribuye a reducir el estrés térmico y mejorar la productividad del ganado (Richards *et al.*, 2024).

En segundo lugar, el crecimiento rápido (61%) y el valor maderable (50%) son también apreciados, lo que indica que los ganaderos buscan especies que generen beneficios económicos directos o se establezcan con facilidad.

Otras características funcionales como la fijación de nitrógeno en el suelo, la provisión de frutos y la belleza del paisaje también son consideradas, lo que sugiere una creciente valoración de los servicios ecosistémicos. En conjunto, los resultados evidencian que los productores priorizan árboles que combinan funcionalidad productiva, beneficios ambientales y facilidad de establecimiento, lo cual es clave para orientar estrategias de reconversión ganadera en la región.

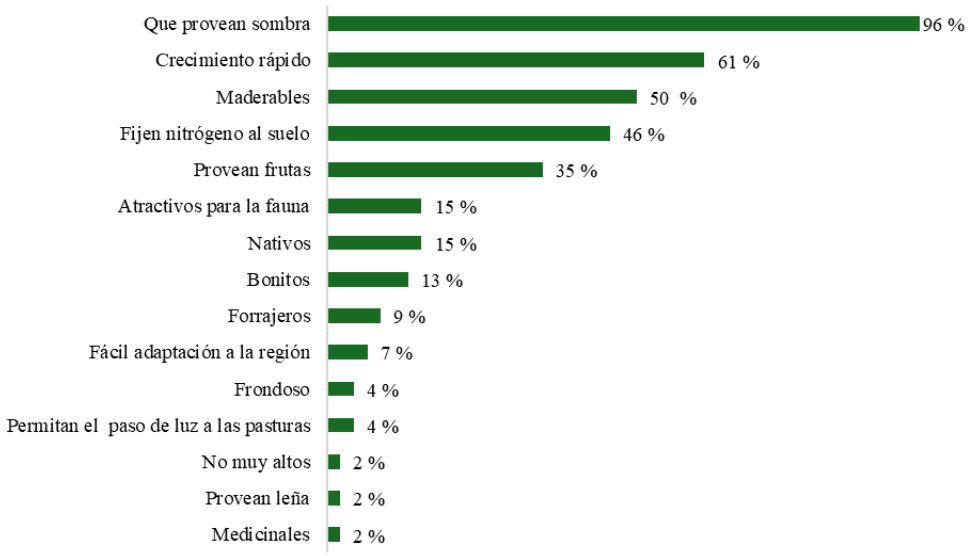


Figura 2. *Características de importancia para los productores al momento de seleccionar los árboles a establecer en los sistemas ganaderos.*

La evaluación de los productores sobre los beneficios de distintos sistemas ganaderos muestra una marcada preferencia hacia los árboles dispersos en potreros (ADP), tanto de forma individual como combinada con otros elementos del paisaje (rastrojos o pasturas). Los beneficios de mayor mención en relación con ADP incluyen mejoramiento estético del paisaje (91,1%), bienestar animal (75,6%), mayor producción de pasto (75,6%), mayor productividad ganadera (82,2%) y mejor calidad de leche o carne (80%). Además, se destaca su rol en la regulación de la temperatura (57,8%) y el mantenimiento de la humedad del suelo (53,3%), lo cual refleja una percepción favorable del sistema desde el punto de vista productivo y ecológico. En contraste, las pasturas sin árboles (PSA) son vistas con desventaja: un 93,3% considera que requieren más fertilizantes y un 44,4% que tienen mayores costos de mantenimiento, mostrando su baja valoración como opción sostenible (Tabla 1).

Por su parte, los rastrojos (R) son reconocidos principalmente por sus beneficios ecológicos, en especial su aporte a la conservación de la biodiversidad; el 55,6% de los productores los asocia a una mayor disponibilidad de recursos para la fauna silvestre, y un 35,6% los vincula a la prevención de la erosión y el aporte de nutrientes al suelo.

En general, los resultados reflejan una percepción positiva de los productores hacia una ganadería más amigable con el ambiente, donde los árboles son vistos como elementos clave para mejorar la productividad, el bienestar animal y la sostenibilidad del sistema. El hecho de que prácticamente ningún productor asignara beneficios a los sistemas sin vegetación o combinaciones marginales refuerza la idea de que los árboles y la cobertura vegetal son percibidos como esenciales en los modelos ganaderos actuales.

Tabla 1. *Evaluación de los ganaderos sobre beneficios de diferentes sistemas ganaderos. ADP: árboles dispersos en potrero; R: rastrojos; PSA: pasturas sin árboles; N: ninguno.*

Beneficio	ADP	R	PSA	ADP y R	ADP y PSA	R y PSA	ADP, R y PSA	N
Se ve más bonito	91,1 %	0 %	0 %	2,2 %	6,7 %	0 %	0 %	0 %
La fauna silvestre encuentra más recursos como flores y frutos	26,7 %	55,6 %	0 %	17,8 %	0 %	0 %	0 %	0 %



Aporta más nutrientes al suelo	37,8 %	35,6 %	0 %	26,7 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Previene la erosión del suelo	28,9 %	35,6 %	2,2 %	28,9 %	4,4 %	0 %	0 %	0 %
El ganado está más a gusto	75,6 %	4,4 %	0 %	20 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Produce más pasto	75,6 %	0 %	15,6 %	6,7 %	2,2	0 %	0 %	0 %
Regula la temperatura ambiental	57,8 %	8,9 %	0,0	33,3 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Necesita más fertilizantes	0 %	4,4 %	93,3	0 %	0 %	2,2 %	0 %	0 %
Los costos de mantenimiento son más altos	6,7 %	33,3 %	44,4 %	0 %	2,2 %	8,9 %	2,2 %	2,2 %
Las vacas producen más leche o el ganado engorda más rápido	82,2 %	0 %	2,2 %	11,1 %	2,2 %	0 %	0 %	2 %
Las vacas producen leche de mejor calidad y el ganado mejor calidad de carne	80 %	2,2 %	0 %	13,3 %	0 %	0 %	0 %	4,4 %
El ganado tiene más espacio para pastar	55,6 %	0 %	28,9 %	2,2 %	6,7 %	2,2 %	4,4 %	0 %
Mantiene la humedad del suelo	53,3 %	17,8 %	2,2 %	26,7 %	0 %	0 %	0 %	0 %

Barreras para adoptar sistemas silvopastoriles

Los factores que más influyen en la falta de motivación de los ganaderos para establecer sistemas silvopastoriles se relacionan principalmente con los costos, el tiempo requerido para implementar los sistemas y el acceso a apoyo técnico. Los incentivos financieros o el acceso a recursos económicos representan un estímulo clave para superar las barreras asociadas a los costos de establecimiento y manejo; de otro lado, el apoyo técnico es considerado esencial, ya que los productores reconocen la necesidad de orientación especializada para implementar estos sistemas de forma efectiva (Frey *et al.*, 2012; Calle 2019; Tanure *et al.*, 2024).

Adicionalmente, el conocimiento sobre cómo establecer sistemas y especies de árboles a sembrar, indican la necesidad de capacitación, visitas a experiencias exitosas y el acceso a información para iniciar procesos exitosos de establecimiento y mantenimiento de sistemas silvopastoriles (Calle *et al.*, 2013). En conjunto, los resultados muestran que la decisión de adoptar sistemas silvopastoriles no depende solo del interés individual, sino de un entorno de apoyo técnico, económico y logístico, que brinde seguridad a los productores en el proceso de transición hacia prácticas más sostenibles.

Conservación de bosques y ambientes acuáticos

El 93% de los ganaderos encuestados mantienen relictos de bosque en los predios. Las principales motivaciones para esta práctica se relacionan con conservación de la biodiversidad y el aprovechamiento de madera para uso dentro de la finca (Figura 3), lo que indica una conciencia ambiental frente a la importancia de estos ecosistemas como hábitat de fauna y flora silvestre y una visión práctica del bosque como fuente de recursos. Además, perciben la provisión del agua como los principales servicios ambientales derivados del bosque.

Sin embargo, a pesar de la conciencia ambiental que muestran los productores, en la mayoría de las fincas (57%), el ganado tiene acceso a bosques y rastrojos, principalmente para sombra. Adicionalmente, se les consultó sobre las decisiones relacionadas con los rastrojos o áreas de sucesión vegetal avanzada; el 53% manifestó interés en conservarlos, el 30% tiene la intención de eliminarlos y el 18% señaló que posiblemente aprovecharía los árboles presentes para establecer sistemas silvopastoriles o cultivos de cacao. Las áreas de sucesión vegetal en el piedemonte del departamento del Caquetá representan una oportunidad clave en los esfuerzos de restauración y la prestación de servicios ambientales (Rodríguez-León *et al.*, 2024).

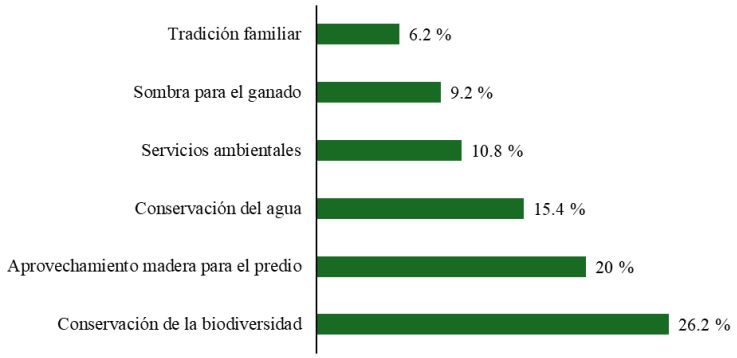


Figura 3. *Principales motivaciones de los productores para la conservación de bosques en predios ganaderos de los municipios de Florencia, Morelia y Florencia (Caquetá).*

Por otro lado, el 89% de los predios incluidos en este estudio presentan diferentes tipos de ambientes acuáticos, representados principalmente por humedales (pantanos herbáceos y Cananguchales), usados principalmente para el suministro directo de agua al ganado. Los pantanos se encuentran en un alto porcentaje desprotegidos y algunas personas indicaron que la canalización de estos ambientes sería una buena opción para una mayor producción de pastos.

Cambio climático

Los ganaderos perciben cambios en el clima local, reflejado principalmente en un clima cada vez más impredecible, temperaturas más altas de lo normal y lluvias más intensas y prolongadas (Tabla 2). Para cerca del 50% de los ganaderos, los cambios en el clima tienen efectos muy negativos en la producción, principalmente por la disminución de pasturas en temporadas extremas. Las acciones mencionadas por los ganaderos para enfrentar el cambio climático se relacionan con la siembra de árboles y la conservación de bosques. Esta percepción es crucial para la adopción de estrategias efectivas de adaptación (Calle 2019; Richards *et al.*, 2024).

Tabla 2. *Cambios en el clima percibidos por los ganaderos y su impacto en la producción.*

a. Cambios en el clima percibidos por los ganaderos	Porcentaje de productores
Un clima cada vez más impredecible	82,6 %
Temperaturas más altas de lo normal	82,6 %
Lluvias más intensas o torrenciales	56,5 %
Temporadas de lluvias más cortas	15,2 %
Temporada seca más larga e intensa	10,9 %
Temporada seca más corta e intensa	6,5 %
Temporadas de lluvias más largas	6,5 %
Lluvias más dispersas	2,2 %
Temporada seca irregular	2,2 %
b. Efectos sobre la producción ganadera	
Muy negativos	45,7 %
Algo negativos	26,1 %
Neutral	21,7 %
Muy positivos	2,2 %
Algo positivos	2,2 %



Valores ambientales y percepción sobre beneficios de sistemas ganaderos

Los ganaderos muestran un pensamiento positivo hacia la conservación ambiental y el manejo sostenible de sus fincas. La totalidad considera que los potreros se ven más bonitos con más árboles y están de acuerdo en que conservar el medio ambiente es una responsabilidad del productor ganadero. Además, tienen un reconocimiento claro de los beneficios ecológicos y productivos: el 93% cree que los árboles mejoran la producción de pastos y el 96% opina que proteger el ambiente incrementa la productividad de la tierra (Tabla 3).

Por otra parte, los resultados reflejan una percepción negativa ante temas que valoren sólo la parte productiva, dejando a un lado la conservación. Un 93% de los ganaderos está en desacuerdo con la idea de que producir más implica desentenderse del cuidado ambiental, y el 89% no está de acuerdo en que la protección del medio ambiente deba estar condicionada a incentivos económicos. Adicionalmente un alto porcentaje de los ganaderos tiene claro que está en sus manos la protección del suelo.

Finalmente, la conexión emocional de los productores con los predios se refleja en su preocupación por el relevo generacional. El 98% de los encuestados manifiesta interés en dejar la tierra en buenas condiciones para las nuevas generaciones, lo que puede motivar decisiones de manejo; sin embargo, un alto porcentaje (73%) no tiene claro quién heredará el trabajo en las fincas. Este resultado refleja un fenómeno global del bajo interés de las nuevas generaciones por el sector rural (Castillo & Espinosa-Rodríguez, 2023). Vincular a niños y jóvenes en los procesos de producción sostenible, transmitir los conocimientos e inculcar un legado de principios y valores por la tierra, es indispensable para para la continuidad de procesos productivos sostenibles (Giraldo *et al.*, 2022).

Tabla 3. *Evaluación de los ganaderos sobre valores relacionados con el medio ambiente.*

	De acuerdo	Neutral	En desacuerdo
Los potreros se ven más bonitos con más árboles	100 %	0 %	0 %
Quiero cuidar la tierra para las nuevas generaciones	98 %	2 %	0 %
Si quiero producir más, no tengo que preocuparme por cuidar el medio ambiente	4 %	2 %	93 %
Siento una profunda conexión emocional con mi tierra	96 %	2 %	2 %
Como ganadero, no puedo evitar el deterioro del suelo	20 %	2 %	78 %
Los árboles generan beneficios para la producción de pastos	93 %	7 %	0 %
La producción de leche depende del manejo que les dé a las pasturas	98 %	2 %	0 %
La protección del ambiente genera muchos costos y pocos beneficios	11 %	16 %	73 %
La finca vale más si se conservan los bosques y humedales	84 %	11 %	4 %
La finca se ve mejor si no tiene humedales	18 %	13 %	69 %
No planto árboles en los potreros porque ocupan espacio para el pasto	11 %	4 %	84 %
Como productor ganadero, es mi responsabilidad conservar el medio ambiente	100 %	0 %	0 %
La tierra produce más cuando se protege el medio ambiente	96 %	2 %	2 %
Si no me pagan, no tengo razones para proteger el medio ambiente	9 %	2 %	89 %
Me preocupa el relevo generacional en mi finca	73 %	9 %	18 %

CONCLUSIONES

Los productores valoran los árboles en los potreros por sus beneficios productivos y ambientales, especialmente por el incremento en la producción de leche, el bienestar animal y la regulación térmica. Esta percepción favorable hacia los sistemas silvopastoriles sugiere que los ganaderos están abiertos a integrar árboles en sus predios, siempre que se les brinde acompañamiento técnico y acceso a insumos adecuados.

El estudio evidencia que los remanentes de bosques y humedales desempeñan un papel fundamental tanto en la provisión de servicios ecosistémicos esenciales, como en el sustento de actividades productivas. Esta percepción representa una oportunidad estratégica para avanzar en procesos de restauración productiva, promoviendo modelos de ganadería sostenible que integren conservación y el manejo adecuado del paisaje.

Aunque la mayoría de los productores expresa un fuerte compromiso por preservar sus tierras en buen estado para las futuras generaciones, la incertidumbre sobre el relevo generacional podría convertirse en una barrera para la planificación y continuidad de las prácticas de manejo sostenible en las fincas y refleja la necesidad de motivar y vincular niños y jóvenes a los procesos productivos y de conservación de los predios.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio se realizó en el marco del proyecto "Evaluación de estrategias de reconversión ambiental ganaderas que contribuyen a la protección y restauración de bosques y humedales, y a la disminución de procesos de deforestación en el piedemonte Amazónico de Colombia ", financiado por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (MINCIENCIAS) a través del contrato 112721-315-2023, en el marco de la convocatoria 934-2023 "Estancias Posdoctorales Orientadas por Misiones". Agradecemos a los productores ganaderos que participaron en el estudio y a las empresas Lácteos del Hogar (Florencia, Caquetá) e Industria de lácteos La Maporita (El Paujil, Caquetá) por su apoyo en contacto inicial con los ganaderos.

BIBLIOGRAFÍA

Ángel-Sánchez, Y.K., Pimentel Tapia, M.E., Suárez Salazar, J.C. 2017. Importancia cultural de vegetación arbórea en sistemas ganaderos del municipio de San Vicente del Caguán, Colombia. Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica 20 (2), 393-401.

Álvarez, F., Casanoves, F., Suárez, J.C., Pezo, D. 2021. The effect of different levels of tree cover on milk production in dual-purpose livestock systems in the humid tropics of the Colombian Amazon region. Agroforest Syst. 95, 93–102 https://doi.org/10.1007/s10457-020-00566-7

Banks-Leite, C., Ewers, R.M., Folkard-Tapp, H., Fraser, A. 2020. Countering the effects of habitat loss, fragmentation, and degradation through habitat restoration. One Earth 3 (6), 672-676.

Calle, A. 2019. Partnering with cattle ranchers for forest landscape restoration. Ambio. 49, 593-604. https://doi.org/10.1007/s13280-019-01224-8

Calle, Z., Murgueitio, E., Chará, J., Molina, C.H., Zuluaga, A.F., Calle, A. 2013. A strategy for scaling-up intensive silvopastoral systems in Colombia. Journal of Sustainable Forestry, 32, 677-693. https://doi.org/10.1080/10549811.2013.817338.

Castillo, O.L., Rodríguez, U. 2023.The rural generational gap: a complex phenomenon with global implications. Journal Of Humanities And Social Science. 28, 36-48

Chará, J., Rivera, J., Barahona, R., Murgeitío, E., Deblitz, C., Reyes, E., Martins, R., Molina, J.J., Flores, M., Zuluaga A. 2018 Intensive silvopastoral systems: economics and contribution to climate change mitigation and public policies F. Montagnini (Ed.), Integrating Landscapes: Agroforestry for Biodiversity Conservation and Food Sovereignty. pp. 395-416, 10.1007/978-3-319-69371-2_16

Chará, J.D., Camargo, J.C., Calle, Z., Bueno, L., Murgueitio, E., Arias, L., Dossman, M., Molina, E.J. 2020. Servicios ambientales de los sistemas silvopastoriles intensivos: Mejoramiento del suelo y restauración ecológica. En: Montagnini, F., Somarriba, E., Murgueitio, E., Fassola, H., Eibl, B. Sistemas Agroforestales. Funciones Productivas. Socioeconómicas y Ambientales. Serie técnica. Informe técnico 402. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Editorial CIPAV, Cali, Colombia.

Clewell, A.F., Aronson, J. 2013. Ecological Restoration: Principles, Values, and Structure of an Emerging Profession. Island Press. Washington D.C.

Chazdon, R. 2017. Landscape Restoration, Natural Regeneration, and the Forests of the Future. ANN. MISSOURI BOT. GARD. 102: 251–257.

Del Río Duque, M.L, Rodríguez, T., Pérez-Lora, Á.P., Löhr, K., Romero, M., Castro-Nunez, A, *et al.* 2022. Understanding systemic land use dynamics in conflict-affected territories: The cases of Cesar and Caquetá, Colombia. PLoS ONE 17(5): e0269088. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0269088



Frey, G., Fassola, H., Pachas, A., Colcombet, L., Lacorte, S., Pérez, O., Renkow, M., Warren, S., Cubbage, F. 2012. Perceptions of silvopasture systems among adopters in northeast Argentina. Agricultural Systems. 105, 21-32. 10.1016/j.agsy.2011.09.001.

Giraldo, L.P., Chará, J.D., Chindicué, L., Chindicué, A. 2022. Herederos Silvopastoriles: La experiencia de sistemas de producción sostenible en Colombia, una oportunidad para el relevo generacional. REDFOR Argentina.

Hinds, J., Sparks, P. 2008. Engaging with the natural environment: The role of affective connection and identity. Journal of Environmental Psychology, 28, 109-120.

IDEAM. 2025. Boletín de Detección Temprana de Deforestación (DTD). Boletín 42. https://www.ideam.gov.co/sala-de-prensa/boletines/ultimo/Bosques

Lamb, D. 2014. Large-scale forest restoration. 1st ed. London: Routledge.

Murgueitio, E., Calle, Z., Uribe, F., Calle, A., Solorio, B. 2011. Native trees and shrubs for the productive rehabilitation of tropical cattle ranching lands. Forest Ecology and Management, 261(10), 1654-1663.

Montoya-Molina, S., Giraldo-Echeverry, C., Montoya-Lerma, J., Chará, J., Escobar, F., Calle, Z. 2016. Land sharing vs. Land sparing in the dry Caribbean lowlands: a dung beetles' perspective. Appl Soil Ecol 98:204–212. https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2015.10.017

Montagnini, F., Del Fierro, S. 2022. Functions of Agroforestry Systems as Biodiversity Islands in Productive Landscapes. In: Montagnini F (ed.). Biodiversity islands: strategies for conservation in human-dominated environments. Series Editors: Topics in Biodiversity and Conservation. Chapter 4, Pp. 89–116.

Ramankutty, N., Evan, A.T., Monfreda, C., Foley, J.A. 2008. Farming the planet: 1. Geographic distribution of global agricultural lands in the year 2000. Global Biogeochemical Cycles. 22, 1-19. https://doi.org/10.1029/2007GB002952.

Rosero-Añazco, P., Zhu, A. L., Cuesta, F., Speelman, E.N., Hofstede, G.J. 2025. What is behind land use change in tropical forests? From local relations to global mining concessions. Ecology and Society 30(1), 29. https://doi.org/10.5751/ES-15646-300129

Rodríguez-León, C.H., Sterling, A., Trujillo-Briñez, A., Suárez- Córdoba, Y.D., Roa-Fuentes, L.L. 2024. Forest Attribute Recovery in Secondary Forests: Key Insights for Transformative Territorial Management Through Ecological Restoration in the Amazon. doi: 10.20944/preprints202411.1781.v1

Richards, D., Dewhurst, Z., Giltrap, D., Lavorel, S. 2024. Tree contributions to climate change adaptation through reduced cattle heat stress and benefits to milk and beef production. Glob Change Biol. 2024;30:e17306. DOI: 10.1111/gcb.17306.

Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T., Castel, V., Rosales, M., de Haan, C. 2006. Livestock's long shadow: Environmental issues and options. FAO.

Tanure, T., de Abreu Campos, R., dos Reis, J.C., Benzeev, R., Newton, P., Ribeiro Rodrigues, R., de Oliveira A.M. 2023. Farmers' perceptions of climate change affect their adoption of sustainable agricultural technologies in the Brazilian Amazon and Atlantic Forest biomes. Climatic Change. 177, 8. https://doi.org/10.1007/s10584-023-03657-3

IP-25. Efecto de las etapas climáticas y alojamiento próximo a arboledas en la reproducción cunícola en Cuba

Effect of climatic stages and accommodation near grove on rabbit reproduction in Cuba

George Enrique Vasallo Jamet

Instituto de Ciencia Animal, Apartado Postal 24, San José de las Lajas, provincia Mayabeque, Cuba

Correspondencia a: vasallojamet@gmail.com

ABSTRACT

The aim of this study was to analyse the combined effect of the climatic stages of drought and rainy in Cuba and the location of facilities near groves on the reproductive parameters of the rabbit species. The Hotelling test was used to analyse the interaction of the effect of the location of the facilities and the stages of the drought (1 and 2) and rainy (3 and 4) seasons on the behaviour of actual fertility (%), litter size at birth by calving and viability (%) in the birth-weaning stage. It was evidenced that there were significant statistical differences ($p < 0.0001$) between the facilities and the stages where the reproductive rates were higher in installation A and the highest interaction with respect to the behavior of the size of the litter at birth by birth, it was reached in stage 3 in which the actual fertility index was higher and did not differ with the installation B; In the behavior of viability, significant statistical differences ($p < 0.0001$) have also been found between the facilities and stages where the highest interaction has been achieved in installation A in stage 2 and the highest index in the 3 that the latter did not differ with the 2, nor was it evidenced between the facilities. It is concluded that the location of the facilities near groves has contributed to the improvement of reproductive results in the rabbit species, especially in mitigating the environmental impacts of high temperatures at the hottest time of the year.

Keywords*: rabbit farming, environment, fertility, viability*

Palabras clave: *cunicultura, medioambiente, fertilidad, viabilidad*

INTRODUCCIÓN

La productividad en cunicultura, ha sido mejorada gracias al desarrollo y aplicación de sistemas y técnicas como la inseminación artificial, la producción en ciclo o en banda y el uso de líneas genéticas con alta prolificidad. La optimización de estos sistemas requiere que el manejo reproductivo considere aspectos como el medio ambiente además de la fisiología, el comportamiento animal y la salud, todos de una manera integrados. Las conejas reproductoras presentan períodos de alta fertilidad en el año en determinadas estaciones climáticas influenciado por factores entre los que se tiene en cuenta los medioambientales como el fotoperiodo y la temperatura (Rebollar *et al.*, 2023).

La agroforestería, es una práctica agrícola que consiste en asociar los árboles a la cultura de crianza en ganadería, aparece como una de las respuestas posibles a las crisis sanitarias, climáticas, económicas y de sociedad actual o del futuro. Los árboles protegen del sol, equilibran las variaciones de temperaturas y limitan la velocidad del viento por lo que en su conjunto la protección y la diversidad micro climática ofertadas por los mismos contribuye a mejorar el bienestar de los animales entre los que se incluye el conejo al proporcionar abrigo contra las condiciones adversas y permitirles expresar su comportamiento natural (Trouillard *et al.,* 2024).

El objetivo de este estudio fue analizar el efecto combinado de las etapas climáticas de seca y lluvia en Cuba y la ubicación de las instalaciones cercanas a arboledas en los parámetros reproductivos de la especie cunícola.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se llevó a cabo en condiciones de crianza convencional en dos instalaciones cunícolas abiertas (A y B) con techo de dos aguas y ubicadas en terreno alto con orientación norte-sur y se constató en la instalación A en comparación a la B, una circulación de aire más eficaz favorecido por la ubicación más cercana a la influencia de arboledas.

El período analizado fue comprendido para cuatro etapas medioambientales de las cuales la 1 y 2 corresponden a la época de seca (octubre a marzo) con condiciones de invierno y fotoperiodo decreciente que es más acentuado en la primera (octubre a primera quincena de enero) y menos en la segunda (segunda quincena de enero a marzo). Las etapas 3 y 4 conciernen a la estación de lluvia (abril a septiembre) con fotoperiodo creciente y altas temperaturas con humedad relativa elevada que repercuten con mayor intensidad en los meses de julio a septiembre.

Reproductores Híbrido de Nueva Zelanda Blanco y Semigigante Blanco Cubano se utilizaron en esta investigación cuya edad fue de un año. Se eligió el ritmo reproductivo semi-intensivo para el cual se aplicó el manejo en banda con ciclo de 6 semanas con la conformación de 6 grupos de reproductoras que se distribuyeron 20 por grupo para un total de 120 reproductoras y 12 sementales en cada instalación.



Análisis estadístico

Se realizó análisis de varianza multivariado. El test de Hotelling fue utilizado para analizar la interacción del efecto de la ubicación de las instalaciones y las etapas de las estaciones de seca (1 y 2) y lluvia (3 y 4) en el comportamiento de la fertilidad real (%), tamaño de camada al nacimiento por parto y viabilidad (%) en la etapa nacimiento-destete. Se realizaron 52 observaciones para cada instalación que corresponden a 13 para cada etapa. El nivel de significancia al que se rechazó la hipótesis nula fue α = 0.05. Los datos se analizaron en el sistema INFOSTAT según Di Rienzo *et al.* (2012).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 1, se evidenció que hubo diferencias estadísticas significativas (P<0,0001) entre las instalaciones y las etapas donde los índices reproductivos fueron superiores en la instalación A y la mayor interacción con respecto al comportamiento del tamaño de camada al nacer por parto, se alcanzó en la etapa 3 en la que el índice de fertilidad real fue más elevado y no difirió con la instalación B debido a que la temperatura ambiental no está por encima de los 30 grados Celsius unido al efecto del fotoperiodo creciente que según lo patentizado por Rebollar *et al.* (2023), son condiciones para un balance hormonal que repercute de manera positiva en el incremento de la fertilidad y en la tasa de ovulación y por ende en el tamaño de camada al nacer por parto.

Tabla1. *Efecto de las etapas medioambientales e instalaciones en el comportamiento de la fertilidad real (%) y tamaño de camada al nacimiento por parto.*

Indicadores	**Fertilidad real (%)**		**Tamaño de camada al nacimiento por parto**	
Instalaciones / **Etapas**	**A**	**B**	**A**	**B**
1	81,71^{e}	76,01^{a}	5,60^{d}	5,19^{a}
2	86,34^{b}	81,47^{e}	6,52^{bc}	5,58^{d}
3	95,92^{d}	96,29^{d}	6,57^{c}	6,39^{b}
4	79,55^{e}	70,92^{c}	5,52^{d}	5,12^{a}
Significación	P<0,0001			

Medias con diferentes letras en la misma columna difieren significativamente

Es preciso destacar la ubicación de la instalación A cercana a arboledas que ha contribuido a atenuar la alta intensidad de calor en la etapa 4 cuyo efecto ha sido menor en la depresión en los indicadores debido al estrés calórico referido por Belabbas *et al.* (2023), ya que la influencia de los árboles ha sido vital en ofrecer sombra y favorecer las circunstancias medioambientales óptimas para un bienestar (Trouillard *et al.,* 2024) que como lo han definido Fortun-Lamothe *et al.* (2022), es de gran importancia para que los animales puedan expresar su comportamiento adecuado que en los conejos en la etapa nacimiento-destete, es la producción lechera con la consiguiente actividad de lactación de la coneja de manera de asegurar la supervivencia de los gazapos por lo que se ha favorecido el comportamiento de la viabilidad (tabla 2) en la que también se ha constatado diferencias estadísticas significativas (P<0,0001) entre las instalaciones y las etapas donde la mayor interacción se ha logrado en la instalación A en la etapa 2 y el índice más alto en la 3 que esta última no difirió con la 2, ni tampoco se evidenció entre las instalaciones.

Estudios recientes efectuados por Norton and Cambra (2025), han estado encaminados a la agroforestería y alojamiento idóneo con el objetivo de proporcionar un medio ambiente óptimo a los conejos que asegure menor exposición a factores estresantes como condición de garantizar un estado de salud y bienestar adecuado para lograr alta productividad.

Tabla 2. *Efecto de las etapas medioambientales e instalaciones en el comportamiento de viabilidad (%) en la fase nacimiento-destete.*

Indicadores	Viabilidad (%)	
Instalaciones	A	B
Etapas		
1	80,94^{c}	73,57^{b}
2	85,68^{d}	79,69^{c}
3	86,75^{d}	85,38^{d}
4	79,76^{c}	70,69^{a}
Significación	P<0,0001	

Medias con diferentes letras en la misma columna difieren significativamente

CONCLUSIONES

Se concluye que la ubicación de las instalaciones cercanas a arboledas, ha contribuido a la mejora de los resultados reproductivos en la especie cunícola sobre todo en atenuar los impactos medioambientales de las altas temperaturas en la etapa más calurosa del año en la que los indicadores son más bajos por lo que se recomienda evaluar el terreno idóneo para el establecimiento de la crianza de conejo en condiciones de clima tropical de Cuba.

BIBLIOGRAFÍA

Belabbas, R., Ezzeroug, R., García, M.L., Berbar, A., Zitouni, G., Talaziza, D., Boudjella, Z., Boudahdir, N., Dis, S., Argente, M.J. 2023. Prenatal factors affecting the probability of survival between birth and weaning in rabbit 31, 11-20.

Belabbas, R., Ezzeroug, R., García, M.L., IIès, I., Ainbaziz, H., Argente, M.J. 2023. Environmental and genetic factors affecting litter size components in rabbit 31, 117-131.

Di Rienzo, J. A.; Casanoves, F.; Balzarini, M. G.; Gonzalez, L; Tablada, Margot & Robledo, C. W. *InfoStat versión 2012*. Argentina: Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. http://www.infostat.com. Ar, 2012.

Fortun-Lamothe, L., Collin, A., Combes, S., Ferchaud, S., Germain, K., Guilloteau, L., Gunia, M., Lefloch, N., Manoli, C., Montagne, L., Savietto, D. 2022. Principes, cadre d'analyse et leviers d'action à l'échelle de l'élevage pour une gestion intégrée de la santé chez les animaux monogastriques 35, 307-326

Norton, T., López, M.C. 2025. Challenges and opportunities for precision livestock farming applications in the rabbit production sector 33, 127-138.

Rebollar, P. G., Álvarez, M.A., Lorenzo, P.L., García, R.M. 2023. Managing sexual receptivity and ovulation induction in rabbit does evidence from recent research 31, 77-92.

Trouillard, M., Bosshard, S., Derbez, F., Desaint, B., Dufils, A., Mesbahi, G. 2024. L'agroforesterie: atouts et points de vigilance pour répondre aux défis de l'élevage bio 37, 68-74.





IP-26. Evaluación productiva y resiliente de la finca silvopastoril La Marina

M. Rodríguez Donet[*] *e I. Saavedra Salazar*

Productores finca La Marina Jimaguayú, Camagüey, Cuba.

[*]Correspondencia a: mayelinrd93@gmail.com

RESUMEN

La finca La Marina, constituye un referente en la diversificación y resiliencia de la producción agropecuaria. Durante los últimos cinco años se ha evaluado el desempeño económico-productivo de la finca, considerando todos los indicadores de la ganadería y los cultivos varios en el contexto de la implementación de varios modelos de silvopastoreo. La introducción de tecnologías limpias, el desarrollo de proyectos forestales y la participación en iniciativas internacionales y nacionales como Prolaif, VLIR y la introducción de variedades de caña de azúcar para forraje han permitido mejorar la masa ganadera, el bienestar animal y la economía familiar. El acompañamiento técnico y financiero de FONADEF y SEF-ACTAF ha sido fundamental para fortalecer la sostenibilidad y la soberanía alimentaria de la finca.

Palabras clave: *silvopastoreo, agroecología, bienestar animal, proyectos internacionales, manejo forestal, FONADEF, SEF-ACTAF*

INTRODUCCIÓN

La finca La Marina está ubicada en la carretera Santa Cruz del Sur km 23, Contramaestre, en el municipio Jimaguayú, provincia Camagüey, cuenta con una superficie total de 161.04 hectáreas, de las cuales 140.54 ha a la ganadería, 16.0 ha se destinan a cultivos varios y 4.5 ha son de superficie no agrícola, acuosa e instalaciones, incluyendo un arroyo y cuatro pequeños embalses que aseguran el abasto de agua a la ganadería y cultivos.

La finca ha diversificado sus producciones en busca de sostenibilidad y en respuesta a las necesidades del país, implementando la política de soberanía alimentaria del territorio y el autoabastecimiento. Además de la ganadería bovina, se desarrollan la producción equina, ovina, porcina y avícola, así como el cultivo de viandas y granos como plátano, yuca, ñame, maíz, frijoles, arroz y boniato, con el objetivo de autoabastecimiento familiar, animal y comunitario. El empleo del silvopastoreo el uso de tecnologías limpias, como son los paneles solares, biodigestores, molino de viento, además de sistema de enfriamiento para la leche, cerca eléctrica y dispositivos de ganadería de precisión combinado los saberes tradicionales con las nuevas tecnologías y la participación activa de la familia, ha sido clave para la diversificación, la resiliencia y la integración de producciones animales y vegetales, consolida a la finca como un referente local para la seguridad alimentaria y el desarrollo rural sostenible.

También participa en procesos de formación territorial e innovación local con fuerte participación familiar, enfoque de género y proyección intergeneracional. Este trabajo resume los logros productivos y sociales alcanzados, destacando el papel transformado en la resiliencia frente al cambio climático y en el desarrollo rural.

DESARROLLO

Integración Árboles- Ganadería

El silvopastoreo se ha consolidado como la principal estrategia de integración en la finca, utilizándose por más de 15 años, integrando pastos naturales con especies forestales promoviendo la siembra de postes vivos, árboles aislados para la sombra del ganado, el pastoreo de cerdos en los palmares, mientras en los últimos cinco años se ha el desarrollo de un sistema silvopastoril en bosques naturales financiados por el Fondo de Desarrollo Forestal (FONADEF), que ha permitido que el 75 % del área dedicada a la ganadería (120.8 ha) estén cubiertas de especies arbóreas con diferentes densidades, creando un sistema que combina la presencia de árboles, pastos y animales en una misma unidad productiva, permitiendo aprovechar los beneficios de cada componente.

La selección de especies adaptadas a las condiciones locales, la distribución estratégica de los árboles en franjas y rodales, y la rotación de potreros han sido prácticas fundamentales para el éxito del silvopastoreo, su historia reciente está marcada por la ejecución de proyectos técnicos forestales que han permitido el manejo y protección de 16.4 ha de bosques naturales, el fomento de 26.84 ha de regeneración natural de especies arbóreas que constituyen la base alimenticia para el ganado en el periodo seco, donde destacan el algarrobo, la guácima, el jobo, el ateje, la ayúa, el cedro, la palma real, el mango, el frijolillo, la ceiba, el roble, la yaba, la caña fístula, el dagame, la naranja cajera, la chirimoya, la guama, el almacigo y el anoncillo, entre otras que han permitido incrementar la cobertura forestal y contribuyen a la alimentación y protección del ganado, permitiendo incrementar la masa ganadera y mejorar el bienestar animal, el confort térmico, la eficiencia productiva y la resiliencia del sistema productivo.

Acompañamiento de FONADEF y SEF-ACTAF

El acompañamiento de FONADEF ha sido esencial para el desarrollo de los proyectos forestales y silvopastoriles. Este fondo ha proporcionado apoyo financiero y técnico para la regeneración de áreas boscosas, la diversificación productiva y la capacitación de los productores. Por su parte, SEF-ACTAF ha brindado asistencia técnica, formación y validación de buenas prácticas silvopastoriles, fortaleciendo la capacidad de gestión sostenible de la finca. La integración de estos actores ha facilitado la implementación de tecnologías limpias y el acceso a recursos para la innovación y la mejora continua.

Diferentes programas y proyectos

La finca La Marina ha participado activamente en proyectos de colaboración internacional y nacional que han fortalecido su desarrollo. Entre ellos destaca PRODEGAN, FITORED, el proyecto Agroverde Prolaif, enfocado en la resiliencia agropecuaria y el fortalecimiento de capacidades locales; el proyecto VLIR, titulado "Mejora del potencial de producción de leche de vaca a través de un programa de manejo de la salud del ganado en la región centro-oriental de Cuba", orientado a la innovación en salud animal y productividad lechera; y el proyecto nacional para la introducción de variedades de caña de azúcar promisorias como forraje, que ha diversificado la base alimentaria del ganado y mejorado la eficiencia productiva.

La finca participa en los siguientes programas:

1. Programa de ganadería vacuna
2. Programa de ganado menor
3. Programa de cultivos varios
4. Programa adelanto para la mujer (género)
5. Programa medioambiental y recursos naturales
6. Programa forestal
7. Programa de capacitación y extensión

La participación en estos programas y proyectos ha permitido la transferencia de conocimientos, la validación de buenas prácticas y el acceso a tecnologías de avanzada.

RESULTADOS

Los indicadores productivos se corresponden con las condiciones creadas para garantizar la reproducción, la natalidad, el número de vacas en ordeño y la estructura del rebaño, así como una mejora en la eficiencia y el bienestar animal que proporcionan los bosques en el contexto de la finca. Las que inciden en el incremento de las horas de consumo de alimento en áreas de pastoreo asociadas a la sombra, favorece también el trabajo del vaquero y el acceso de los animales a agua fresca, ya que las fuentes están protegidas del sol en las horas de mayor incidencia. Asimismo, la mortalidad se expresa en índices bajos y las principales causas son por accidentes, evidenciándose un incremento sostenido en la producción de leche y carne bovina, (Tabla 1.)

Tabla 1. *Resultados productivos de la finca La Marina.*

Año	Vacas en ordeño (Cbz)	Producción Total de leche (Lts)	Litros x vaca	Producción de carne bovina (Tn)
2020	53	100323	4.6	4.2
2021	58	102401	4.8	2.3
2022	51	98833	4.4	4.6
2023	51	96689	5.1	4.6
2024	53	100825	5.2	4.8



La cobertura forestal en áreas ganaderas alcanza el 75%, lo que contribuye a la conservación de la biodiversidad, la protección del suelo y la regulación del microclima. La diversificación productiva, la integración de ganado menor y cultivos varios, y la reducción del uso de insumos químicos son indicadores clave de la sostenibilidad alcanzada. La finca es reconocida como finca escuela y referencia en producción agroecológica y forestal, lo que demuestra el impacto positivo de la innovación y el trabajo colectivo.

Logros de la Finca La Marina.

1. Aplicación de materia orgánica y biofertilizantes y en buenas prácticas para el mejoramiento y conservación de suelo.
2. Intecalamiento y Rotación de cultivos.
3. Diversificación de la producción.
4. Manejo integrado de plagas.
5. Desarrollo del silvopastoreo
6. Empleo de prácticas agroecológicas
7. Implementación de Proyectos Forestales con el FONADEF
8. Lecciones aprendidas en Buenas Prácticas de Producción.
9. Mejora del bienestar animal

CONCLUSIONES

La finca La Marina trabaja con técnicas agroecológicas, empleando métodos de producción tradicionales combinados con las diferentes modalidades de silvopastoriles. Esto ha permitido una estabilidad e incremento de las producciones en el tiempo, manteniendo como producción fundamental la ganadería vinculada al bosque. El manejo de la finca se realiza con un enfoque de sistema, en el que el bosque, el hombre y sus recursos naturales están en función del desarrollo sostenible de la ganadería vacuna. La integración de programas y proyectos nacionales e internacionales, junto con el acompañamiento de FONADEF y SEF, ACTAF, centros de ciencias y universidades ha sido clave para alcanzar estos resultados y posicionar a la finca como referente de un modelo de agrosistema resiliente y sostenible. La finca la Marina no solo produce alimentos; también genera aprendizajes, valores y vínculos comunitarios. Su experiencia confirma que la soberanía alimentaria no es solo un ideal, sino un camino posible cuando se trabaja con compromiso, conocimiento y amor por la tierra.

IP-27. Impacto del programa de manejo de bosque y ganadería de la finca "El Porvenir" del municipio Najasa, Camagüey

O. M. Hernández García

Finca El Porvenir municipio Najasa, Camagüey, Cuba

Correspondencia a: hernandezoreste3@gmail.com

RESUMEN

Este informe expone los resultados de la implementación del sistema silvopastoril en áreas de bosques naturales de la finca El Porvenir, ubicada en Najasa, Camagüey, dedicada principalmente a la producción de leche y carne bovina. Durante la última década, la finca ha integrado árboles, pastos y ganado en un enfoque productivo apoyado por FONADEF y otros programas. Esta transición ha permitido alcanzar una cobertura forestal significativa, lo que ha repercutido favorablemente en el bienestar animal, la productividad y la sostenibilidad ambiental. Entre 2020 y 2024, los registros muestran un crecimiento sostenido en la cantidad de vacas en ordeño, la producción de leche y carne y la erradicación de la mortalidad animal. Además, la finca ha fortalecido la resiliencia frente a eventos climáticos extremos y ha mejorado la calidad de vida de la familia productora, gracias a la diversificación e innovación constante. La participación en programas de capacitación ha posicionado a la finca como modelo nacional en prácticas agroecológicas y forestales.

INTRODUCCIÓN

La finca El Porvenir, de carácter familiar, se encuentra en la carretera 6to anillo, El Jobo, Najasa, Camagüey, y su actividad principal es la producción de leche y carne bovina. En los últimos diez años, se ha desarrollado un sistema silvopastoril en toda el área destinada a la ganadería, integrando especies arbóreas, pastos naturales y ganado, en colaboración con el Fondo de Desarrollo Forestal (FONADEF). Aunque el silvopastoreo se practicaba de manera empírica y con árboles de sombra y postes vivos, desde hace más de 15 años, su aplicación sistemática y planificada es reciente. El predio abarca 130.85 hectáreas, de las cuales 90.75 están cubiertas por bosques. Un riachuelo atraviesa la finca, mejorando el microclima y el acceso al agua. La finca también ha incorporado prácticas de manejo sostenible del agua y conservación de suelos, esenciales para enfrentar la sequía y la erosión. Además, participa activamente en procesos de innovación local, formación territorial y promueve la inclusión familiar, el enfoque de género y la integración intergeneracional. Este trabajo resume los beneficios del sistema silvopastoril sobre el bienestar animal y la sostenibilidad productiva.

DESARROLLO

Descripción de la finca

El Porvenir es una unidad diversificada, donde convergen las producciones de alimentos agroecológicos y con los sistemas silvopastoriles en áreas de bosques naturales donde la producción de leche y carne bovina es la actividad central. La reciente historia de la finca está marcada por la ejecución de proyectos forestales que han permitido aumentar el hato ganadero, mejorar el bienestar animal y la eficiencia productiva, así como incorporar cultivos para el autoconsumo familiar y diversificar con ganado menor. Actualmente, el 90% del área ganadera está cubierta por árboles de distintas densidades. La sinergia con los proyectos de FONADEF y MCT ha sido clave para mejorar tanto el entorno forestal como la productividad ganadera. Se han manejados especies arbóreas nativas y forrajeras que aportan sombra, alimento y mejoran la fertilidad del suelo. Hace más de una década, la finca carecía de áreas boscosas y presentaba altos índices de mortalidad animal, situación que cambió radicalmente tras la incorporación de bosques mediante usufructo y la gestión de proyectos, logrando reducir la mortalidad a cero y aumentar la producción ganadera.

Cómo ha incorporado la finca el Silvopastoreo en áreas de bosques naturales

El silvopastoreo se ha consolidado como la estrategia central para integrar la ganadería y el bosque en El Porvenir. Este sistema combina árboles, pastos y ganado en una misma unidad productiva, maximizando los beneficios de cada componente. Los animales se alimentan principalmente de pastos naturales y, durante la estación seca, de semillas de guácima, algarrobo, hojas caídas y bejucos presentes en el área. Además, disfrutan de sombra para descansar en las horas más calurosas y de un riachuelo que proporciona agua fresca de manera constante. Se han implementado prácticas de rotación de potreros y manejo racional del pastoreo, lo que ha mejorado la regeneración del forraje y la salud del ecosistema.





Acompañamientos

El apoyo de FONADEF ha sido determinante para el desarrollo de los proyectos forestales y silvopastoriles, brindando recursos financieros y asesoría técnica para la restauración de áreas boscosas, la diversificación productiva y la capacitación de los productores. SEF-ACTAF ha complementado este proceso, proporcionando asistencia técnica, formación y validación de buenas prácticas silvopastoriles, lo que ha fortalecido la gestión sostenible de la finca. Gracias a este acompañamiento, la finca ha podido implementar sistemas de monitoreo ambiental y productivo, lo que facilita la toma de decisiones basada en datos. La colaboración entre estos actores ha facilitado la adopción de tecnologías limpias y el acceso a recursos para la innovación continua.

Diferentes programas y proyectos

La finca El Porvenir participa activamente en diversos programas y proyectos que han impulsado su desarrollo:

1. Programa de ganadería vacuna
2. Programa de ganado menor
3. Programa de mejoramiento de Suelo
4. Programa medioambiental y recursos naturales
5. Programa silvopastoril
6. Programa de capacitación y extensión

La integración en estos programas ha permitido la transferencia de conocimientos, la validación de prácticas innovadoras y el acceso a tecnologías avanzadas. La participación en redes de productores y eventos científicos ha facilitado el intercambio de experiencias y la difusión de resultados exitosos a otras fincas de la región.

Impactos del programa silvopastoril

Los resultados económicos y productivos evidencian un aumento constante en la producción de leche y carne, así como una mayor eficiencia y bienestar animal. La cobertura forestal en las áreas ganaderas alcanza el 90%, contribuyendo a la conservación de la biodiversidad, la protección del suelo y la regulación del microclima. La diversificación productiva, la incorporación de ganado menor y cultivos, y la reducción del uso de insumos químicos son indicadores clave de la sostenibilidad lograda. La finca es reconocida como finca escuela y referente nacional en producción agroecológica y forestal, lo que resalta el impacto positivo de la innovación y el trabajo colectivo. El sistema silvopastoril ha contribuido también a la mitigación del cambio climático, al aumentar la captura de carbono y reducir la huella ecológica de la producción ganadera.

Logros de la Finca El Porvenir.

1. Aumento en la tasa de natalidad.
2. Logro del 100% de natalidad en hembras aptas para reproducción.
3. Reducción de la mortalidad animal a cero en los últimos cinco años.
4. Incremento en la producción de leche y carne.
5. Mejora del peso promedio de los animales.
6. Incorporación total del área boscosa a proyectos silvopastoriles con el apoyo de FONADEF, beneficiando la economía familiar.
7. Mejora del confort y bienestar animal gracias al aumento de áreas boscosas, creando un ambiente agroecológico, resiliente y sostenible.
8. Reconocimiento por parte de instituciones provinciales como modelo de finca sostenible y resiliente.

CONCLUSIONES

La adopción del sistema silvopastoril en bosques naturales en la finca El Porvenir ha generado avances significativos en la productividad ganadera, el bienestar animal y la sostenibilidad ambiental. La cobertura arbórea y la integración de especies diversas han favorecido la conservación de la biodiversidad, la protección de los suelos y la regulación del microclima, mejorando el confort y el acceso a recursos para el ganado. El acompañamiento técnico y financiero de FONADEF y SEF-ACTAF ha sido crucial para la capacitación, la innovación y la adopción de tecnologías limpias, consolidando el enfoque agroecológico y la resiliencia productiva de la finca. La diversificación productiva y la participación en múltiples programas han fortalecido la economía familiar y posicionan a El Porvenir como modelo de referencia en ganadería sostenible en Cuba. La experiencia demuestra que la integración de prácticas silvopastoriles no solo mejora la producción, sino que también contribuye a la adaptación al cambio climático, la seguridad alimentaria y el desarrollo rural integral.

IP-28. Evaluación de un sistema silvopastoril con ceba de toros en condiciones edafoclimáticas del municipio Sierra de Cubitas Camagüey

Evaluation of a Silvopastoral System with Bull Fattening Under Edaphoclimatic Conditions in the Municipality of Sierra de Cubitas, Camagüey

O. Tejas Sánchez

Servicio Estatal Forestal Municipio Sierra de Cubitas, Camagüey, Cuba.

RESUMEN

Este estudio evaluó un sistema silvopastoril (SSP) con *Samanea saman* (Algarrobo del país) en comparación con un sistema tradicional (ST) sin árboles, para la ceba de toros en Sierra de Cubitas, Camagüey, Cuba. Los resultados demostraron que el SSP mejoró significativamente la base alimentaria, con un 10 % más de disponibilidad de materia seca y mayor calidad nutricional del forraje, incluyendo mayores contenidos de proteína bruta, calcio y potasio. El rendimiento animal fue notablemente superior, con un incremento de peso total de 24 % y un incremento medio diario de 494 g/día frente a 398 g/día en el ST. Además, el SSP generó beneficios forestales cuantificables, con una producción de madera de 5.53 m³/ha y leña de 1.4 m³/ha, así como un secuestro de carbono de 1.97 toneladas por hectárea. Económicamente, el sistema mostró una ganancia neta 68 % mayor que el tradicional, gracias a los ingresos complementarios por venta de productos forestales y el apoyo financiero de FONADEF. Se concluye que el SSP es una alternativa técnica, ambiental y económicamente viable y sostenible para la ganadería en la región.

Palabras clave: *Sistema silvopastoril, Samanea saman, productividad ganadera, secuestro de carbono, rentabilidad económica, Sierra de Cubitas*

ABSTRACT

This study evaluated a silvopastoral system (SSP) using *Samanea saman* (Rain Tree) compared to a traditional treeless system (TS) for bull fattening in Sierra de Cubitas, Camagüey, Cuba. Results showed that the SSP significantly enhanced the forage base, with a 10 % higher dry matter availability and improved nutritional quality, including higher crude protein, calcium, and potassium content. Animal performance was notably superior, with a 24 % higher total weight gain and an average daily increase of 494 g/day compared to 398 g/day in the TS. Furthermore, the SSP provided quantifiable forestry benefits, with timber production of 5.53 m³/ha and firewood of 1.4 m³/ha, along with carbon sequestration of 1.97 tons per hectare. Economically, the system achieved a 68 % higher net profit than the traditional one, due to complementary income from forest products and financial support from FONADEF. It is concluded that the SSP is a technically, environmentally, and economically viable and sustainable alternative for livestock production in the region.

Keywords: *Silvopastoral system, Samanea saman, livestock productivity, carbon sequestration, economic profitability, Sierra de Cubitas.*

INTRODUCCIÓN

La agroforestería, y en particular los sistemas silvopastoriles (SSP), se presentan como una alternativa viable para enfrentar estos retos. Estos sistemas consisten en la integración deliberada de árboles, pastos y animales en una misma unidad de terreno, generando interacciones ecológicas y económicas beneficiosas. Los árboles contribuyen al mejoramiento de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, incrementan el contenido de materia orgánica y proveen bienes (madera, frutos) y servicios ecosistémicos (sombra, secuestro de carbono, biodiversidad).

En Cuba, la inclusión de animales en plantaciones forestales gana auge como una estrategia para lograr estabilidad ecológica y productiva; aunque se han realizado diversos estudios sobre SSP, aún falta conocimiento sobre la incidencia de la plantación de *Samanea saman* (Algarrobo del país) en la productividad del pasto, el rendimiento animal, la producción forestal, los servicios ambientales y la sostenibilidad económica del sistema.

El estudio se llevó a cabo durante los años (2021-2023) en la Cooperativa Roberto Rodríguez, municipio Sierra de Cubitas, Camagüey, Cuba. Se evaluaron dos fincas dedicadas a la ceba de toros: una manejada bajo un sistema tradicional (ST) sin árboles, y otra bajo un sistema silvopastoril (SSP) establecido con la plantación de Algarrobo del país, financiado por el Fondo de Desarrollo Forestal (FONADEF).

RESULTADOS

Los hallazgos de esta investigación demuestran de manera integral las ventajas del sistema silvopastoril sobre el manejo tradicional en todos los aspectos evaluados.

En cuanto a la base alimentaria, la composición botánica del pastizal mostró una mayor presencia de especies de valor forrajero, especialmente leguminosas, en el SSP. Esto se tradujo en una disponibilidad de materia seca superior en un 10 % respecto al ST. La calidad del forraje también se vio beneficiada; el análisis bromatológico reveló que las gramíneas



asociadas a los árboles en el SSP presentaron un mayor contenido de proteína bruta, calcio (Ca) y potasio (K) en comparación con las del sistema tradicional. Esta mejora en la cantidad y calidad del alimento disponible es la base de los mejores resultados productivos obtenidos.

El rendimiento animal fue el indicador más elocuente. Los toros criados en el SSP registraron un incremento de peso total de un 24 % respecto a los del ST. El incremento medio diario (IMD) fue de 494 gramos/día en el SSP, frente a 398 g/día en el tradicional. Esta diferencia de casi 100 g/día por animal evidencia el potencial del SSP para mejorar la eficiencia de la ceba, atribuible directamente al mejor ambiente y a la superior oferta nutricional proporcionada por el sistema integrado.

Además de la producción animal, el SSP generó beneficios forestales cuantificables, el Algarrobo del país reportó un volumen de madera de 5.53 m^3/ha, una producción de leña de 1.4 m^3/ha. Estos productos adicionales representan una fuente de ingreso complementaria que no existe en el ST, el cual se limita únicamente a la producción de carne.

Desde el punto de vista ambiental, el SSP mostró una capacidad significativa de secuestro de carbono, calculada en 1.97 toneladas de carbono por hectárea. Este valor, obtenido solo con la biomasa leñosa (sin considerar follaje y raíces), subraya el papel crucial de estos sistemas en la mitigación del cambio climático y en la generación de servicios ecosistémicos valiosos.

La evaluación económica sintetiza todas estas ventajas. Aunque el SSP incurrió en costos iniciales de limpieza y preparación de las áreas para la plantación de árboles, sus manejos y protección fueron financiados en su totalidad por el FONADEF, además de bonificados hasta un 30 % por la calidad del trabajo. Esto, combinado con una mayor producción animal y los ingresos por la venta de madera y leña, generó ingresos totales muy superiores; en consecuencia, la ganancia neta del SSP superó en un 68 % a la del sistema tradicional, demostrando una rentabilidad económica notablemente superior a medio plazo.

CONCLUSIONES

El estudio permitió concluir que la implementación de un sistema silvopastoril con *Samanea saman* en las condiciones edafoclimáticas de Sierra de Cubitas, Camagüey, ejerce un efecto marcadamente positivo sobre la productividad del ecosistema. Este se manifiesta en una mayor cantidad y calidad del pasto disponible, lo que sustenta una mejora significativa en el rendimiento productivo de los toros (mayor peso final e incremento medio diario). Asimismo, el financiamiento del FONADEF y beneficios adicionales generados por la producción de madera y leña, además del valioso servicio ambiental prestado mediante el secuestro de carbono. La integración de estos componentes resulta en un impacto económico muy superior al del sistema tradicional de pastoreo, confirmando que el sistema silvopastoril constituye una alternativa técnica, ambiental y económicamente viable para la ceba de toros en la región, representando un modelo más sostenible y resiliente para la ganadería.

IP-29. Beneficios de la dinámica ecosistémica en una finca diversificada asociada al MBGI, en Jimaguayú, Camagüey

Benefits of ecosystem dynamics on a diversified farm associated with the FMLIF, in Jimaguayú, Camagüey

R. González-Sivilla[1]; I. E. Méndez Santos[1]; L. Bacallao González[2]; R. Sanz Otero[2] y J. C. Figueroa Sánchez[3]*

[1]Universidad de Camagüey Ignacio Agramonte Loynaz

[2]Finca La Liliana

[3]Empresa Nacional para la Protección de la Flora y la Fauna

[*]Correspondencia a: roeris1976@gmail.com

ABSTRACT

The study, which stems from a technical project for the research, study, and monitoring of wild flora and fauna at La Liliana farm, Jimaguayú municipality, aims to assess relationships within the ecosystem dynamics among the plant formations identified on the farm, which positively impact its comprehensive management. In the 55.47 ha study area, nine plant formations are defined, four of them with silvopastoral functions. Brown carbonate soils predominate, with the humic variant (black rendzina) appearing to the north. The farm has two micro-reservoirs dependent on a seasonal stream. Linear path was used, using segments as transects, techniques described in the PROALAS protocol, and collection of samples and photographs of flora and fauna. For taxon identification, observations were compared with materials from scientific collections, descriptions, keys, specialized sound recordings, and expert consultations. Ecological similarity was determined using the free software Past, version 5.2.1. The interactions between natural processes and agricultural practices, such as pollination, spontaneous seed transport, biological control, contour lines management, and agrochemical-free cultivation practices, were assessed, as well as the benefits they provide for the effective management of similar production systems. It is evident that the combination of agroecological practices, primarily productive diversification, silvopasture, forest conservation, and the promotion of organic production, is generating positive synergies of high relevance to agricultural sustainability on the selected farm.

Palabras clave: *silvopastoreo*, *servicios ecosistémicos, agroecología, conservación de bosques*.

Keywords: *silvopasture*, *ecosystem services, agroecology, forest conservation*.

INTRODUCCIÓN

Las granjas que integran comunidades boscosas, ya sea que su origen se ubique en procesos naturales o en el cultivo intencional de especies forestales, junto con otras comunidades que resulten de las sucesiones ecológicas normales, entre las que pueden estar las formaciones herbáceas y/o arbustivas, con especies ruderales y segetales que van ocupando los terrenos no cultivados, aquellas asociadas a cuerpos de agua, como estanques, ríos y arroyos o las que el hombre dedica a la actividad productiva agrícola, considerando siempre la fauna que se desarrolla en estrecho vínculo con los elementos vegetales que tipifican a cada ecosistema individual, representan verdaderos laboratorios vivos de resiliencia ecológica. En tales sistemas, la interacción entre procesos naturales y prácticas agropecuarias sustentables—como el silvopastoreo, la agricultura libre de agroquímicos y el manejo de curvas de nivel—genera un flujo constante de servicios ecosistémicos que benefician tanto a la biodiversidad como a la producción. Un ejemplo de lo que se expresa con anterioridad es posible encontrarlo en la finca La Liliana, que se ubica en el municipio Jimaguayú, al sur de la ciudad de Camagüey.

La entrega en usufructo de los terrenos que ocupa la finca La Liliana, se efectuó en 2011 en virtud del Decreto Ley 259/2008, se ratificó luego bajo el Decreto Ley 300/2012 y más recientemente según el Decreto Ley 358/2018. Los productores que asumieron su administración se proyectaron, a la par de la subsistencia y comercialización, por apoyar a grupos vulnerables de la sociedad, la búsqueda incesante de la diversificación productiva y la implementación de acciones de conservación de la agrobiodiversidad.

En el presente trabajo forma parte de un proyecto de estudio y monitoreo de flora y fauna silvestre de esta finca, financiado por el Servicio Estatal Forestal. Como objetivo, se dirige la presente investigación a valorar algunas relaciones que se establecen dentro de la dinámica ecosistémica entre las formaciones vegetales identificadas en La Liliana, que impactan positivamente en la gestión integral de la finca.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio se ubica a unos 18 km al sur del centro de la ciudad de Camagüey, con una extensión aproximada de 55,47 ha. Predominan en el terreno los suelos del tipo pardo sin carbonatos, manifestándose un breve afloramiento de calizas (15 ha) al norte, sobre el cual se yergue un bosque semideciduo, donde aparece la variante húmica carbonatada (rendzina negra). En dirección sur y suroeste, tomando como referencia el bosque semideciduo, existen dos pequeños embalses estacionales, dependientes de un arroyo de igual naturaleza, que es un afluente del rio Guareao.



En el espacio objeto de análisis es posible diferenciar nueve formaciones vegetales (Méndez, González, Bacallao, Sanz & Figueroa, 2024), clasificadas según criterios de autores como Braun (1979) y Capote & Berazaín (1984). 1) Bosque semideciduo mesófilo: se trata de un relicto de la vegetación original existente antes de que esta zona fuese deforestada para su uso en la ganadería y más al sur en la agricultura, fundamentalmente cañera. 2) Bosque de galería: establecido en las márgenes de un arroyo estacional. 3) Bosque secundario: constituido por espacios que, al no ser utilizados con frecuencia en la actividad agrícola, fueron ocupados por árboles jóvenes, una parte significativa como resultado de la dispersión del germoplasma de especies del bosque semideciduo. 4) Formaciones arbóreas: comprende espacios donde confluyen especies arbóreas con arbustos y herbáceas, de gran utilidad en el silvopastoreo por los sectores de sombra que favorecen el descanso y la actividad de rumia del ganado. 5) Matorral secundario: espacios con predominancia de vegetación arbustiva, adyacentes a los bosques y arboledas. 6) Sabana antrópica: extensión de terreno donde predominan especies herbáceas, aunque pueden aflorar algunos arbustos y que tiene su origen en el desmonte de la vegetación original durante la conversión del antiguo ecosistema natural en agrosistema y las labores regulares de deshierbe que se realizaron luego para pastizales o cultivos. 7) Formación ruderal: espacios que han sido altamente antropizados para su uso agrícola u otras actividades y como resultado presentan un suelo más erosionado, que es ocupado por especies, generalmente herbáceas o arbustivas, resistentes y con rango elevados de adaptabilidad. 8) Formación segetal: referida a aquellas especies oportunistas que crecen entre los cultivos o, como se observó en este caso, en los campos que han sido cosechados y por determinadas razones permanecen algún tiempo sin volver a plantarse. 9) Agrosistema: es la zona propiamente dedicada, en activo, a una amplia variedad de cultivos.

Se utilizó la técnica del recorrido lineal (Mancina y Cruz, 2017), haciendo coincidir algunos segmentos de unos 100 m de largo, como transectos. Para las aves se aplicó parcialmente el protocolo de PROALAS (Ruiz, *et al.*, 2020). Se tomaron muestras y fotos de flora y fauna. La identificación se hizo preliminarmente "de visu", corroborada por comparación con especímenes de colecciones científicas, descripciones, claves analíticas, imágenes, asumiendo la taxonomía de las plantas por Greuter & Rankin (2022) y registros sonoros que aparecen en catálogos especializados del Laboratorio de Ornitología de la Universidad de Cornell (<https://ebird.org>), así como la consulta a expertos. Se consultó un número importante de obras para los criterios taxonómicos (Barros, *et al.*, 2009; Borroto & Mancina, 2011; Espinosa, Ortea & Larramendi, 2009; GBIF, 2024; González, 2002; IUCN, 2024; Mancina, Nuñez & Neyra, 2020; Rodríguez, *et al.*, 2022; Rodríguez, 2003; Sánchez, 2001; Torres & Cuervo, 2019; Torres, *et al.*, 2017; Viña, *et al.*, 2011). Se determinó similitud ecológica, mediante el cálculo del índice de Jaccard, graficado en dendrogramas, con el empleo del software libre Past, versión 5.2.1 (Hammer, 2025).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La biota identificada asciende a un total de 277 especies de plantas, clasificadas en 85 familias y 230 géneros, mientras que de la fauna se reportan 119 especies, agrupadas en 7 clases y 54 familias. Del total de plantas, 177 (64%) son espontáneas, mientras que 100 (36%) son plantas cultivadas; poseen porte arbóreo 44 especies (15,8%), 66 (23,8%) tienen porte arbustivo y las restantes 167 (60,3%) se distinguen por algún porte de dimensiones inferiores. La distribución por de las especies se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. *Distribución de las especies de plantas y animales, según las formaciones vegetales donde fueron observadas.*

Formaciones vegetales	Especies vegetales observadas	Especies animales observadas	Observadas por formación
Bosque semideciduo	62	85	147
Bosque de galería	29	89	118
Formación arbolada	31	87	118
Bosque secundario	63	85	148
Matorral secundario	66	83	149
Sabana antrópica	98	61	159
Formación ruderal	80	68	148
Formación segetal	54	70	124
Agrosistema	99	70	169
Total observadas	582	698	1280

Son endémicos 4 taxones vegetales y 34 taxones de animales. Hay 141 especies de plantas indígenas y 69 son plantas naturalizadas, mientras que 24 especies vegetales y 3 animales son catalogadas como exóticas invasoras.

Que las cifras observadas superen ampliamente el total de especies identificadas (396) hasta el momento de este estudio (se supone que puede crecer esta cifra entre un 25 y un 30% en la medida que continúen los muestreos), es un hecho cuya causa está en que algunas especies son comunes a varias formaciones, ya sea por estar establecidas en ellas o por transitar en determinados horarios del día en busca de determinados recursos, principalmente alimento y agua. Esta situación indica una conectividad ecológica significativa, con implicaciones en la dinámica de las comunidades involucradas.

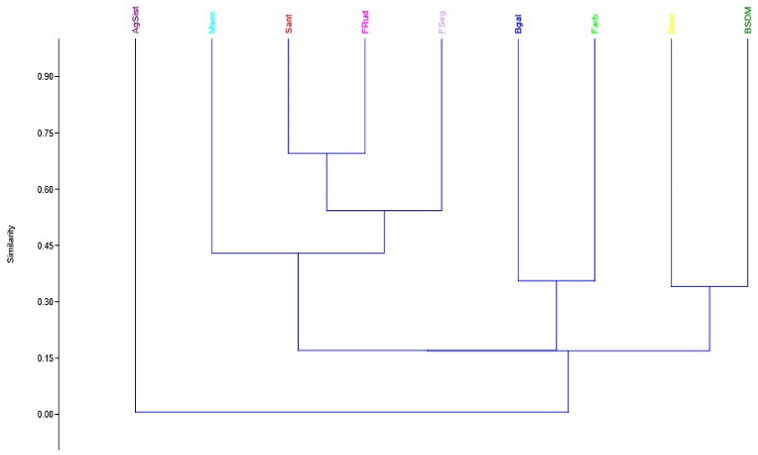


Figura 1. *Dendrograma de similitud entre formaciones vegetales, atendiendo a la composición florística.*

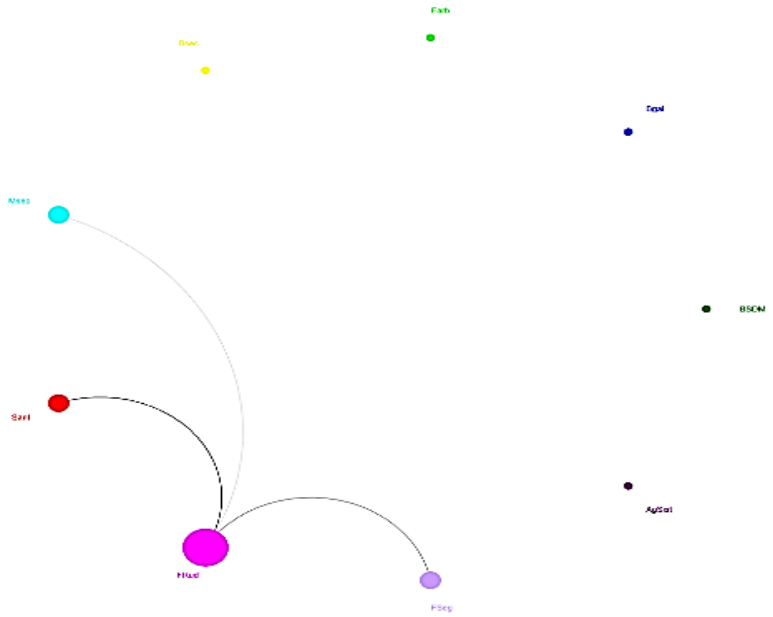


Figura 2. *Gráfico de red circular que representa relaciones entre formaciones vegetales, según la composición florística.*

SILVOPAT – 2025 | ICA | ISBN: 978-959-7171-88-1 | Cu-ID: https://cu-id.com/book/978-959-7171-88-1

Para tener una mejor perspectiva cuantitativa de este fenómeno, se calculó la similitud ecológica entre las formaciones vegetales, atendiendo por separado a la presencia de plantas y a la de animales, en el sentido que se explica anteriormente. Para ello se ha recurrido al índice de Jaccard y los datos obtenidos, se representan en forma de dendrogramas y gráficos de redes circulares.

En el caso de la similitud entre formaciones vegetales, centrada en la presencia de especies de plantas, se asume como criterio, que valores del índice de Jaccard entre 1,0 y 0,70, están en un rango alto de similaridad; el rango medio está definido por valores menores de 0,70 hasta 0,5, el rango bajo por valores menores de 0,5 hasta 0,25 y por debajo de este, se considera un rango muy bajo (Magurran, 2004; Legendre & Legendre, 2012). Se aprecia que, para La Liliana, las distancias más cercanas, expresadas entre la sabana antrópica y las formaciones ruderales, con 0,6952, está en el rango de similaridad media, mientras que la mayor parte de los índices están entre 0,5952 (media) y 0,1645 (muy baja) (Fig. 1 y 2). Los resultados obtenidos son congruentes con una de las características que tipifican al área de estudio, que es su amplia diversificación en la utilización del suelo.

Puede resultar una contradicción, pero esta diversificación vegetal, que favorece en proporción directa la diversificación de los elementos faunísticos; al aumentar las posibilidades de ejecución de los nichos trófico, espacial y reproductivo, etc., facilita también la movilidad de las especies animales y por ende la presencia común en varios de estos ecosistemas, durante la ejecución principalmente del nicho trófico.

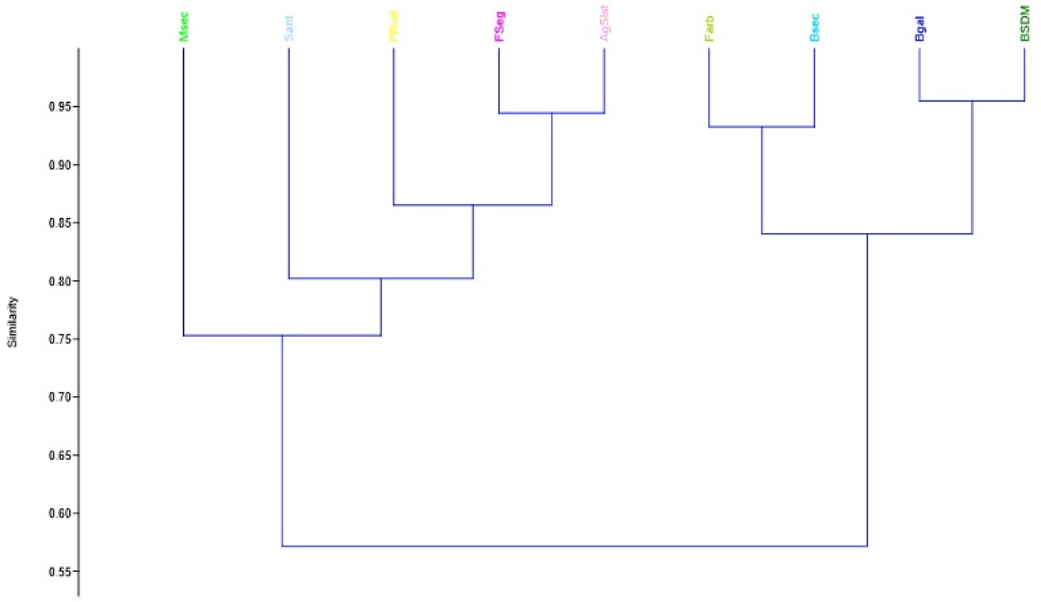


Figura 3. *Dendrograma de similitud entre formaciones vegetales, atendiendo a la composición faunística.*

Así lo confirman los elevados índices de similitud obtenidos entre formaciones vegetales según la presencia de especies de la fauna. En este otro caso, solo dos índices se ubican en el nivel medio, el que se establece entre la agrupación conformada por las formaciones donde predominan elementos arbustivos y herbáceos y la agrupación conformada por las formaciones donde predominan los elementos arbóreos, con un valor de 0,5744, mientras que todos los restantes índices están entre 0,9550 y 0,7191(Fig. 3 y 4).

En estos gráficos se hace evidente la existencia de una interacción significativa desde la composición que manifiesta la fauna en las comunidades que se establecen en la Liliana. Para hacerlo más visible, pero con otra perspectiva, se decidió graficar las relaciones, desde la coincidencia espacial de las especies de animales (Fig. 5).

Esta composición permite una elevada conectividad ecológica, al favorecer la movilidad de especies que actúan como polinizadores, dispersores de semillas, controladores biológicos, etc.

Es de destacar que las especies que más influyen en este sentido, están incluidas en las familias Libellulidae, Nymphalidae, Pieridae, Apidae y Cabronidae, de la clase Insecta, la familia Dactyloidae, de la clase Reptilia, así como las familias Columbidae, Cuculidae, Trochilidae Ardeidae y Tyrannidae, Cathartidae, Picidae, Mimidae, Thraupidae, Turdidae, Parulidae e Icteridae, de la clase Aves.

La actividad de polinización, es esencial para especies de angiospermas dioicas, diclino-monoicas o donde se den fenómenos como la dioecia, la hercogamia, la heterostilia o la autoincompatibilidad.

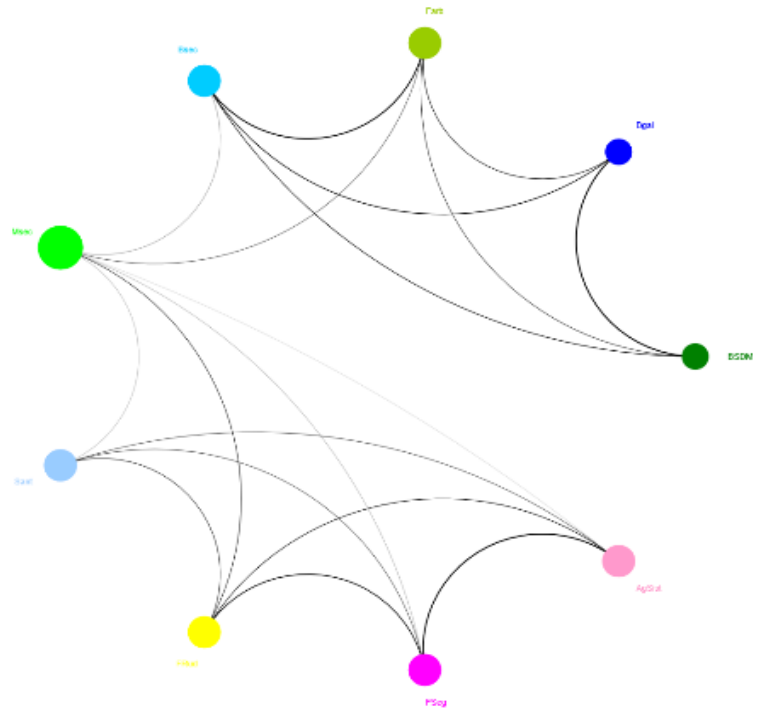


Figura 4. *Gráfico de red circular que representa relaciones entre formaciones vegetales, según la composición faunística.*

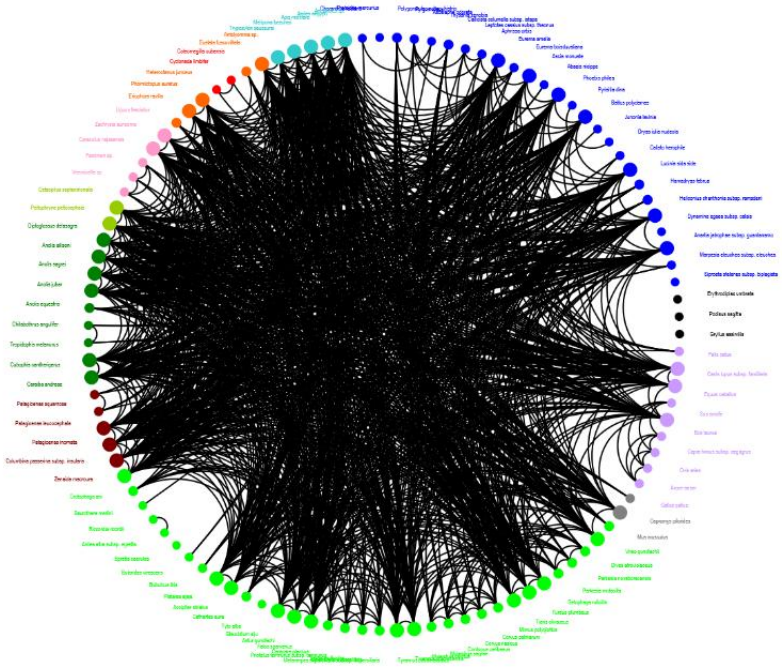


Figura 5. *Gráfico de red circular que representa las relaciones entre especies de la fauna, atendiendo a su coincidencia espacial en las formaciones vegetales.*

Muchos de los géneros de angiospermas, representados en La Liliana, dependen de este mecanismo para la fructificación y la presencia de abejas, avispas, lepidópteros y zunzunes, fundamentalmente, hace posible la renovación reproductiva y la dispersión de los vegetales no cultivados, especialmente los nativos, así como mayor eficiencia para la obtención de frutos y semillas de calidad en los cultivares. De igual modo, la diversidad floral en bordes de cultivo y áreas silvopastoriles sostiene poblaciones saludables de polinizadores. Se debe señalar que, en el caso de la lepidofauna, algunas de las especies actúan también como depredadores de plantas, que utiliza como hospederas en la etapa larval (Guerra, Méndez, Ávila, González & Tellez, 2024; Guerra, Méndez, Ávila & González, 2024), pero la presión de depredadores, como *Tyrannus dominicensis*, o los representantes del género *Anolis*, evita que constituyan un problema.

La dinámica reproductiva de los árboles y arbustos en estas áreas, permite además disponer de parte de la biomasa que consume el ganado, con un aporte importante de vitaminas y minerales beneficiosos para el mantenimiento de su salud y de índices productivos favorables.

Es precisamente el ganado, un elemento clave en la dispersión de semillas. Al hablar del silvopastoreo en La Liliana, pareciera tratarse de un área específica dedicada a ese fin. En cambio, el ganado vacuno tiene una amplia movilidad en el forrajeo, que excluye solamente los agrosistemas (Fig. 6).

Ello implica que se convierten en vectores para el intercambio de semillas entre el bosque semideciduo (favoreciendo la dispersión de especies autóctonas y por ende brindando un servicio a la conservación) y las restantes formaciones. Es evidente y necesaria, además, la vigilancia sistemática sobre las plantas identificadas y reconocidas como exóticas invasoras.



Figura 6. *Ganado vacuno en la actividad de forrajeo. A la izquierda en un matorral secundario y a la derecha en uno de los extremos del bosque semideciduo mesófilo.*

En este particular, entran a jugar también su papel otros dispersores de semillas. Especies como *Crotophaga ani* y *Mimus polyglottos* consumen frutos y dispersan semillas, regenerando áreas degradadas. Las formaciones arbóreas aisladas, funcionan como soportes y refugios, facilitando la dispersión a larga distancia. La interacción que se establece entre las comunidades deberá tener un efecto a largo plazo en la elevación de sus índices de diversidad ecológica y los servicios ecosistémicos que puedan proveer.

En la medida que aumentan en una comunidad los niveles de diversidad, se incrementa la afluencia de agentes biológicos perjudiciales, tanto por ser causantes directos o vectores de enfermedades, como por constituir parásitos y depredadores voraces de las plantas. Pero la misma causa que puede facilitar esto, trae consigo soluciones basadas en la naturaleza, pues también se dan condiciones más favorables para el asentamiento de los controladores naturales de las poblaciones de organismos perjudiciales.

Así se va concretando otra dimensión de la dinámica ecológica en el área estudiada, que, desde la perspectiva antrópica, va a depender de que las acciones de gestión de la tierra, no entorpezcan la progresión natural, en lugar de introducir de manera sistemática productos, tecnologías y procedimientos dirigidos a potenciar artificialmente determinados procesos en el sistema productivo o determinadas especies, pero siempre con un saldo a corto y a largo plazo en el resto del sistema.

Ejemplos del control biológico basado en la naturaleza, hay varios en La Liliana, pero se pueden señalar algunos que van, desde los muy conocidos hasta otros que casi pasan desapercibidos. Entre los casos connotados, están las mariquitas, *Coleomegilla cubensis* y *Cycloneda limbifer*, que controlan activamente las poblaciones de áfidos y pulgones y que han sido objeto de números estudios y de experiencias exitosas en Cuba y otras regiones. Otro caso bastante conocido en la silvicultura, es el del carpintero jabado, *Melanerpes superciliaris* depredador de insectos coleópteros en su etapa larval, que causan grandes estragos en ecosistemas arborícolas por la dieta xilófaga de estas larvas. Entre los menos visualizados, es válido mencionar al sinsonte, *Mimus polyglottos*, que se alimenta del gusano cogollero, una

importante plaga que ataca el cultivo del maíz, al igual que el chinche *Podisus sagitta*, algo más conocido. El ave denominada popularmente como candelita, *Setophaga ruticilla*, se alimenta también de insectos áfidos que afectan a varias especies vegetales. Igual puede hacerse mención de *Tyrannus caudifasciatus* y *Butorides virescens*, que regulan poblaciones de insectos y pequeños roedores. La vegetación ruderal y segetal alberga arañas y hormigas que controlan plagas agrícolas.

No solo es importante que los productores agropecuarios se abstengan de intervenir en el curso normal de la naturaleza. La eliminación del uso de agroquímicos es de gran relevancia para que polinizadores y controladores biológicos y hasta los microorganismos formadores del suelo, puedan existir apropiadamente. Esta práctica agroecológica, que va ganando fuerza en el mundo, tiene un valor significativo en la finca que se estudia. Las alergias alimentarias de las personas con celiaquía, pasan también por el consumo de alimentos que no hayan sido tratados con productos químicos como los herbicidas e insecticidas que tradicionalmente se emplean. Muchos agroquímicos, tienen como propaganda a su favor que se inactivan o descomponen, pasado un tiempo determinado, por la radiación solar, pero cuando se aplican por dispersión aérea con avionetas, es difícil evitar que sean afectadas zonas boscosas o arboledas cercanas a los cultivos, donde la sombra de los árboles limitaría la acción solar y podría causar intoxicaciones en los animales que lo habitan.

El bosque semideciduo mesófilo, ubicado en la zona de mayor elevación de la granja, actúa como un reservorio y distribuidor clave de materia orgánica hacia las áreas bajas (cultivos, pastizales, bosque de galería) durante eventos de lluvia (Fig. 7).

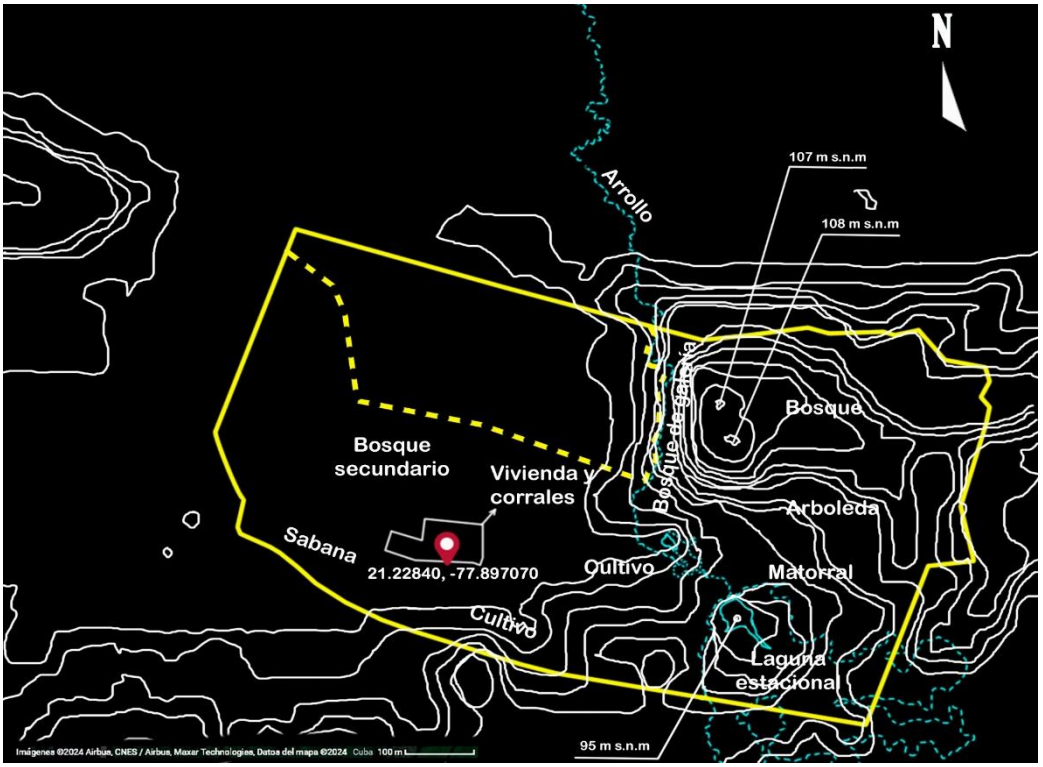


Figura 7. *Representación aproximada de las curvas de nivel en el terreno ocupado por la finca La Liliana. Elaboración propia mediante edición de recursos gráficos del sitio Mapa Topográfico Gratuito, producto derivado del Proyecto OpenStreetMap con datos de TessaDEM.*

Su dinámica se explica mediante los siguientes procesos:

- Producción y acumulación de materia orgánica en el bosque, que es consecuencia de la alta productividad de hojarasca, por los árboles semideciduos que pierden parcialmente su follaje en épocas secas, generando una capa gruesa de hojas, ramas y frutos en descomposición.

- La riqueza de especies vegetales, particularmente de árboles nativos, que aportan hojas con diferentes tasas de descomposición, enriqueciendo el suelo con nutrientes (N, P, K).

- La intensa actividad microbiana, por la humedad retenida por el bosque, que acelera la descomposición de la hojarasca, formando humus estable.

- El transporte de materia orgánica por escorrentía y gravedad, pues durante las lluvias, el agua arrastra material orgánico desde la zona alta hacia las áreas bajas mediante la escorrentía superficial o el movimiento por gravedad.

- Los beneficios para las zonas bajas, con el aporte de materia orgánica desde el bosque alto tiene impactos directos en la fertilidad de suelos agrícolas y pastizales, mejora la estructura del suelo, aumenta la porosidad y retención de agua.
- Nutre cultivos, libera nitrógeno y fósforo de forma gradual (evitando fertilizantes sintéticos).

Estudios recientes respaldan este proceso en ecosistemas similares, como los de Zhou et al. (2023, 2024), que demuestra que bosques en laderas aportan entre 30 y el 50% más de carbono orgánico que lo que reciben zonas bajas que áreas sin cobertura arbórea. Powers et al. (2020), Igualmente se confirma la conectividad hidrológica entre bosques y cultivos es clave para la fertilidad en paisajes tropicales (Powers & Howden, 2016).

CONCLUSIONES

Se evidencia que, la combinación de prácticas agroecológicas, fundamentalmente la diversificación productiva, el silvopastoreo, la conservación forestal y el fomento de producciones orgánicas, está generando sinergias positivas y de alta relevancia para la sostenibilidad agrícola en la finca seleccionada. Se demuestra que incluso pequeños relictos de bosque, bien gestionados, pueden favorecer una red ecológica funcional que beneficia tanto a la biodiversidad como a la producción agropecuaria, favoreciendo la biodiversidad, pero generando además ventajas económicas, productivas, ambientales, sociales y de resiliencia climática. La coexistencia entre ganadería, agricultura y conservación es posible cuando se diseñan sistemas basados en procesos naturales, no en suplantarlos. Esto debe servir de incentivo a productores que conserven fragmentos boscosos, para que repliquen las experiencias obtenidas, desde la inclusión de la investigación participativa con universidades y comunidades locales, el turismo ecológico y la educación ambiental para valorar los servicios ecosistémicos.

BIBLIOGRAFÍA

Alonso Bosch, R., & García Padrón, L. Y. 2017. Anfibios. En: C. A. Mancina y D. D. Cruz, (Eds.), Diversidad biológica de Cuba: métodos de inventario, monitoreo y colecciones biológicas, Agencia de Medio Ambiente, La Habana, pp. 348-375.

Barros-Battesti, D. M., Reyes Hernández, M., Famadas, K. M., Onofrio, V. C., Beati, L. & Guglielmone, A. A. 2009. The ixodid ticks (Acari: Ixodidae) of Cuba. Systematic & Applied Acarology 14, 101-128.

Borroto-Páez, R., & Mancina, C. A. 2011. Mamíferos de Cuba, Spartacus-säätiö / Spartacus Foundation / Sociedad Cubana de Zoología / UPC Print, La Habana-Vaasa.

Braun, B. 1979. Fitosociología. Bases para el estudio de las comunidades vegetales, Blume Ediciones, Madrid.

Capote, R. & Berazaín, R. 1984. Clasificación de las formaciones vegetales cubanas. Revista del Jardín Botánico Nacional 5, 27-75.

CornellLab of Ornithology. 2024. Página de Inicio de eBird. https://www.ebird.org

Espinosa, J., Ortea, J., & Larramendi, J. 2009. Moluscos terrestres de Cuba, Spartacus-säätiö / Spartacus Foundation / Sociedad Cubana de Zoología, La Habana-Vaasa.

Fernández García, I., Fontenla Rizo, J. L., Hidalgo-Gato, M. M, Cruz Flores, D. D., Rodríguez Velázquez, D., Neyra Raola, B., Mestre Novoa, N. & Gutiérrez Cubría, E. 2017. Insectos terrestres. En: C. A. Mancina y D. D. Cruz, (Eds.), Diversidad biológica de Cuba: métodos de inventario, monitoreo y colecciones biológicas, Agencia de Medio Ambiente, La Habana, pp. 224-253.

GBIF. 2024. Página de Inicio de Global Biodiversity Information Facility. https://www.gbif.org

González Alonso, H. 2002. Aves de Cuba, Instituto de Ecología y Sistemática, La Habana.

Greuter, W. & Rankin, R. 2022. Espermatófitos de Cuba; inventario preliminar, Jardin Botánico y Museo Botánico, Alemania. http://dx.doi.org/10.3372/cubalist.2022.1

Guerra Salcedo, M. de la C., Méndez Santos, I. E., Ávila-Herrera, J. & González-Sivilla, R. 2024. Plantas hospederas de mariposas (Lepidoptera: Papilionoidea) en el Parque Botánico de Camagüey, Cuba. Revista del Jardín Botánico Nacional 45, 67–81. https://revistas.uh.cu/rjbn/article/view/10129

Guerra Salcedo, M., Méndez Santos, I. E., Ávila Herrera, J., González-Sivilla, R. & Rifa Tellez, J. C. 2024. Aportes al conocimiento de la relación planta-animal para la cría de mariposas (Lepidoptera: Papilionoideae) en el Jardín Botánico de Camagüey. XVII Encuentro de Botánica Johannes Bisse in Memoriam. Camagüey, Cuba. http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.30306.44484

Hammer, Ø. 2025. Past. (versión 5.2.1) [software]. https://www.nhm.uio.no/english/research/resources/past/

Hernández Quita, M., Alvarez-Lajonchere, L., Martínez Borrego, D., Maceira Filguera, D., Fernández Velázquez, A., & Espinosa Sáez, J. 2017. Moluscos terrestres y dulceacuícolas. En: C. A. Mancina y D. D. Cruz, (Eds.), Diversidad

biológica de Cuba: métodos de inventario, monitoreo y colecciones biológicas, Agencia de Medio Ambiente, La Habana, pp. 168-195.

IUCN. 2024. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2024-1. https://www.iucnredlist.org

Legendre, P. & Legendre, L. 2012. Measuring biological diversity, Blackwell Publishing, USA-UK-Australia.

Magurran, A. E. 2004. Numerical ecology, Elsevier, Amsterdam-Boston-Londres.

Mancina, C. A., Núñez Águila, R., & Neyra Raola, B. 2020. Mariposas de Cuba: Guía de campo, Agencia de Medio Ambiente, La Habana.

Méndez Santos, I. E., González-Sivilla, R., Bacallao González, L., Sanz Otero, R. & Figueroa Sánchez, J. C. 2024. Finca La Liliana (Jimaguayú, Camagüey): diversificación productiva y conservación de la agrobiodiversidad. XVII Encuentro de Botánica Johannes Bisse in Memoriam. Camagüey, Cuba. http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.30306.44484

Powers, S. M., & Howden, N. 2024. Long-term accumulation and transport of anthropogenic phosphorus in three river basins. Nature Geoscience 9, 353-356. https://doi.org/10.1038/ngeo2693

Rodríguez Schettino, L. 2003. Anfibios y reptiles de Cuba, Instituto de Ecología y Sistemática, La Habana.

Ruiz-Gutiérrez, V., Berlanga, H.A., Calderón-Parra R., Savarino-Drago, A., Aguilar-Gómez, M.A. & Rodríguez-Contreras, V. 2020. Illustrated Manual for Landbird Monitoring. PROALAS: Latin American Program for Landbirds, National Commission for the Knowledge and Use of Biodiversity / Initiative for the Conservation of the Birds of North America, Mexico / Cornell Laboratory of Ornithology, Mexico-New York.

Sánchez Ruiz, A. 2001. Las familias de arañas de Cuba. Una guía para su estudio e identificación, Centro Oriental de Ecosistemas y Biodiversidad, Santiago de Cuba.

Torre Santana de la, P. E. & Cuervo Pineda, N. 2019. Actualización de la lista de ácaros (Arachnida: Acari) de Cuba. Revista Ibérica de Aracnología 34, 102-118.

Torres López, J., Rodríguez-Cabrera, T. M.& Marrero Romero, R. 2017. Reptiles. En: C. A. Mancina y D. D. Cruz, (Eds.), Diversidad biológica de Cuba: métodos de inventario, monitoreo y colecciones biológicas, Agencia de Medio Ambiente, La Habana, pp. 376-411.

Viña Bayés, N., Rodríguez Santana, F., Viña Dávila, N., Delgado Tellez, R., Matos, L., & Croisiert Tamayo, S. 2011. Aves de Cuba [multimedia en CD-ROM], Centro Oriental de Ecosistemas y Biodiversidad, Santiago de Cuba.

Zhou, Z., Zhang, L., Wu, T., Luo, D., Wu, L., Chen, Q., & Feng, Q. 2023. Changes in Ecosystem Service Values of Forests in Southwest China's Karst Regions from 2001–2020. Forests 14, 1534. https://doi.org/10.3390/f14081534

Zhou, W., Li, Ch., Zhao, W., Stringer, L. C. & Fu, B. 2024. Spatial distributions of soil nutrients affected by land use, topography and their interactions, in the Loess Plateau of China. International Soil and Water Conservation Research 12, 227-239. https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2023.02.005





IP-30. Beneficios del silvopastoreo en áreas de bosques naturales, en la ganadería y el medio ambiente: El rol del extensionismo en su implementación en el municipio Jimaguayú

Benefits of Silvopastoral Systems in Natural Forests, Livestock Production, and the Environment: The Role of Extensionism in Its Implementation in Jimaguayú Municipality

M. González Rivas[1] y D. Batista Pérez[2]

[1]Servicio Estatal Forestal, municipio Jimaguayú, Camagüey, Cuba

[2]Extensionista ACTAF, municipio Jimaguayú, Camagüey, Cuba

RESUMEN

El municipio de Jimaguayú, implementó a partir de 2012 un programa de sistemas silvopastoriles en bosques naturales (SSPBN), combinando técnicas forestales con manejo ganadero mediante proyectos financiados por el estado (FONADEF) y el apoyo técnico de entidades como el Servicio Estatal Forestal y la ACTAF. Durante 12 años, el programa estableció 3.698 hectáreas de SSPBN en 311 fincas, elevando el índice de boscosidad del 4,5% al 11,2%. Los beneficios productivos incluyeron mejoras en el bienestar animal, mayor productividad y mayor resiliencia ante la sequía. Adicionalmente, el programa generó beneficios socioeconómicos mediante la producción maderera, servicios ambientales como la reducción de la huella de carbono y protección de suelos, y fortaleció la colaboración institucional. Un sólido sistema de extensionismo que incluyó capacitaciones, talleres y fincas de demostración desempeñó un papel clave en la transferencia de conocimientos y participación comunitaria, garantizando la sostenibilidad y escalabilidad de la iniciativa.

Palabras clave: *sistemas silvopastoriles, bosques naturales, producción ganadera, sostenibilidad ambiental, extensionismo, cobertura forestal, adaptación al cambio climático*

INTRODUCCIÓN

El municipio Jimaguayú es uno de los municipios de mayor desarrollo ganadero de la provincia, llegando a tener 4 empresas ganaderas que fueron el corazón de la cuenca lechera, donde se impactó el modelo intensivo de producción ganadera que provocó que el municipio solo tuviera un 4 % de su territorio cubierto de bosques.

En años 90 se deterioró la infraestructura ganadera, provocando que invadieran grandes extensiones de tierras con marabú *(Dichrostachys cinerea*), que impedían el manejo y explotación del ganado. En 1998 se comenzó a introducir en las empresas ganaderas tecnología del manejo y control del marabú, las que empleaban métodos de desbroces mecanizados y manuales demandaban recursos y no resultaron sostenibles a lo largo del tiempo, incrementándose las áreas invadidas por malezas y la regeneración de árboles que se convirtieron en áreas boscosas.

El municipio solo se había desarrollado SSP con plantaciones de plantas proteicas, y aunque existían áreas con presencia de árboles en los potreros y las fajas de los cuerpos de aguas y se plantaban grandes cantidades de postes vivos, estos no se reconocían como sistemas silvopastoriles. En el 2006 se realizó un trabajo donde evaluaron árboles y formaciones vegetales que mostraban potencial para el desarrollo del silvopastoreo en el municipio.

En 2012 el Servicio Estatal Forestal (SEF) de conjunto con otras entidades, comienza el desarrollo del Programa de Bosque y Ganadería (PBG) en provincia, basado en un modelo adaptativo que combina tecnologías forestales con manejos ganadero, a partir de la implementación de proyectos técnicos forestales financiados el Fondo Nacional de Desarrollo Forestal (FONADEF), ha permitido el establecimiento de los Sistemas Silvopastoriles en Bosques Naturales (SSPBN) en fincas Ganaderas.

El municipio tiene 783.43 km^2 del cual 95 % se dedica a la ganadería y cuenta con un potencial apreciable para el establecimiento de SSPBN, en el 2012 comenzaron, las primeras acciones promovidas por el SEF y el apoyo de extensionistas vinculado a la Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales (ACTAF), seleccionando un grupo de productores ganaderos realizaron proyectos técnicos de manejos forestales en las áreas de bosques de fincas ganaderas que sentaron las bases y que acompañado de un Sistema de Capacitación, Extensionismo, Divulgación y Educación Ambiental, ha permitido la sensibilización de administrativos, técnicos y productores, logrando generalizar el establecimiento de los SSPBN en el municipio.

El desarrollo de este programa ha permitido un cambio de paradigma en la interacción del bosque y la ganadería, mejorando la gestión sostenible del agrosistema y la adaptación al cambio climático, nuestro objetivo es mostrarle los resultados alcanzados con la implementación durante 12 años de los SSPBN apoyado por el sistema extensionismo, han contribuido a la producción ganadera y la protección ambiental del municipio.

RESULTADOS

Implementación de SSPBN

En el periodo 2012- 2024 se han implantado 3,698.0 hectáreas de SSPBN en 311 fincas ganaderas del municipio, distribuidos en 3 Empresa, 29 Cooperativas y 267 Productores Ganaderos, que representa el 47% del área potencial, quedando 4,078.8 hectáreas que pueden incorporarse a SSPBN.

Cobertura forestal

El monitoreo de los Criterios e Indicadores del Manejo Forestal Sostenible en el periodo 2012-2024, permitió evaluar los resultados de la implantación del programa de bosque y ganadería del municipio. Destacándose el incremento de la Cobertura Forestal de 3,132.2 hectáreas a 8,103.7 hectáreas de bosques, incrementado el índice de boscosidad de 4.5 % al 11.2 % en el 2024, cual generó una transformación notable en el paisaje productivo y ambiental del municipio. (Gráfico 1).

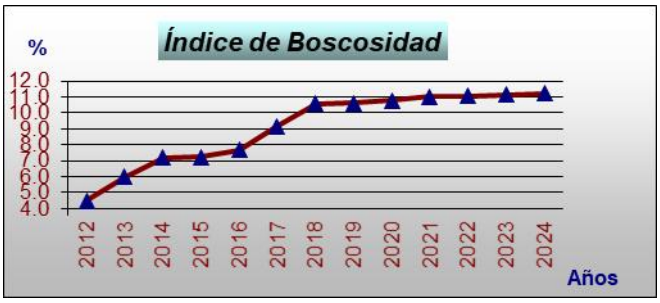


Gráfico 1. *Incremento índice de boscosidad por año.*

Funciones Productivas de los Ecosistemas

Los beneficios productivos fueron tangibles. La integración de árboles y pastos en sistemas silvopastoriles mejoró significativamente el bienestar y el rendimiento del ganado, proporcionando sombra, forraje de alta proteína y alimento durante la sequía. Esto se tradujo en un mejor estado físico de los animales, disminución de las muertes, mejores índices de natalidad, además en estudio realizados a 612 fincas demostraron que las que implementaron SSPBN tenían como promedio un 40 % más de potencial productivo que las que se manejan de forma tradicional.

Este municipio tenía poca producción forestal y generalmente se abastecía de otros territorios, el progresivo crecimiento del patrimonio forestal ha permitido generar productos madereros a partir de las actividades de raleo para la regulación de la sombra en las áreas de silvopastoriles, abasteciendo las demandas de los productores y aportado a la comunidad, fundamentalmente para la construcción de viviendas y otros bienes relacionados con servicios sociales a personas y comunidades.

Beneficios Socio- Económicos

Este avance no solo consistió en la expansión de la superficie arbolada, las bases de este éxito se encuentran en la ejecución de 1,055 proyectos técnicos forestales que ha permitido el manejo de la regeneración natural, la limpia y raleos de regulación de sobra y la protección de 3698 hectáreas de SSPBN, para los cuales se financiaron 40.7 millones de pesos por el FONADEF, que de conjuntos con los beneficios productivos, se ha convertido de gran atractivo para los productores.

Contribución Ambiental

Este modelo de intervención, que combinó financiamiento estatal (FONADEF), extensionismo activo y alianzas entidades estatales, con centros científicos, no solo rescató tierras invadidas de marabú, sino que ha generado un modelo de innovación en el manejo de agrosistema basados en naturaleza, donde convergen la producción ganadera con los bosques, generando servicios ambientales, que incrementa la biodiversidad, reducen la huella de carbono, protegen los suelos, se promueve el turismo de naturaleza y el agroturismo contribuyendo a la sostenibilidad rural.

Sistema de Extensionismo

El componente de capacitación y extensión de conocimientos fue fundamental para el éxito del programa, realizando un trabajo integrado y sistemático que vincula a funcionarios del SEF, Extensionistas de la ACTAF e Investigadores de la Estación Experimental Agroforestal Camagüey, asociados con otros centros y la Universidad de Camagüey.



En los últimos 5 años, se ejecutaron 894 acciones de capacitación, incluyendo talleres, seminarios, conferencias y charlas, que alcanzaron a un total de 4,219 participantes. Este esfuerzo educativo masivo, que también logró una participación 1,511 mujeres, estaba dirigido a productores, técnicos y decisores, y abordó temas cruciales como el manejo forestal, el cambio climático y las técnicas silvopastoriles, creando una sólida base de conocimiento local sólida para la sostenibilidad de las prácticas.

El proyecto trascendió el ámbito productivo para impactar profundamente en el ámbito social e institucional. Se crearon cuatro fincas de referencia para la extensión, se fomentó el intercambio de experiencias entre productores, los vínculos con escuelas, creando círculos de interés para la formación vocacional y la participación en eventos provinciales y nacionales demostraron el amplio alcance del programa.

CONCLUSIONES

Enfoque integral y de colaboración institucional, junto con el financiamiento estatal continuo a través del FONADEF y la estrategia de extensionismo forestal adaptado al contexto ganadero, permitió el intercambio y una oferta diversa de capacitación (talleres, seminarios, charlas) y el establecimiento de fincas de referencia sirvió como exitoso modelo visual y práctico exitoso, actuando como nodos de innovación y aprendizaje que fueron claves para transferir conocimientos y cambiar mentalidades en decisores, técnicos y productores, que permitieron el establecimiento de 3698 hectáreas de SSPBN, contribuyendo al desarrollo productivo y la sostenibilidad ambiental del municipio.

IP-31. Importancia del estudio de las principales especies de la flora y del sotobosque asociadas al marabú

Importance of studying the main flora and understorey species associated with marabou

A.M. Vidal Corona[1]; M. Delgado Méndez [2] y R. Risco Villalobos[3]*

[1]UCTB Estación Experimental Agroforestal Camagüey. Ave. Ignacio Agramonte No. 178, Rpto. Los Coquitos, Camagüey, Cuba.

[2]Universidad de Camagüey, Circunvalación Norte. Camagüey, Cuba.

[3]Profesor Asistente. Parque Botánico de Camagüey.

[*]Correspondencia a: alberto.vidal@inaf.cmg.minag.cu

RESUMEN

El estudio se desarrolló en una superficie de 20 063,09 ha cubierta de *Dychrostachys cinerea* var. *africana* Brenan & Brummitt (marabú), del Municipio "Carlos Manuel de Céspedes", Camagüey, Cuba; de las cuales 15 662,14 ha corresponden al área efectiva cubierta por esta especie. En esta superficie se registraron las especies de la vegetación arbórea y herbácea asociadas al marabú, presentes dentro de las 90 Parcelas de Muestreo Temporal establecidas para el inventario y cuantificación de la biomasa total de esta especie con fines energéticos y en áreas aledañas a éstas. Posteriormente se definió el manejo adecuado de su flora arbórea y herbácea acompañante, en correspondencia con su categoría de amenaza, de las indicaciones emanadas de la Lista Roja de la Flora de Cuba, de la Ley 85 y de la tenencia de las áreas cubiertas de marabú, información que se anexa, junto con la fototeca de las especies evaluadas.

Palabras clave: *parcelas de muestreo, área efectiva, inventario, biomasa, tenencia*

ABSTRACT

The study was conducted in an area of 20,063.09 ha covered with *Dichrostachys cinerea* var. africana Brenan & Brummitt (marabou), located in the "Carlos Manuel de Cèspedes" Municipality, Camagüey, Cuba. Of this area, 15,662.14 ha constitute the effective area covered by this species. Within this surface area, tree and herbaceous vegetation species associated with marabou were recorded across 90 Temporary Sampling Plots established for inventorying and quantifying the total biomass of this species for energy purposes, as well as in adjacent areas. Subsequently, appropriate management strategies for its accompanying tree and herbaceous flora were defined, in accordance with their threat category, guidelines from the Red List of Cuban Flora, Law 85, and the land tenure status of marabou-covered areas. This information is included as an annex, along with the photo database of the evaluated species.

Keywords: *sampling plots, effective area, inventory, biomass, land tenure*

INTRODUCCION

El inventario forestal es un procedimiento usado para obtener información cualitativa y cuantitativa de los bosques, de acuerdo a los objetivos propuestos y la exactitud requerida de una población forestal cualquiera, con el fin de obtener resultados útiles para efectos prácticos de su manejo, ya como plantaciones o bosques naturales, siendo la información fundamental requerida para la correcta elaboración de su Proyecto de Ordenación, el cual constituye la base primordial de desarrollo sostenible y de la planificación, organización y control de los manejos y aprovechamientos que se realicen en las áreas del patrimonio forestal, bajo el estricto cumplimiento de la Ley 81, del Medio Ambiente, (Suárez, 2007) y de la Ley 85, Forestal.

Dychrostachys cinerea var. africana Brenan & Brummitt (marabú), así definida por Greuter *et al.* (2017), es una especie que ha invadido gran parte del territorio a nivel nacional, en áreas pertenecientes a Empresas Agropecuarias, Empresas Azucareras, Cooperativas Agropecuarias Campesinos Individuales y a otras entidades.

En Cuba actualmente la dirección del país trabaja arduamente en el aumento del empleo de energías renovables con vista a lograr a corto y mediano plazos el cambio de la matriz energética del país para el bienestar de la población, siendo el marabú la materia prima principal planificada inicialmente para su aprovechamiento y conversión en energía eléctrica, a partir de las Bioeléctricas en fase de proyección, construcción y puesta en marcha a nivel nacional (SODePAZ, 2012).

Teniendo en cuenta que ya en el territorio nacional se llevó a cabo la inauguración y puesta en marcha de la primera bioeléctrica programada, establecida en la provincia de Ciego de Ávila, se hace imprescindible definir e implementar en la práctica el manejo adecuado de las especies de la flora arbórea y del sotobosque asociadas al marabú, en las áreas aprovechadas, en correspondencia total con la Ley 81, la Ley 85 y la tenencia de las áreas invadidas por esta especie, objetivo esencial del presente estudio.



MATERIALES Y MÉTODOS

Características del área objeto de estudio: Se encuentra en los 21^0 34´ de latitud norte y los 78^0 17´ de longitud oeste y ocupa una superficie de 20 063,09 ha cubiertas de marabú. Su relieve es llano, en el que predominan las llanuras calizas y planicies de rocas serpentinosas e ígneas y los suelos pardos carbonatados. Las temperaturas máximas alcanzan los 30,6 ^{0}c y la mínima 20,5^0 Celsius. Las precipitaciones oscilan entre 1460 a 1201 mm. (Vidal, 2015).

Tamaño de la muestra, su distribución y método de muestreo: Se levantaron 90 parcelas temporales de muestreo de forma cuadrada y de dimensión 5 por 5 (25 m^2), por categorías diamétricas, a una distancia entre ellas de 30 a 40 m; subdividiéndose cada categoría de marabú en diferentes puntos de muestreo, en función del área efectiva que ellas ocupan y sus características edafoclimáticas. (Vidal *et al.*; 2015 y Vidal *et al.*, 2018).

Se establecieron 20 parcelas para Marabú Fino (en 4 puntos), 40 para Marabú Medio (8 puntos) y 30 para Marabú Grueso (3 puntos).

Colecta de datos: Se registraron las especies de la vegetación arbórea y herbácea asociadas al marabú presentes dentro de las 90 Parcelas de Muestreo Temporal establecidas y en áreas aledañas a éstas; levantadas para el inventario y cuantificación de la biomasa total y por componentes de esta especie con fines energéticos (Vidal *et al.*; 2015 y Vidal *et al.*; 2018, obras citadas) y se tomaron evidencias fotográficas del estudio, información que se resume de forma ilustrada en los anexos 2 y 3. Toda la información fue capturada en correspondencia con el modelo establecido para este fin (Tabla N.1):

Tabla No. 1: Tabla Modelo empleado para la captación de datos de campo de las principales especies de la flora arbórea y herbácea asociadas al marabú.

Tipo de marabú: Parcela No: Fecha de ejecución:

Equipo de Trabajo: Tenente: Forma de la parcela:

Provincia: Municipio: Localidad: Tamaño de la parcela (m^2):

Tipo de inventario:

Familia	Nombre científico	Nombre vulgar	Categoría de amenaza	Manejo propuesto

Procesamiento de la información: A partir de la información captada se definió el manejo adecuado de la flora arbórea y herbácea asociadas al marabú, en correspondencia con su categoría de amenaza y de acuerdo a las indicaciones emanadas de la Lista Roja de la Flora de Cuba (2016), a la Ley 85 y a la tenencia de las áreas cubiertas de marabú y se confeccionó la fototeca de las principales especies de la flora arbórea y herbácea asociadas a esta vegetación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El municipio "Carlos Manuel de Céspedes" ocupa un área total de 66 434,18 ha, dentro de la cual existe una superficie cubierta de marabú de 20 063,09 ha, con un área efectiva cubierta por esta especie de 15662,14 ha, que representa el 23,58 % de la superficie cubierta por esta vegetación en este territorio, en el cual existen diferentes tenentes:

- Empresas Agropecuarias = 9419,32 ha (60,2 %)
- Unidad Básica de producción Cooperativa = 3956,23 ha (25,2 %)
- Campesinos Independientes = 1291,76 ha (8,3 %)
- Empresas Azucareras = 679,01 ha (4,3 %)
- Cooperativas de Crédito y Servicios y de Producción Agropecuaria = 256,6 ha (1,6 %)
- Otras = 59,22 ha (0,4 %)

La correcta distribución en el área de estudio de las 90 parcelas temporales de muestreo, establecidas en los puntos de mayor concentración y de características edafoclimáticas y tenencias distintas, garantizó la calidad general del inventario del marabú por categorías diamétricas del marabú y de su flora arbórea y herbácea acompañante, aspectos tomados en cuenta también por otros autores en inventarios en condiciones similares (Montalvo, *et al.,* 2015, obra citada).

El área total inventariada específicamente para el estudio de la flora acompañante del marabú resulto de 0,68 ha, desglosada en:

- Área interna dentro de las 90 parcelas establecidas= 0,225 ha
- Área aledaña a las 90 parcelas = 0.09 ha
- Área cubierta por el tasador en el recorrida de parcela a parcela = 0,36 ha

En el anexo 1 se muestra el manejo adecuado de la flora arbórea y herbácea asociadas al marabú, de acuerdo con su categoría de amenaza, a las indicaciones de la Lista Roja de la Flora de Cuba (2016), a la Ley 85 y a la tenencia de las áreas cubiertas de marabú. En los anexos 2 y 3 se brinda una fototeca de las principales especies de la flora arbórea y herbácea asociadas a esta vegetación, de gran ayuda para la capacitación de los tasadores y personal técnico dedicado a estos estudios.

CONCLUSIONES

- El presente estudio sirve como metodología de trabajo encaminada al estudio de la flora acompañante del marabú en las áreas cubiertas por esta especie, para la toma de medidas técnicas de impacto reducido al medio ambiente, en función con las leyes vigentes en el país y resulta de vital importancia su aplicación en todos los inventarios que se realizan para su aprovechamiento con fines energéticos.
- Recoge solo las especies principales de la flora acompañante del marabú dentro del área efectiva cubierta por esta especie, en el Municipio "Carlos Manuel de Cèspedes".

BIBLIOGRAFÍA

Asamblea Nacional del Poder Popular (1997). "Ley 81. Del Medio Ambiente". Gaceta oficial de la República de Cuba, ed. Extraordinaria, no. 7, La Habana, Cuba: 7 pp.

Greuter, W., Rankin R (2017). "Plantas vasculares de Cuba. Inventario preliminar". [Soporte electrónico]. Botanischer Garten & Botanisches Museum Berlín. Jardín Botánico Nacional, Universidad de La Habana, Cuba: 78 p.

Lista Roja de la Flora de Cuba (2016). Número Especial por el 10 Aniversario del Jardín Botánico Nacional. Bissea, Vol. 10, La Habana, Cuba: 372 p

Suárez, T. (2007). "Ordenación forestal: base del desarrollo forestal sostenible". Revista Agricultura Orgánica, no. 1 Actaf, Minag. La Habana, pp 7-8.

SODePAZ. (2012). "Aprovechamiento de la biomasa de marabú y otras especies energéticas como combustible en la generación de electricidad y recuperación ambiental en Camagüey". EUROPEAID/129-886/L/ACT/CU/01. 36 p.

Vidal, A.; Bravo, J. A.; Hernández; A.; García, T.; Valle, M.; y Pi, D. (2015). "Inventario para el aprovechamiento de las áreas cubiertas de la vegetación de *Dychrostachys cinerea var. africana* Brenan & Brummitt (Marabú) pertenecientes al municipio "Carlos Manuel de Céspedes", provincia Camagüey". Memorias de la Jornada científica 45 Aniversario de la fundación de la Estación de Guisa. ISBN: 978-959-7215-22-6, Granma, Cuba: 46 p.

Vidal A.; García, T.; Bravo, J. A; Toirac, W.; Hernández, A.; Delgado, M.; Álvarez, Y.; Batista F.; Valles, M.; Padrón, R.; Paredes, L. y Risco, R. (2018). "Metodología para la caracterización tecnológica e inventario de las áreas cubiertas de marabú con fines energéticos.100 p. (Certificación de Registro del Senda: 2692 – 08 - 2028).

ANEXOS

Anexo N 1. *Flora arbórea y herbácea asociadas al marabú.*

Taxones	Nombre científico	Nombre vulgar	Amenazada	Invasora	Manejo
Acanthaceae	*Dicliptera sexangularis* (L.) Juss.	Gallito	si	no	Monitoreo
	Blechum Brownei Juss.	Mazorquilla	no	no	Monitoreo
Amaranthaceae	*Achyranthes aspera var. indica* L.	Rabo de gato	no	si	Monitoreo
Bignoniaceae	*Crescentia cujete* L.	Güira	no	no	Según tenente
Boraginaceae	*Cordia oblicua* Willd.	Ateje americano	no	si	Según tenente
Burseraraceae	*Bursera simaruba* (L.) Sargent	Almácigo	no	no	Según tenente
Caesalpinaceae	*Senna occidentalis* (L.) Link	Hierba hedionda	no	si	Monitoreo
Commelinaceae	*Commelina diffusa* Burm. f.	Canutillo	no	si	Monitoreo
Convolvulaceae	*Merremia umbellata*	Aguinaldo amarillo	no	no	Monitoreo
Fabaceae	*Calopogonium coeruleum* Hemsl	Jícama cimarrona	no	si	Monitoreo
Malvaceae	*Malacra urens* Poit. ex Ledeb.	Malva peluda	no	-	Monitoreo
Mimosaceae	*Albizia lebbeck* (L.) Benth.	Algarrobo de olor	no	no	Según tenente
	Leucaena leucocephala (Lam.) De Wit *subsp. leuco-cepha*	Ipil-Ipil	no	si	Según tenente
	Samanea saman (Jacq.) Merr.	Algarrobo	no	no	Según tenente
Phytolacaceae	*Petiveria aliacea* L.	Anamú	LC	no	Monitoreo
	Rivina humilis L.	Coralitos	LC	-	Monitoreo
Poaceae	*Lasiascis divaricata* (L.) Hitchc.	Tibisí	no	-	Monitoreo
	Panicum maximun Jacq.	Yerba de guinea	no	si	Monitoreo
Orchidaceae	Oeceoclades maculata (Lindl.) Lindl.	Lengua de vaca	no	si	Monitoreo
Solanaceae	Solanum *torvum* Sw.	Pendejera	no	no	Monitoreo
Sterculiaceae	*Guasuma ulmifolia* Lam.	Guásima	no	no	Según tenente
	Melochia nodiflora Sw.	Malva colorada	LC	no	Monitoreo
Ulmaceae	*Trema micrantha* (L.) Blume	Guasimilla cimarrona	no	no	Según tenente
Verbenaceae	*Priva lappulacea*	Amor seco	no	no	Monitoreo

Anexo 2. *Fototeca de las principales especies de la flora arbórea asociadas al marabú.*



Albizia lebbeck **(Algarrobo de olor)**



Bursera simaruba **(Almácigo)**



Cordia oblicua **(Ateje americano)**



Guazuma ulmifolia **(Guásima)**



Leucaena leucocephala **(Ipil-Ipil)**



Samanea saman **(Algarrobo del país)**

Anexo 3. *Fototeca de las principales especies de la flora del sotobosque asociadas al marabú.*



Achyranthes aspera var. indica L. (Rabo de gato)



Calopogonium coeruleum (Jícama)



Malacra urens (Malva amarilla)



Melochia nodiflora (Malva colorada)



Merremia umbellata (Aguinaldito)



Petiveria aliacea (Anamú)

Continuación Anexo 3. *Fototeca de las principales especies de la flora del sotobosque asociadas al marabú*



Panicun maximun (Yerba de guinea)



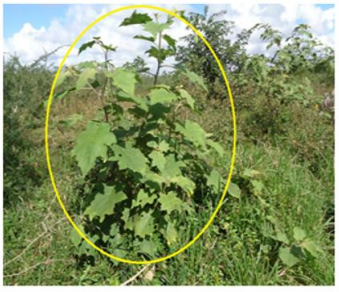
Priva lappulacea (Amor seco)



Rivina humilis (Coralitos)



Senna occidentalis (Guanina)



Solanum torvum (Pendejera)



Urera lobata (Malva del páis)

SILVOPAT – 2025 | ICA | ISBN: 978-959-7171-88-1 | Cu-ID: https://cu-id.com/book/978-959-7171-88-1



IP-32. Diagnóstico de brechas de género en el sector ganadero de Honduras

Gender gap assessment in the livestock sector of Honduras

G. L. Guerra Rivera[*]; R. M. Wantland Garcia; C. Villanueva; J. C. Flores; D. Tobar López y C.J. Sepúlveda

Unidad de Ganadería y Manejo del Ambiente - Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Costa Rica.

[*]Correspondencia a: gretel.guerra@catie.ac.cr

RESUMEN

El diagnóstico de género realizado en el marco del proyecto "*Transformar el sector ganadero hondureño para contribuir a una economía baja en carbono*" tuvo como objetivo analizar las brechas de género en participación, acceso a recursos y conocimientos dentro del sector ganadero. Se aplicó una metodología mixta (cualitativa y cuantitativa) y participativa, que incluyó revisión documental, talleres con actores clave, entrevistas y cuestionarios. complementados con herramientas de análisis de género como el perfil de actividades, el perfil de acceso y control de recursos, y la identificación de necesidades prácticas y estratégicas. Los resultados revelan una profunda desigualdad estructural: los hombres dominan los roles productivos remunerados, el acceso a la tierra, el crédito y los espacios de decisión, mientras las mujeres enfrentan una triple jornada de trabajo (doméstico, productivo y comunitario), menor acceso a formación técnica y escasa representación en liderazgos formales. Además, sus contribuciones a la producción ganadera permanecen mayoritariamente invisibilizadas o no remuneradas. Estas brechas limitan su autonomía económica, su participación plena y su desarrollo profesional. Se concluye que la transformación del sector requiere acciones afirmativas para empoderar a las mujeres, mejorar su acceso a recursos y conocimientos, redistribuir la carga de cuidados y promover la corresponsabilidad familiar y comunitaria. Asimismo, se destaca la necesidad de un seguimiento con enfoque de género y la sensibilización de actores locales para garantizar una ganadería más justa, inclusiva y sostenible.

Palabras clave: *mujeres rurales, acceso a recurso productivos, equidad de género, liderazgo femenino, ganadería sostenible.*

ABSTRACT

The gender diagnosis conducted within the framework of the project "*Transforming the Honduran livestock sector to contribute to a low-carbon economy*" aimed to analyze gender gaps in participation, access to resources, and knowledge within the livestock sector. A mixed (qualitative and quantitative) and participatory methodology was applied, which included document review, workshops with key stakeholders, interviews, and surveys, complemented by gender analysis tools such as the activity profile, the access and control profile of resources, and the identification of practical and strategic needs. The results reveal a profound structural inequality: men dominate paid productive roles, land ownership, credit access, and decision-making spaces, while women face a triple workload (domestic, productive, and community tasks), limited access to technical training, and scarce representation in formal leadership. Furthermore, their contributions to livestock production remain largely invisible or unpaid. These gaps limit women's economic autonomy, full participation, and professional development. This study concludes that transforming the sector requires affirmative actions to empower women, improve their access to resources and knowledge, redistribute the care burden, and promote family and community co-responsibility. Likewise, it highlights the need for gender-sensitive monitoring and awareness-raising among local stakeholders to ensure a fairer, more inclusive, and sustainable livestock sector.

Keywords: *rural women, access to productive resources, gender equity, female leadership, sustainable livestock.*

INTRODUCCIÓN

El sector ganadero en Honduras históricamente se ha percibido como un ámbito predominantemente masculino, influido por factores como la tenencia de la tierra y el control del capital mayoritariamente en manos de hombres, así como por estereotipos de género que asocian este trabajo con la "fuerza física" masculina y rol de proveedor (Deere y León, 2005). Estas percepciones han limitado la plena participación de las mujeres en la ganadería, tanto como propietarias, trabajadoras remuneradas y lideresas, perpetuando brechas de género en diversos ámbitos: liderazgo en el sector, participación económica, acceso a recursos productivos, carga de trabajo no remunerado y control de beneficios. Aunque en las últimas décadas se aprecia un aumento en la presencia femenina, por ejemplo, como propietarias de pequeñas fincas ganaderas o trabajadoras familiares, el rol de las mujeres sigue siendo invisible o subvalorado. (Arora & Twyman, 2018).

Estas desigualdades se expresan en múltiples dimensiones: en el acceso desigual a la tierra, el crédito y la asistencia técnica; en la sobrecarga de trabajo no remunerado vinculada a las tareas domésticas y de cuidado; y en la escasa representación de las mujeres en espacios de decisión comunitaria e institucional. Así, a pesar de su aporte central a la producción y a la sostenibilidad de los hogares rurales, las mujeres enfrentan barreras que restringen su autonomía económica y su reconocimiento social.

En este contexto, el proyecto *"Transformar el sector ganadero hondureño para contribuir a una economía baja en carbono"* (Proyecto MAF-Ganadería HN) emprendió un diagnóstico de brechas de género en las regiones ganaderas de Atlántida, Choluteca, Colón y Olancho. Por medio del cual buscó analizar de manera integral la participación de hombres y mujeres en la ganadería, su acceso y control sobre recursos productivos y sociales, la distribución de la carga laboral y el nivel de incidencia en la toma de decisiones.

El presente artículo tiene como finalidad analizar de manera integral las brechas de género en términos de participación, acceso a recursos y conocimiento en el sector ganadero. Este análisis busca generar insumos que orienten las acciones del proyecto hacia una implementación con enfoque de inclusión y equidad, y que contribuyan al diseño de una estrategia de género efectiva para eliminar prácticas que reproducen desigualdades entre hombres y mujeres en las zonas de intervención.

MATERIALES Y MÉTODOS

El diagnóstico de género se realizó con un enfoque participativo y mixto (cualitativo-cuantitativo), utilizando herramientas de análisis de género reconocidas en la planificación del desarrollo (MAF-Ganadería HN, 2024). La investigación se implementó entre los meses de septiembre de 2023 a febrero del 2024 en las regiones ganadera del país (Atlántida, Choluteca, Colón y Olancho), la metodología se realizó mediante una revisión documental de bibliografía relevante y de datos secundarios sobre género, agricultura y ganadería en Honduras. Paralelamente, se diseñó un taller de diagnóstico participativo en el que tomaron parte actores clave del proyecto (Figura 1).

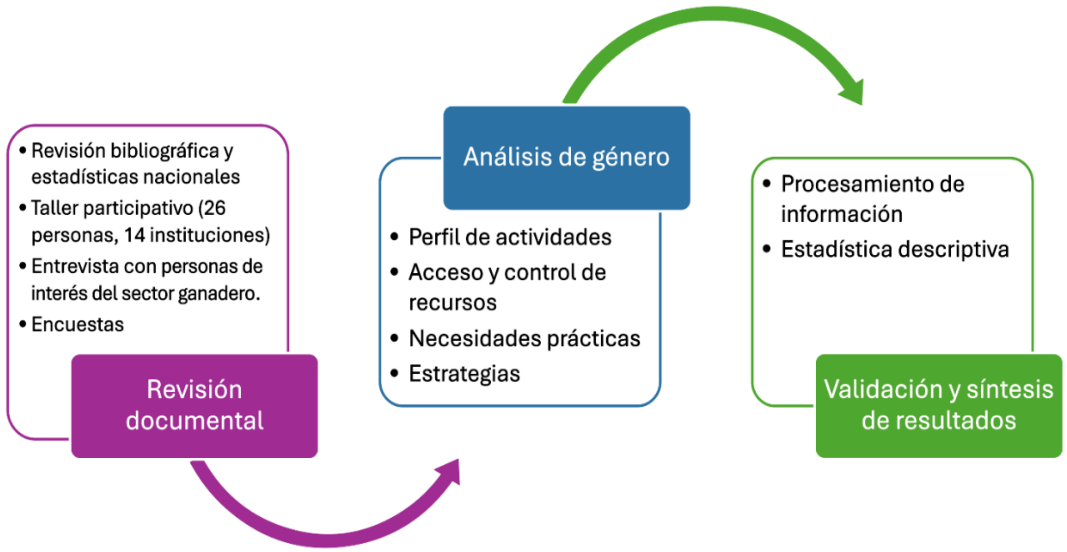


Figura 1. *Esquema metodológico del diagnóstico de género en el proyecto MAF-Ganadería-HN.*

El taller se desarrolló en dos jornadas (una sesión inicial de capacitación de ~7 horas y una de seguimiento de ~2 horas), con la participación de 26 personas (16 mujeres y 10 hombres) de las siguientes entidades e instituciones socias implementadoras del MAF, del Sector privado: Asociación Hondureña de Procesadores de Leche (APROLECHE), Asociación de Procesadores de Leche y Productos Lácteos (ASOHPROLAC), Agroindustrias Del Corral, Heifer International, Instituto para la Cooperación y Autodesarrollo (ICADE) y Fundación para el Desarrollo Empresarial Rural (FUNDER); de **Gremios agrícolas:** Federación Nacional de Agricultores y Ganaderos de Honduras (FENAGH), Federación de Ganaderos y Agricultores del Sur de Honduras (FEGASURH), Cámara de Fomento Ganadero de Honduras (CAFOGAH) y Cámara Hondureña de la Leche (CAHLE); del **Sector público**: Instituto de Conservación Forestal (ICF) y La Secretaría de Finanzas de Honduras (SEFIN); del **Sector financiero público:** Banco Hondureño para la Producción y la Vivienda (BANHPROVI), del **Sector financiero privado:** Bancos privados y Cooperativas locales; del **Sector académico:** Zamorano, Universidad Nacional de Agricultura (UNAG) y el Centro Universitario Regional el Litoral Atlántico (CURLA)-UNAH

Se aplicaron dinámicas participativas grupales e individuales para recolectar información sobre roles de género, acceso a recursos y otros temas de interés. Tras analizar la información preliminar, se validaron hallazgos con las personas participantes y se acordó profundizar ciertos temas mediante entrevistas semi-estructuradas y un cuestionario complementario enviado a los participantes. Asimismo, se establecieron espacios de coordinación con los puntos focales de género de cada institución involucrada, para asegurar la continuidad del enfoque de género durante la ejecución del proyecto.



Las principales herramientas de análisis de género empleadas fueron:

I. *Perfil de actividades (o calendario diario de actividades)*, para visibilizar la variedad de tareas que hombres y mujeres realizan en un día, incluyendo trabajo productivo, trabajo reproductivo (doméstico y de cuidados) y trabajo comunitario. Esta herramienta evidenció la división sexual del trabajo y sus consecuencias, identificando las "jornadas triples" de las mujeres (sumando labores domésticas, cuidado familiar, actividades productivas y comunitarias) frente a las jornadas más especializadas de los hombres (principalmente trabajo productivo remunerado, más algo de participación comunitaria).

II. *Perfil de acceso y control de recursos y beneficios*, permitió mapear el poder diferencial que mujeres y hombres (y jóvenes) ejercen sobre diversos recursos (tierra, ganado, crédito, ingresos, redes de apoyo, capacitación, etc.) y beneficios dentro del hogar y la comunidad. A cada tipo de recurso se le evaluó si hombres y/o mujeres tenían *acceso* (posibilidad de usarlo) y *control* (capacidad de decidir sobre su uso/beneficios). Esta herramienta ayudó a cuantificar brechas de poder económico, social y político de género en las comunidades del proyecto.

III. *Identificación de las necesidades de género prácticas* (derivadas de los roles tradicionales) y *estratégicas* (relativas a cambiar la posición subordinada de las mujeres) mediante discusiones focalizadas; además de analizar factores socioculturales que influyen en las relaciones de género y la calidad de la participación de las mujeres en espacios colectivos.

La información primaria recabada del taller, entrevistas y cuestionarios fue complementada con estadísticas nacionales (por ejemplo, datos de tenencia de tierra, población y pobreza rural, Informe Global sobre la Brecha de Género 2023 Honduras) y hallazgos de estudios previos. En conjunto, la metodología permitió obtener una visión integral de las dinámicas de género en las familias ganaderas objetivo, combinando evidencia cuantitativa (p. ej., distribución de horas de trabajo, número de recursos controlados por género) con el conocimiento local cualitativo proveniente de las y los participantes.

La información cualitativa se sistematizó mediante matrices de codificación temática y validación con los equipos facilitadores y participantes. La información cuantitativa se analizó mediante estadística descriptiva (frecuencias, porcentajes), lo que permitió comparar diferencias por género en acceso a recursos, distribución de tiempo y participación en decisiones.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de Género

Los resultados del diagnóstico evidencian desigualdades estructurales de género en las familias ganaderas de Honduras, manifestadas en la división sexual del trabajo, la distribución del tiempo, el acceso y control de recursos y la participación en espacios de decisión. Estos resultados son similares con tendencias regionales que muestran cómo las mujeres rurales contribuyen de manera significativa a la producción pecuaria, aunque permanecen en condiciones de invisibilidad, dependencia y exclusión (Deere y León, 2005).

Roles productivos y participación económica

El diagnóstico reveló que la ganadería, especialmente la bovina comercial, es vista como una actividad masculina, con los hombres ocupando los roles productivos principales, mientras que las mujeres se limitan a tareas de apoyo vinculadas al cuidado y procesamiento de productos, muchas veces percibidas como una extensión de sus labores domésticas y sin reconocimiento económico directo.

Para ilustrar esta división, el Cuadro 1 resume algunos ejemplos de tareas productivas en la ganadería y quién suele realizarlas según el género.

En el sector ganadero persisten divisiones de tareas por género, donde los hombres lideran la producción comercial y las mujeres se concentran en actividades complementarias, con baja representación como propietarias de fincas, las cuales suelen ser más pequeñas y adquiridas por herencia o viudez. Sin embargo, se observan tendencias emergentes hacia una mayor participación femenina, impulsadas por la migración de hombres jóvenes, cambios culturales, normativos y políticas de igualdad promovidas por organizaciones y proyectos de cooperación, que están comenzando a abrir espacios para las mujeres en diversas labores de la cadena ganadera, aunque estos avances aún enfrentan limitaciones y resistencias.

Esta situación no es exclusiva de Honduras, estudios en Costa Rica y África muestran patrones similares de exclusión femenina en labores productivas estratégicas, lo que reduce la eficiencia del sector y limita el empoderamiento de las mujeres (Arora y Twyman, 2018; Muzari, 2016).

Cuadro 1. *División de tareas productivas por género en fincas ganaderas de Honduras.*

Tarea en la finca ganadera	Hombres	Mujeres	Comentarios del enfoque de género
Pastoreo y cuidado general del ganado	Responsabilidad asignada para Adultos y jóvenes de forma habitual	Solo en ausencia de hombres a cago de ello	Es un espacio tradicionalmente dirigido por hombre, invisibilizando el aporte de mujeres, solamente se les considera acceder en caso de no haber hombres para ello
Ordeño de vacas	En fincas con manejo de ganadería comercial	En fincas familiares ordeño manual	Las mujeres participan principalmente en sistemas de producción familiares, con bajo acceso económico, sin reconocimiento e invisibilización de su aporte
Alimentación de becerros y animales menores	Alimentan crías de ganado	Alimentan aves, cerdos, crías de ganado	El manejo de animales menores es desarrollado por mujeres relacionado con la seguridad alimentaria, como parte del Rol de Cuidado asignado por la sociedad
Limpieza de corrales, establos y equipos	Tareas pesadas de corral	Limpieza de utensilios de ordeño	División sexual del trabajo asociada a roles y estereotipos
Procesamiento de leche (queso, mantequilla, etc.)	Rara vez, no habitual	Como actividad artesanal	Generación de productos desde una cadena de valor diferenciada para hombre y mujeres
Comercialización en pequeña escala (mercados locales)	Venta de ganado en pie	Venta de productos derivados de animales menores	Esto refleja las brechas de género que enfrentan las mujeres en el acceso a recursos económicos y productivos

Distribución de la carga laboral y uso del tiempo

El diagnóstico reveló una fuerte desigualdad en la distribución del tiempo de trabajo entre hombres y mujeres rurales en el sector ganadero. Las mujeres enfrentan una "triple jornada" al combinar trabajo productivo, doméstico y comunitario, lo que suma en promedio 16 horas diarias de actividad, frente a las 14 horas de los hombres, quienes se enfocan principalmente en labores remuneradas (Figura 2). Esta diferencia evidencia una sobrecarga de trabajo no remunerado para las mujeres, que limita su tiempo de descanso y autocuidado.

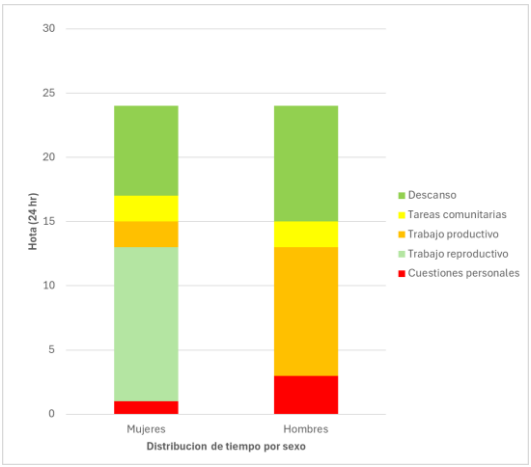


Figura 2. *Distribución promedio del día entre trabajo (productivo, reproductivo y comunitario) y descanso, por sexo. Basado en datos cualitativos del diagnóstico MAF-Ganadería HN (2024).*

Las mujeres asumen casi en su totalidad las tareas domésticas y de cuidado, consideradas parte de su rol "natural", incluso cuando participan en actividades productivas o generan ingresos propios. Esta doble o triple carga no se redistribuye, ya que los hombres suelen estar exentos del trabajo doméstico, limitando su aporte a tareas esporádicas como reparaciones. Esta desigual distribución del tiempo impacta directamente en el desarrollo personal de las mujeres, restringiendo su acceso a formación, participación pública y empoderamiento económico.

A pesar de trabajar más horas en total, muchas mujeres reciben menos ingresos porque gran parte de su labor no es remunerada. Según la FAO (2011) las mujeres rurales en América Latina dedican entre 2 y 3 veces más tiempo que los hombres a trabajos no remunerados, lo cual limita su participación en actividades productivas pagadas. La sobrecarga de cuidados restringe su tiempo para capacitación, participación pública y autocuidado.

Acceso y control de recursos productivos y beneficios

De los 35 hombres poseen acceso y control plenos en 31, mientras que las mujeres solo en 17. En recursos estratégicos como tierra, crédito, maquinaria y empleo, el control masculino es casi absoluto (Figura 3).

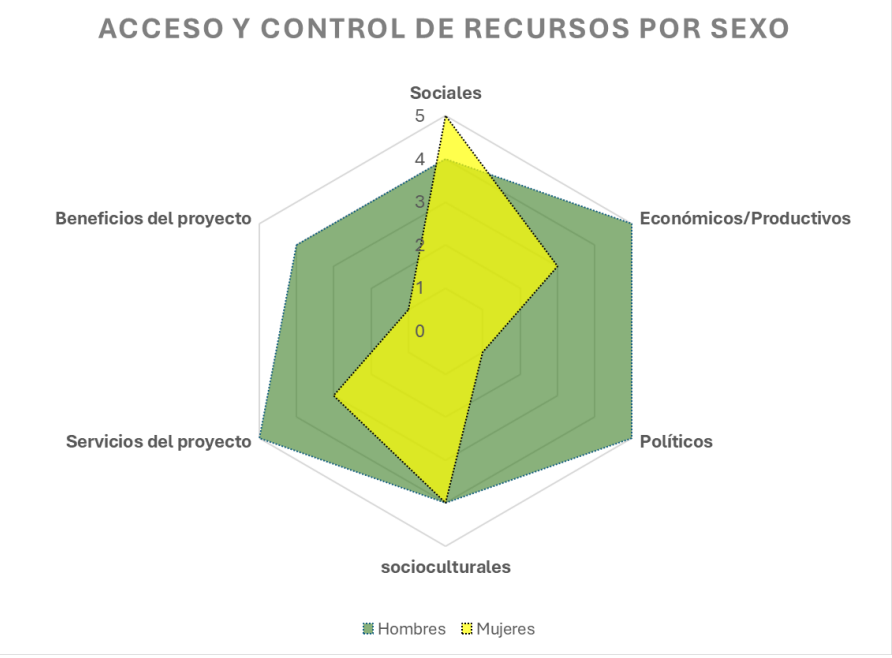


Figura 3. *Comparación del número de aspectos (de 35 evaluados) en los que hombres y mujeres cuentan con acceso y control, solo acceso, o ningún acceso a recursos/beneficios. Datos del diagnóstico MAF-Ganadería HN (2024).*

La distribución desigual del acceso y control de los recursos económicos, sociales y políticos entre hombres y mujeres en el sector ganadero hondureño refleja patrones estructurales de desigualdad de género. Los hombres dominan completamente los recursos productivos (tierra, ganado, maquinaria, crédito, empleo e ingresos), mientras que las mujeres apenas tienen acceso parcial, lo que perpetúa su dependencia económica y subordinación (Figura 2) (CODIMCA & Oxfam, 2021).

En recursos sociales como educación, salud y servicios básicos, la brecha persiste, especialmente en el acceso a educación formal superior. En cuanto a liderazgo político, los hombres tienen una presencia casi total en espacios de toma de decisión, con mujeres ocupando roles simbólicos o marginados. Esta dinámica se repite en varios contextos rurales de América Latina, donde los patrones culturales asignan a los hombres la esfera pública y a las mujeres tareas reproductivas y comunitarias (Deere & León, 2005).

El caso de la tenencia de tierra ilustra claramente esta inequidad: entre 2011 y 2020, solo el 37.3% de los títulos de propiedad emitidos en Honduras fueron para mujeres (CODIMCA & Oxfam, 2021), y en departamentos ganaderos clave, menos del 30% de las fincas están a nombre de mujeres. Esto se alinea con un patrón regional en el que las mujeres representan una fracción minoritaria de propietarias agrícolas, accediendo mayormente a través de herencias o programas sociales, y en desventaja frente a los hombres en términos de tamaño y calidad de tierras (Deere & León, 2005).

Además, las mujeres enfrentan desigualdades en el control del ingreso generado, incluso dentro del hogar. Aunque algunas manejan ingresos por actividades ganaderas menores, las decisiones financieras principales siguen estando en manos masculinas (Castellanos et al., 2017). Esto reproduce relaciones jerárquicas familiares y dificulta la autonomía económica femenina.

Estas desigualdades también han sido documentadas en otros países de América Latina y África. Por ejemplo, un estudio en Costa Rica mostró que, aunque las mujeres participan en la producción ganadera, tienen poco poder en la toma de decisiones y acceso limitado a recursos estratégicos (Arora & Twyman, 2018). En África, investigaciones confirman que cerrar las brechas de género podría aumentar significativamente la productividad agrícola (Muzari, 2016), por lo tanto, sí las mujeres tuvieran el mismo acceso a recursos que los hombres, sus parcelas podrían rendir entre un 20% y 30% más, lo que contribuiría notablemente a la seguridad alimentaria (FAO, 2011).

Participación comunitaria y toma de decisiones

A nivel comunitario, las mujeres (adultas y jóvenes) tienden a involucrarse más en actividades religiosas y de servicio comunitario, mientras que los hombres dominan cargos de liderazgo en asambleas y comités formales, perpetuando una brecha de género en los espacios de toma de decisiones (Cuadro 2). Esta desigualdad se debe tanto a limitaciones prácticas, como la sobrecarga de trabajo no remunerado que enfrentan las mujeres, como a normas culturales que refuerzan la idea del hombre como "representante público" de la familia.

En el ámbito familiar, los hombres toman decisiones clave sobre recursos productivos y participación en proyectos, mientras que las mujeres tienen control limitado sobre los ingresos y activos mayores, a pesar de su aporte significativo en la producción ganadera (Cuadro 2). Esta estructura refleja patrones patriarcales en las relaciones de género. No obstante, se observaron formas emergentes de liderazgo femenino en grupos económicos como cajas rurales y entre jóvenes que desafían los roles tradicionales, aunque estas prácticas siguen siendo incipientes.

Cuadro 2. *Comparación de roles desempeñados por mujeres y hombres, que repercuten en la toma de decisión. Diagnóstico MAF-Ganadería HN (2024).*

Estructura social	Rol de las mujeres	Rol de los hombres	Nivel de incidencia
Patronatos	Activismo, información	Dirección, coordinación y gestión de recursos	Alto (M) / Medio (F)
Juntas de agua	Gestión operativa, información	Dirección, comisiones, control del servicio	Alto (M) / Bajo (F)
Sociedades de padres	Educación, coordinación de actividades de niñez	—	Medio (F)
Cooperativas	—	Liderazgo en juntas, control de recursos económicos	Alto (M)
Sociedades religiosas	Rezos, festividades	Pastores, liderazgo en iglesias	Medio (M) / Bajo (F)
CODELES	Comisión de la mujer, participación limitada	—	Bajo (F)
Comité de deportes	—	Organización y control de espacios comunitarios	Medio (M)

En compendio, los resultados evidencian una clara segmentación de género, por un lado las mujeres concentran funciones asociadas al cuidado, la educación y el apoyo social, mientras que los hombres controlan la representación y los recursos. Esto limita la capacidad real de incidencia en toma de decisiones de las mujeres y refuerza las desigualdades estructurales en las comunidades.

Estos hallazgos coinciden con estudios en otros contextos rurales que señalan cómo los sistemas de creencias tradicionales y el dominio masculino afectan la participación de las mujeres en decisiones sobre la ganadería (Arshad et al., 2010, Fujimoto, 2011), y cómo los hombres suelen controlar los ingresos, aun cuando las mujeres realizan la mayoría del trabajo operativo (Patil & Nagnur, 2019).



Asimismo, Elias et al. (2024) resaltaron que las normas de género, la falta de control sobre los recursos y la invisibilidad del trabajo femenino perpetúan la desigualdad en sectores como la ganadería. En España, las mujeres ganaderas enfrentan desafíos similares para lograr autonomía económica y poder de decisión, a pesar de sus aportes clave (Fernández-Giménez et al., 2021).

Vacíos de Género (Brechas e implicaciones)

El diagnóstico de género identificó cuatro brechas estructurales clave que limitan la equidad en el sector ganadero: i. acceso a recursos, ii. carga de cuidados, iii. participación en decisiones y iv. acceso al conocimiento.

i. **Acceso y control de recursos**: Las mujeres poseen una porción mínima de tierra y activos productivos, lo que limita su acceso a crédito y asistencia técnica, perpetuando su dependencia económica. La propiedad de la tierra se ha relacionado con mayor empoderamiento femenino (Lyon et al., 2010; Grabe et al., 2015). Políticas como la titularidad conjunta, el crédito dirigido a mujeres (ej. Credimujer), y acciones afirmativas como cuotas de participación en fondos de crédito y capacitaciones (33% y 20% respectivamente, según recomendaciones del diagnóstico), buscan cerrar esta brecha (CODIMCA & Oxfam, 2021; Doss, 2013; FAO, 2011).

ii. **Carga de trabajo y cuidados**: Las mujeres rurales enfrentan una sobrecarga de trabajo no remunerado, agravada por crisis como la pandemia y desastres naturales (CEPAL, 2021). Para aliviar esta carga, se requieren servicios comunitarios de cuidado, campañas de sensibilización y participación masculina en tareas domésticas. Estrategias como alianzas institucionales para ofrecer apoyo en capacitaciones o brigadas de salud, y el uso de metodologías de masculinidades han mostrado resultados positivos (CEPAL, 2022; Velasco Palacios et al., 2024).

iii. **Participación y liderazgo**: Aunque las mujeres participan en la vida comunitaria, su representación en espacios de toma de decisiones sigue siendo baja. Iniciativas como las Escuelas de Campo con enfoque transformativo de género han mejorado sus capacidades, pero siguen enfrentando barreras estructurales (Velasco Palacios et al., 2024). El diagnóstico recomienda cuotas mínimas (20% en capacitaciones y 33% en escuelas de campo) y programas de mentoría y redes de apoyo (Lutheran World Relief, 2020; SEI & BID, 2021).

iv. **Acceso al conocimiento técnico**: Las mujeres acceden menos a formación técnica debido a limitaciones de tiempo, información y reconocimiento institucional. Se destaca la necesidad de programas de extensión con enfoque de género, contenidos adaptados, promotoras rurales, y certificaciones técnicas en la cadena de valor láctea. Experiencias exitosas en América Latina han demostrado que la capacitación grupal en entornos seguros mejora el aprendizaje y la autonomía (Manfre et al., 2013; World Bank, 2012; Empoderar a las mujeres en la agricultura, 2018).

CONCLUSIONES

El diagnóstico muestra que la ganadería hondureña sigue marcada por barreras que invisibilizan el aporte de mujeres, así como brechas de género que limitan su acceso a recursos y restringen su participación en la toma de decisiones. Las mujeres enfrentan una triple jornada de trabajo, predominan como trabajadoras no remuneradas y permanecen en situación de dependencia frente al control masculino de tierra, crédito y liderazgo.

Estas desigualdades no solo constituyen una injusticia social, sino que también comprometen la productividad y la sostenibilidad del sector. Sin embargo, el contexto actual, marcado por cambios demográficos, marcos normativos favorables y mayor conciencia institucional, abre oportunidades para transformar estas dinámicas.

Avanzar hacia una ganadería baja en carbono y resiliente al clima exige integrar la equidad de género como condición estructural, mediante acciones afirmativas en acceso a recursos y liderazgo, así como cambios culturales que redistribuyan el trabajo de cuidados. Lo que se puede contribuir al desarrollo del sector ganadero más justo, inclusivo y sostenible.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al proyecto *"Transformando el sector ganadero hondureño en una economía baja en carbono (MAF-Ganadería-HN)"*, liderado por la Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente (SERNA) y la Secretaría de Agricultura y Ganadería (SAG), con el apoyo técnico del CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza), en su rol de organización soporte ante el donante Mitigation Action Facility. Así mismo, a las y los productores ganaderos de las regiones de Atlántida, Choluteca, Colón y Olancho, quienes compartieron generosamente su tiempo, experiencias y conocimientos durante los talleres, entrevistas y cuestionarios. Su participación fue esencial para el desarrollo de este trabajo, de la misma manera, a las entidades socias del proyecto que acompañaron los procesos de diálogo y las reuniones con los productores, fortaleciendo así el carácter participativo e inclusivo de este estudio.

BIBLIOGRAFÍA

Arora, D., & Twyman, J. (2018). Gender roles among small-scale livestock producers in Costa Rica. https://doi.org/10.5281/zenodo.10015529

Arshad, S., Ashfaq, M., Saghir, A., Ashraf, M., Yasin, M., Lodhi, M. A., Tabassum, H., & Ali, A. (2010). Gender and decision making process in livestock management. *[s.n.]*. https://doi.org/fbdc47878f6b5ecfa365d7d075867eb1

Castellanos, A., et al. (2017). *Diagnóstico de género en el occidente de Honduras*. Publicación interna.

Castellanos, P., Larson, J., Jensen, L., et al. (2017). Empowering women through horticulture in Honduras – Findings from the Women in Agriculture Network (WAgN) Project. *Feed the Future Horticulture Innovation Lab*, UCDavis/Penn State. (Presentación de resultados, datos de encuesta de hogares en Honduras).

CEPAL. (2019). *La pobreza en América Latina y el Caribe: hacia una reducción sostenible*. Santiago: Comisión Económica para América Latina y el Caribe.

CEPAL. (2021). *La autonomía económica de las mujeres en la recuperación sostenible y con igualdad: La hoja de ruta para la sociedad del cuidado*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. https://www.cepal.org/es/publicaciones/47482

CEPAL. (2022). *Los cuidados en América Latina y el Caribe: Avances, desafíos y lineamientos para políticas públicas*. https://www.cepal.org/es/publicaciones/48184

CODIMCA & Oxfam. (2021). *Diagnóstico sobre la situación de las mujeres rurales en el acceso a la tierra en Honduras*. Oxfam. https://oxfamilibrary.openrepository.com/handle/10546/621306

CODIMCA & Oxfam. (2021). *Mujeres rurales en Honduras: Situación actual del acceso a los recursos productivos para garantizar su seguridad y soberanía alimentaria*. Tegucigalpa: Oxfam en Honduras. (Informe técnico).

CODIMCA & Oxfam. (2021). *Mujeres rurales: derechos, tierra y justicia de género en Honduras* (p. 17). Tegucigalpa, Honduras.

Deere, C. D., & León, M. (2003). The gender asset gap: Land in Latin America. *World Development*, 31(6), 925–947. https://doi.org/10.1016/S0305-750X(03)00046-9

Deere, C. D., & León, M. (2005). *Empoderamiento de las mujeres: acceso a activos y propiedad de la tierra en América Latina*. En *Land and Property Rights in Latin America* (pp. 1–28).

Deere, C. D., & León, M. (2005). La brecha de género en la propiedad de la tierra en América Latina. *Estudios Sociológicos (El Colegio de México)*, 23(68), 847-876.

Doss, C. (2013). *Intrahousehold bargaining and resource allocation in developing countries*. The World Bank Research Observer, 28(1), 52–78. https://doi.org/10.1093/wbro/lkt001

Elias, M., Zaremba, H., Tavenner, K., Ragasa, C., Paez Valencia, A. M., Choudhury, A., & de Haan, N. (2024). Towards gender equality in forestry, livestock, fisheries and aquaculture. *Global Food Security*. https://doi.org/10.1016/j.gfs.2024.100761

Empoderar a las mujeres en la agricultura. (2018). *Fortaleciendo capacidades para transformar vidas*. https://www.empowerwomen.org/en/resources/documents/2018/11/empoderar-mujeres-en-agricultura?lang=en

FAO. (2011). *The State of Food and Agriculture 2010–2011: Women in Agriculture—Closing the gender gap for development*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. https://doi.org/10.18356/b36f12cd-en

Fernández-Giménez, M., Oteros-Rozas, E., & Ravera, F. (2021). Spanish women pastoralists' pathways into livestock management: Motivations, challenges and learning. *Journal of Rural Studies, 87*, 1–11. https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2021.08.019

Fujimoto, Y. (2011). Determinant factors of participation in decision making in rural communities: In perspective of gender. *Journal of Rural Planning Association, 29*, 446–453. https://doi.org/10.2750/ARP.29.446

Grabe, S., Grose, R. G., & Dutt, A. (2015). Women's land ownership and relationship power: A mixed methods approach to understanding structural inequities and violence against women. *Psychology of Women Quarterly, 39*(1), 7–19. https://doi.org/10.1177/0361684314560071

Huyer, S. (2016). Closing the gender gap in agriculture. *Gender, Technology and Development*, 20(2), 105–116. https://doi.org/10.1177/0971852416643872
Lutheran World Relief. (2020). *Empowering rural women: Access, agency, and voice in agricultural development*. https://lwr.org/our-work/resources/empowering-rural-women

Lyon, S., Mutersbaugh, T., & Worthen, H. (2010). Gender equity in fairtrade–organic coffee producer organizations: Cases from Mesoamerica. *Geoforum, 41*(1), 93–103. https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2009.04.006

MAF-Ganadería HN (Proyecto Transformando el Sector Ganadero de Honduras). (2024). *Diagnóstico de brechas de género en participación, acceso a recursos y conocimientos en el sector ganadero*. (Informe interno del proyecto, abril 2024). Secretaría de Agricultura y Ganadería (SAG), Honduras.



Manfre, C., Rubin, D., Allen, A., Summerfield, G., Colverson, K., & Akeredolu, M. (2013). *Reducing the gender gap in agricultural extension and advisory services: How to find the best fit for men and women farmers*. MEAS Discussion Paper. https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2364.3684

Muzari, W. (2016). Gender disparities and the role of women in smallholder agriculture in Sub-Saharan Africa. International Journal of Science and Research, 5(1). https://doi.org/10.21275/v5i1.NOV152013

Patil, S. P., & Nagnur, S. (2019). Gender participation and decision making pattern of farming families in dairy farming. *Agriculture Update, 14*(1), 71–74. https://doi.org/10.15740/HAS/AU/14.1/71-74

SEI & BID. (2021). *Mujeres rurales en América Latina: Hacia una agenda de desarrollo con igualdad de género*. Stockholm Environment Institute & Banco Interamericano de Desarrollo. https://doi.org/10.18235/0003860

Velasco Palacios, H., Castellanos, P., Jensen, L., Larson, J., Reyes Rocha, F. A., Sachs, C., & Sexsmith, K. (2024). Perceptions and Experiences of Gender Transformative Approaches in Rural Honduras. *Rural Sociology, 89*(4), 860-883. https://doi.org/10.1111/ruso.12567

Velasco Palacios, J. A., Galdámez, D. C., & Méndez, J. H. (2024). Escuelas de campo con enfoque transformativo de género: una experiencia en zonas rurales de Honduras. *Revista Latinoamericana de Estudios Rurales*, 9(1), 45–67. https://doi.org/10.56789/rler.2024.9.1.45

World Bank. (2012). *World Development Report 2012: Gender Equality and Development*. https://doi.org/10.1596/978-0-8213-8810-5

IP-33. La reserva natural el Hatico: 40 años de sistemas silvopastoriles intensivos y aplicación de principios agroecológicos

J.J. Molina Echeverry; N. Molina Echeverry; E.J. Molina Durán y C. H. Molina Durán

Reserva Natural El Hatico, Departamento del Valle del Cauca, Colombia

DESARROLLO

La Reserva Natural El Hatico, está ubicada en Colombia, en el departamento del Valle del Cauca, municipio de El Cerrito a 1000 m.s.n.m. con una temperatura promedia de 24°C y una precipitación de 750 mm anuales, bajo la clasificación de bosque seco tropical.

Es una empresa familiar que inicia en 1780, con más de 235 años. La familia ha tenido, hasta hoy, la influencia de 10 generaciones que han venido trabajando sobre este suelo, con énfasis en la protección de los recursos naturales y sistemas productivos acordes con la disponibilidad de recursos tropicales, mediante la protección, conservación e integración de la biodiversidad en todas sus manifestaciones, en donde juegan un papel protagónico los recursos genéticos criollos y colombianos, así como los sistemas agroforestales bajo principios agroecológicos.

La sostenibilidad de esta empresa no puede ser vista sin la unidad de la familia, a través del amor y sensibilización por la naturaleza y los seres que los rodean, y la estabilidad de las acciones en el tiempo, que permiten mantenerse de generación en generación. Estos factores han sido muy importantes para la conservación y el desarrollo de la empresa.

En la Reserva Natural El Hatico, se viene conservando un enfoque de sistema de producción agropecuario diversificado e integrado, que ha logrado combinar los elementos de conservación tradicionales, con las alternativas modernas de producción sostenible, como respuesta a la necesidad de intensificación para lograr satisfacer la demanda creciente de alimentos, manteniendo la base natural de los recursos en que se sustenta la producción, en donde se le da especial importancia al suelo, agua y biodiversidad; soportados en el recurso más valioso que se cuenta como es la energía solar.

Para la construcción de esta propuesta, ha sido trascendental la participación de la Fundación CIPAV, desde 1986, en donde La Reserva Natural El Hatico ha estado vinculada en investigación participativa desde sus inicios. De otra parte, los proyectos de investigación desarrollados a través del vínculo con la academia, el trabajo gremial y el fortalecimiento de los vínculos interinstitucionales e interdisciplinarios, han contribuido con el desarrollo del proyecto de vida familiar, que ha permitido tener la oportunidad de compartirlo a través de la implementación de transferencia de tecnología no solo en Colombia, sino en otros países.

Lo anterior se ha visto reflejado en haber tenido el contacto con diferentes municipios de todos los departamentos de Colombia; así como el vínculo con más de 70 países de todos los continentes, que visitan la Reserva Natural El Hatico con diferentes motivos e intereses, para un total de cerca de 18000 visitantes en los últimos 18 años.

Este proceso se ha sustentado en los principios agroecológicos que se sintetizan a continuación:

Eficiencia del sol en su actividad fotosintética y en la generación de energía fotovoltaica; Detener el deterioro y promover la recuperación del suelo; Incrementar la biomasa y diversidad vegetal; Proteger las fuentes de agua y hacer un uso racional; Incrementar la productividad animal por hectárea; Conservar la biodiversidad regional y hacer un uso sostenible de ésta asociada al sistema de producción; Asegurar el bienestar animal; Reducir las emisiones de gases efecto invernadero; Asegurar productos saludables y de calidad para el consumo humano; Asegurar la estabilidad económica del sistema de producción

El trabajo desarrollado en la Reserva Natural El Hatico demuestra que existen propuestas de producción sostenibles para mitigar el cambio climático; en el sector ganadero, con la implementación de los sistemas silvopastoriles intensivos que se convierten en la mejor alternativa para que las razas de ganados criollos y colombianos expresen su potencial productivo, reduciendo los costos de producción; y en el sector agrícola, con el cultivo de la caña de azúcar con la propuesta de un manejo agroecológico y de producción limpia, generando bienes y servicios ambientales; con la filosofía de que la conservación y la producción pueden ir de la mano.

En la gráfica 1, se muestra la incidencia de la introducción de los sistemas silvopastoriles desde 1993 en la Reserva Natural El Hatico, pasando de 2700 a 3100 litros de leche por lactancia.

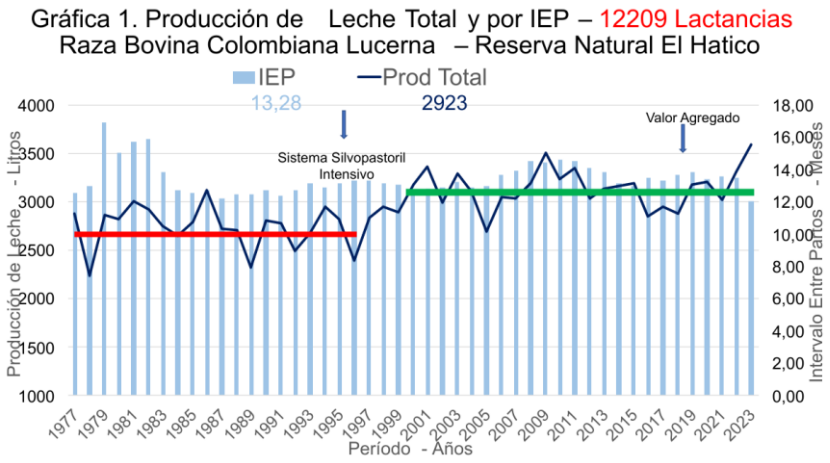
Las investigaciones realizadas en la Reserva Natural El Hatico por más de 40 años indican como el mejoramiento del suelo en sus propiedades físicas, químicas y biológicas es evidente; en donde el papel del árbol es el que dinamiza todos estos procesos, eliminando la dependencia de insumos agroquímicos dentro del sistema de producción.

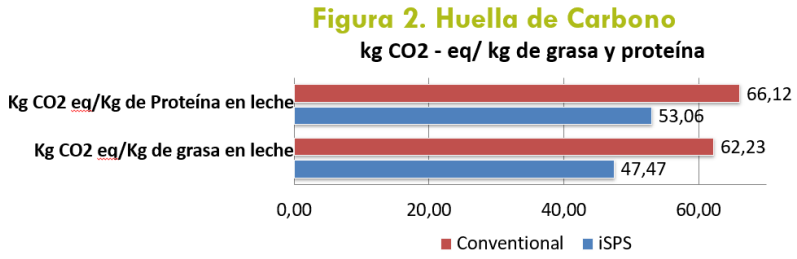
Las emisiones de gases de efecto de invernadero en sistemas de producción silvopastoril, especialmente del metano son inferiores a las del manejo convencional cuando se evalúa por kilogramo de producto final, bien sea proteína y/o grasa de la leche.

En la figura 2. Se observa la menor huella de carbono tanto para la producción de proteína (20%) como para grasa en leche de vaca (24%)









El mantenimiento y multiplicación de la biodiversidad en las diferentes formas de vida que contribuyen a los beneficios ambientales del sistema, así como la fijación de carbono en la biomasa y en el suelo por el incremento de la materia orgánica; asociados a unas menores necesidades de agua y al aprovechamiento de la energía solar para transformarla eficientemente en biomasa, garantizan que estos sistemas sean considerados como la reconversión económica, ambiental y social de la ganadería tropical.

El el cuadro 1, se listan ejemplos de posibles plagas y su control por parte de los beneficios derivados de la asociación con la diversidad funcional en el sistema de producción ganadero en la reserva natural El Hatico.

Cuadro 1.Organismos que pueden generan desequilibrio en los SSPi y sus Enemigos Naturales

Control de Garrapata	Aves como Ibis- Milvago chimachima	Consumo de los adultos
	Hormiga Ectatoma ruidum	Consume fases inmaduras en el potrero
	Hongos entomopatógenos Beauveria bassiana Metarhizium anisopliae	Infectan, controlan poblaciones y reducen capacidad reproductiva
Control de Mocis Latipes	Aves como Ibis, Therísticus caudatus. Hongos entomopatópenos	Consumo de larvas Infectan y reducen población
Mosca brava Stomoxys calcitrans Liperosia irritans	Dichotomius belus Aves Tyranidos (atrapamoscas)	Incorporan rápidamente toneladas de estiercol al suelo, evitando multiplicación de moscas en la materia orgánica fresca.
Plaga del Neltuma juliflora. Eccopsis galapagana	Crisopa Trichograma exigum	Consume larvas Parasita los huevos disminuyendo población

En el cuadro 2, se relacionan diversos beneficios al sistema de producción ganadera en El Hatico, como consecuencia del aporte de la biodiversidad funcional.

Cuadro 2, Servicios de la Biodiversidad Funcional en los SSPi

Bioestructuración del suelo	**Macroinvertebrado del suelo** **Hormigas, lombrices, coleópteros**	**Estimulan la formación de macro y micro poros en el suelo**
Polinizadores	**Abejas** **Coleópteros** **Taquínidos**	**Favorecen la producción de frutos de la flora presente en el sistema**
Fijación de nitrógeno	**Azospirillum** **Gluconacetobacter diazotrophicus** **Azotobacter**	**Ayudan en satisfacer los requerimientos de N al sistema SSPi**
Producción de Fitohormonas	**Auxinas** **Giberelinas** **Citoquininas** **Etileno** **En manejo agroecológico las plantas las producen**	**Estas hormonas condicionan procesos vitales y pemiten la adaptación a entornos cambiantes**
Solubilización del Fósforo, nitrógeno y carbono	**Micorrizas**	**Asociación simbiótica entre un hongo y las raíces de las plantas**
Actividad enzimática	**Nitrogenasa** **Fosfatasa ácida y alcalina** **Betaglucosidasa**	**Solubilización del nitrógeno, fósforo y carbono**

CONCLUSIONES

Después de 40 años de introducción de los sistemas agroforestales intensivos en la reserva El Hatico, se puede concluir que los beneficios económicos que hoy se obtienen, están directamente relacionados con la mayor eficiencia reflejada en la carga animal, incremento en la producción por animal y por hectárea, así como, con los costos evitados en la cero dependencia de insumos (fertilizantes, herbicidas), reducción significativa de riego, manejo integrado de organismos que podrían generar desequilibrio.





IP-34. Experiencia de la cría del ovino Pelibuey en la provincia Mayabeque. Finca "Los Mangos"

Experience breeding Pelibuey sheep in Mayabeque province. "Los Mangos" Farm

E. Oliva Camejo[1]; M. Alfonso Pulido [1]; M. Rodríguez Pedroso[2] y N. González González[2]*

[1]Finca "Los Mangos", Comunidad de Pedro Pi, Municipio San José de las Lajas, Provincia Mayabeque

[2]Asociación Cubana de Producción Animal, Filial Mayabeque

[*]Correspondencia a: misleydi@gmail.com, acpamayabeque@gmail.com

RESUMEN

La Finca "Los Mangos", se encuentra ubicada en el poblado "El Valle de la Victoria", en el municipio San José de las Lajas, provincia Mayabeque, Cuba. El trabajo ilustra a través de un video el emprendimiento y resultados de una productora y su familia en la cría, selección y desarrollo de un rebaño de ovino Pelibuey rojo cerezo. La finca dispone de 3,11 hectáreas de tierras con cultivo de frutales, un área de cultivos varios y pastos. Cuenta con un espejo de agua y desde hace seis años se dedica a la cría de ganado menor. Los resultados relevantes, fruto del trabajo de la familia, les permiten diseminar su genofondo con la venta de animales. Su participación en las ferias ganaderas, como expositor, le propició la venta de varios ejemplares y premios. Los resultados son el fruto del trabajo diario, del apoyo recibido por la familia. Considera que es un trabajo muy bonito, fácil para las mujeres y la motivación de sus hijas y su apoyo es esencial. Lleva mucha dedicación, amor y entrega y hay que cuidar mañana y tarde. Pero si le brindas amor y dedicación, tienes buenos resultados.

Palabras clave: *ganado menor, empoderamiento, economía familiar, experiencias exitosas*

ABSTRACT

The "Los Mangos" Farm is located in the town "El Valle de la Victoria", in the Municipality of San José de las Lajas, Mayabeque Province, Cuba. The video illustrates the undertaking and results of a producer and her family in the breeding, selection and development of a flock of cherry red Pelibuey sheep. The farm has 3.11 hectares of land with fruit trees, an area of various crops and pastures. It has a reflecting pool and has been raising small livestock for six years. The relevant results, the result of the family's work, allow them to disseminate their genofund with the sale of animals. His participation in livestock fairs, as an exhibitor, led to the sale of several animals and prizes. The results are the fruit of daily work, of the support received by the family. She considers that it is a very nice job, easy for women and the motivation of her daughters and their support is essential. It takes a lot of dedication, love and dedication and you have to take care of it morning and afternoon. But if you give it love and dedication, you have good results.

Keywords: *small livestock, empowerment, family economy, successful experiences*

DESARROLLO

La Finca "Los Mangos", considerada de referencia nacional, se encuentra ubicada en el poblado de Valle del Perú, en el municipio San José de las Lajas, provincia Mayabeque, Cuba. Pertenece a la Cooperativa de Créditos y Servicios (CCS) Nelson Fernández, se localiza en la comunidad El Valle de la Victoria, más conocida como Pedro Pi Nuevo, en San José de las Lajas, Mayabeque.

El trabajo muestra a través de un video el emprendimiento y resultados de una productora y su familia en la cría, selección y desarrollo de un rebaño de ovino Pelibuey rojo cerezo. La finca cuenta con 3,11 hectáreas de tierras propias y en usufructo. El objetivo social es el cultivo de frutales (con 12 años de explotación), tales como el mango en grandes cantidades, la guayaba y el aguacate solo para satisfacción familiar; además de un área de cultivos varios dedicados al plátano. Cuenta con un espejo de agua dedicado a la cría de tilapias.

Desde hace seis años se dedica fundamentalmente a la cría de ganado menor con el ovino Pelibuey que comenzó en el 2018 de forma empírica como actividad fundamental, partiendo de un rebaño fundacional con no más de 15 animales para la satisfacción familiar. En colaboración con la Empresa Ovina Siboney, trabajó en la mejora genética del rebaño, en la línea Pelibuey rojo cerezo. Desde hace cuatro años se vincula con la Empresa de Ganado Menor (EGAME) y en 2022 el registro nacional de razas puras y cruzamientos le otorga la condición de criador de ejemplares raciales.

Trabaja en alianza con el ICA, CIMAGT, ACPA y con la Empresa Agroforestal. Ha participado en capacitaciones que ofrece ACPA para mujeres productoras; participó en un concurso del ICA dónde se reconoció por Mejor Productora en el 2020. Se reconoce la finca por la Asociación Cubana de Producción Animal, filial Mayabeque como el primer coto genético, con la condición de Espejo de referencia nacional.

Los resultados relevantes, fruto del trabajo de la familia, les permite diseminar su genofondo con la venta de animales: 20 hembras jóvenes y 3 jóvenes sementales para Artemisa, 8 jóvenes y 2 reproductoras para Arroyo Naranjo, Habana, un semental para la finca Vista Hermosa, de Bacuranao, uno para Matanzas y otro para Santa Amelia en el Cotorro,

146-IP

La Habana. Recientemente se vendieron a la UEB Bufalina de la Empresa Agropecuaria Bacuranao 35 reproductoras, jóvenes, crías y 3 sementales. Su participación en el Recinto Ferial Lajero (febrero 2025) como expositor, le propició la venta de 8 ejemplares jóvenes a la CPA Manuel Isla.

La experiencia de la familia en la cría de ovino y en la utilización de áreas frutales para el pastoreo de los animales les permite diversificar las producciones y obtener mayores ganancias. Además la finca se utiliza como modulo representativo para la capacitación de los demás productores y de los estudiantes de la Universidad Agraria de la Habana Fructuoso Rodríguez.



Infografía. Ejemplares de las razas de ovino que dispone

Según esta productora sus resultados son el fruto de su trabajo diario, del apoyo recibido por todos los miembros de la familia. Considera que es un trabajo muy bonito, fácil para las mujeres y la motivación de sus hijas y su apoyo es esencial. Lleva mucha dedicación, amor y entrega, hay que cuidar mañana y tarde, pero si le brindas amor y dedicación, se obtienen buenos resultados.

Otro de los desafíos es incrementar la producción de alimentos a partir de la biomasa de plantas proteicas, para lo cual se fomenta la siembra de bancos de proteínas con arbustivas proteicas como la Morera y *Tithonia diversifolia*.

IP-35. Morera y Sericultura en Mayabeque. Experiencia de una producción de ciclo cerrado y transmisión de saberes

Mulberry and sericulture in Mayabeque. Experience with closed-cycle production and knowledge transfer

Y. Hernández Camejo[1]; M. Rodríguez Pedroso[2] y N. N. González González [2]*

[1]Finca Proseda, Catalina de Güines, municipio Güines, Cuba.
[2]Asociación Cubana de Producción Animal, Filial Mayabeque, Cuba.
[*]Correspondencia a: prosedacuba@gmail.com, acpamayabeque@gmail.com

RESUMEN

La Finca "Prosedacuba", se encuentra ubicada en el poblado de Catalina de Güines, municipio Güines, provincia Mayabeque, Cuba. El trabajo ilustra el emprendimiento y resultados de una productora y su familia en la cría, selección y desarrollo del gusano de seda como oficio milenario. La pequeña finca dispone de 0.25 hectáreas de tierras donde se encuentra sembrada la arbustiva *Morus alba* (morera), que se utiliza para alimentar los gusanos. Los resultados fruto del trabajo de la familia, le permiten soñar en ser una gran empresaria desde la sericultura. La participación en concursos y ferias provinciales son los escenarios donde ha mostrado su talento. Los resultados son el fruto del trabajo diario, del apoyo recibido por la familia. Considera que es un trabajo muy bonito, fácil para las mujeres y la motivación de sus hijas y esposo es esencial.

Palabras clave: *seda, gusano de seda, sericultura*

SUMMARY

The "Prosedacuba" farm is located in the town of Catalina de Güines, in the Güines municipality, Mayabeque province, Cuba. The video illustrates the entrepreneurship and results of a producer and her family in the breeding, selection, and development of silkworms as an ancient craft. The small farm has 1/4 hectare of land planted with Morus alba (mulberry), which is used to feed the worms. The results of the family's work allow her to dream of becoming a great entrepreneur through sericulture. Participating in provincial competitions and fairs are the venues where she has showcased her talent. The results are the fruit of daily work and the support received from her family. She believes it is a very beautiful job, easy for women, and the motivation of her daughters and husband is essential.

Keywords: *silk, silkworm, sericulture*

INTRODUCCIÓN

La sericultura puede ser una actividad que ofrece numerosos beneficios para las mujeres y su empoderamiento socioeconómico. Al proporcionar fuentes de ingresos, desarrollar habilidades y promover el crecimiento personal, especialmente en áreas rurales donde las oportunidades de empleo pueden ser limitadas. Al producir seda y otros productos derivados, las mujeres pueden generar ingresos y mejorar su situación económica.

El objetivo de este trabajo es dar a conocer la experiencia del empoderamiento socioeconómico de una productora que se dedica a la sericultura.

DESARROLLO

Para ilustrar el trabajo desarrollado se elaboró un video que muestra el emprendimiento de una productora que decide desafiar varios obstáculos para iniciarse en la sericultura. La narrativa se centra en las experiencias alcanzadas por esta productora de Catalina de Güines que se enamoró de los gusanos de seda, una mujer que se atrevió a abrir en Mayabeque el camino de la sericultura.

Su historia inicia hace más de un año, luego de ganar un concurso del proyecto ArteSeda promovido en la Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, en Matanzas. La obra la haría, le dijeron, a partir de… "¿Hilos de seda?", preguntó asombrada y al tiempo pensó: Será como tejer oro, recibió las madejas y entregó una obra con la cual obtuvo el tercer lugar. Cuando fue a recoger el premio, quedó enamorada de los gusanos y, de vuelta a casa, le dijo a su esposo: "yo voy a sembrar morera", una decisión que cambió su vida.

Desde aquel momento se enamoró de la sericultura y se propuso con determinación andar el camino de la seda que requería, además de trabajar la hebra delicadísima, criar el gusano de la especie *Bombyx mori*, una oruga exótica proveniente de China y así obtener su propia materia prima.

El primer reto fue sembrar la plantación de *Morus sp*. para alimentar los gusanos. Comenzó transformando una hectárea de basurero comunal, en las afueras de su localidad. Con mucho esfuerzo y empeño se logró establecer una plantación que abastecía suficiente material verde para alimentar las crías, apoyar al centro de reproducción nacional de gusanos de seda, en una ocasión y entregar semilla vegetativa a otras productoras que se inician en la actividad.

Con el objetivo de trasmitir sus saberes, desde hace más de dos años, trabaja en un círculo de interés para niñas y niños que quisieran aprender a tejer. Comenzó en la escuela primaria y posteriormente pasó a la Casa de la Cultura de Catalina de Guines, para incluir a niños de la Escuela Secundaria Básica Eumelio Torres Jacomino y otros niños de la Escuela de Enseñanza Especial Raúl Podio. Se le han otorgado varios reconocimientos y la participación en galerías de artes y pasarelas de los niños con sus propias creaciones.

Su interés por la artesanía y su creatividad le han permitido elaborar verdaderas obras de arte que se comercializan y se presentan en las ferias y eventos de la provincia. Las materias primas fundamentales son los capullos de los gusanos de seda y el tejido a crochet con sus hilos. Entre sus aspiraciones se destaca su perseverancia e interés en producir el hilo de sutura tan necesario para nuestros hospitales. Además de continuar enamorando a muchas personas para incrementar estas producciones y contribuir de esta forma al desarrollo de la sericultura en Cuba.



Infografía. Imágenes del video

IP-36. Experiencias del desarrollo de la apicultura en la finca Atalaya 1 en Mayabeque, Cuba

Experiences in the development of beekeeping at the Atalaya 1 farm in Mayabeque, Cuba

Y. Quiñones Izquierdo[12]; M. Rodríguez Pedroso[2] e I. Scull Rodríguez[32]*

[1]Universidad Agraria de la Habana Fructuoso Rodríguez, [2]Asociación Cubana de Producción Animal Provincial y [3]Instituto de Ciencia Animal

[*]Correspondencia a: yadielquinones596@gmail.com

RESUMEN

La Finca Agroecológica Atalaya 1 se encuentra ubicada en el poblado El Mamey, municipio San Nicolás, provincia Mayabeque, constituye uno de los escenarios del proyecto: Apoyo al relevo generacional del sector apícola de la provincia Mayabeque. Es un referente para el desarrollo de la apicultura local y para el emprendimiento de los jóvenes, aunque el hábitat de la finca se considera idóneo para el desarrollo de las abejas por su abundante vegetación es necesario incrementar las producciones de miel y sus subproductos. Es por ello, que el objetivo de este trabajo es socializar la experiencia del desarrollo de la apicultura en la finca Atalaya 1. Entre las principales acciones, en la primera etapa, se estableció un vivero de plantas ornamentales, donde se cultivan diferentes especies. Garantizar la flora melífera repercutió en la supervivencia y continua proliferación de las abejas y por tanto en su incremento en las colmenas. Asimismo, aumentó el número de agentes polinizadores. Se realizó un encuentro de conocimiento con muy buena participación de los estudiantes de la Escuela Secundaria Básica de la localidad. Se obtuvieron resultados satisfactorios y alentadores que demostraron que los jóvenes están motivados por el tema de la apicultura y se participó en un evento en Francia auspiciado por la organización Socorro Francés. Se dispone en el municipio San Nicolás de una finca donde se están llevando a cabo iniciativas exitosas para el rescate de la práctica tradicional de la meliponicultura, que constituye una fuente de recursos económicos y desarrollo sustentable de la localidad.

Palabras clave: *Polinizadores, abejas, flora melífera*

ABSTRACT

Atalaya 1 Agroecological Farm is located in the town of El Mamey, San Nicolás municipality, Mayabeque province. It constitutes one of the settings for the project "Support for Generational Turnover in the Apiculture Sector of Mayabeque Province." It is a reference point for the development of local beekeeping and for youth entrepreneurship. Although the farm's habitat is considered ideal for bee development due to its abundant vegetation, it is necessary to increase the production of honey and its by-products. Therefore, the objective of this work is to share the experience of developing beekeeping on the Atalaya 1 farm. Among the main actions, in the first stage, an ornamental plant nursery was established, where species are cultivated. Ensuring the meliferous flora had an impact on the survival and continuous proliferation of the bees, and therefore on their increase in the hives. Likewise, the number of pollinators increased. A knowledge sharing meeting was held with very good participation from secondary school students. Satisfactory and encouraging results were obtained, demonstrating that young people are motivated by the topic of beekeeping. Participation took place in an event in France sponsored by the French Relief organization (Socorro Francés). The municipality of San Nicolás has a farm where successful initiatives are being carried out to rescue the traditional practice of meliponiculture, which constitutes a source of economic resources and sustainable development for the locality.

Keywords: *Pollinators, bees, honey flora*

INTRODUCCIÓN

La Finca Agroecológica Atalaya 1, ubicada en el poblado El Mamey, municipio San Nicolás, provincia Mayabeque Cuba, posee un hábitat que se considera idóneo para el desarrollo de las abejas por su abundante vegetación y árboles frutales, no obstante, fue necesario trazar una estrategia de desarrollo para incrementar las producciones de miel y sus subproductos.

La finca constituye uno de los escenarios del proyecto: Apoyo al relevo generacional del sector apícola de la provincia Mayabeque, que dirige la Asociación Cubana de Producción Animal (ACPA) en colaboración con el Apoyo del Socorro Popular Francés (SPF). Además, constituye un referente para el desarrollo de la apicultura local y para el emprendimiento de los jóvenes en esta actividad.

Es por ello que objetivo de este trabajo es socializar la experiencia del desarrollo de la apicultura en la finca Atalaya 1.

150-IP

DESARROLLO

Entre las principales acciones, en la primera etapa, se estableció un vivero de plantas ornamentales, donde se cultivan especies de interés apícola, en su mayoría exóticas. Dado que una de las mayores problemáticas dentro de la apicultura en nuestro país es la carencia de flora melífera durante determinados meses del año, se logró disponer de especies con abundante floración durante todo el año. Algunas de estas plantas melíferas son de reciente introducción al país y se destacan por su tolerancia a nuestro clima y fácil propagación. La Lippia, es una de las especies con mejores resultados. Es una planta arbustiva con pequeñas flores blancas que le aporta a la miel un sabor dulce característico y agradable. Esta estrategia con los cultivos posibilitó asegurar el alimento de las abejas, durante el verano y mantener el rendimiento de las producciones de miel.



Grosellero de la Florida



Girasol aro de fuego

Garantizar la flora melífera repercutió en la supervivencia y continua proliferación de las abejas y por tanto en su incremento en las colmenas. Asimismo, creció la cantidad de colmenas, ya que el proyecto inició con una y actualmente se trabaja con diez colmenas. También aumentó el número de agentes polinizadores como los colibríes. Ahora esta especie amenazada nidifica y se reproduce satisfactoriamente dentro del área de la finca, con el aumento de su población.



Flor de la Lippia



Colmena de *Melipona beecheii*

La crianza de la *Melipona beecheii* se trabaja con colmenas del tipo IMPA, divididas en base, nido, sobre nido y alzas meleras. Este sistema es práctico y rápido a la hora de dividir colmenas. Esto nos ha permitido una cosecha óptima de mayor calidad en un menor tiempo y con una mínima perturbación a las abejas. Las colmenas se confeccionaron con maderas recicladas, rescatadas en su gran mayoría tras la tala de árboles que ofrecían riesgo a infraestructuras de viviendas o tras desastres naturales.

Otro aspecto a destacar, es la instalación en la finca de hoteles para abejas, lo que incrementó la presencia de las abejas nativas y solitarias, ahora estas otras especies tienen un lugar seguro dónde reproducirse. Aunque, estos últimos polinizadores se encuentran en menor cantidad evidencian la buena disponibilidad de recursos y actúan como indicador biológico demostrando el entorno adecuado y la efectividad de estas prácticas.

Las estrategias y prácticas implementadas permitieron desarrollar una nueva fuente de ingresos y crecer económicamente. La comercialización de la miel va en aumento y tiene muy buena aceptación por sus peculiaridades en cuanto a sabor y textura. Otros productos como el propóleos y la cera también son comercializados. Actualmente, una parte de las producciones se destina para la elaboración de cosméticos.



Estudiantes del círculo de interés de apicultura



Foto tomada durante el evento auspiciado por el Socorro Popular Francés

Para contribuir con el rescate de esta práctica ancestral y la educación de las nuevas generaciones, una de las prioridades del proyecto se basa en visitas a las escuelas del municipio explicándoles a los estudiantes la importancia de la apicultura para el medio ambiente y el desarrollo sostenible de nuestra localidad. Para garantizar la continuidad de este trabajo se constituyeron dos círculos de interés en el municipio, uno con estudiantes de secundaria y otro con estudiantes de preuniversitario. Se realizó un encuentro de conocimiento con muy buena participación de los estudiantes de la secundaria básica. Se obtuvieron resultados satisfactorios y alentadores que demostraron que los jóvenes están motivados por el tema de la apicultura.

Además, se han capacitado a productores jóvenes y mujeres en diferentes temas de apicultura, algunos de los cuales han visitado la finca para obtener experiencias en el trabajo con las abejas. Todo esto con el objetivo de sembrar conciencia en la población y demostrarles que estos insectos no son perjudiciales y que sean capaces de entender la importante tarea que cumple cada ser vivo en la tierra, por pequeño que sea.

Como parte del proyecto y por la ACPA, se participó en un evento en Francia auspiciado por la organización Socorro Francés. Entre las principales actividades que se desarrollaron estuvo la socialización con jóvenes de diferentes países sobre disímiles temas de actualidad y de la agricultura. Además, se visitaron diferentes fincas y se intercambió con los productores. Esta fue una experiencia fructífera para continuar con la ejecución del proyecto.

En el contexto actual, la meliponicultura se puede utilizar como instrumento de cambio social. Esta práctica ofrece la creación de nuevos empleos y la oportunidad de inclusión de los jóvenes en la actividad, con la capacidad de generar beneficios económicos. Este saber ancestral está logrando la visibilidad y empoderamiento de los jóvenes de la comunidad, muchos de los cuales se han sumado al proyecto.

Dentro de las perspectivas futuras está continuar los trabajos relacionados con el efecto que tienen las plantas introducidas y la flora presente en el entorno sobre los polinizadores y la calidad de la miel.

Se dispone en el municipio San Nicolás de una finca donde se están llevando a cabo iniciativas exitosas para el rescate de la práctica tradicional de la meliponicultura, con la participación destacada de los jóvenes. Por lo que su implementación y desarrollo se está consolidando como una fuente de recursos económicos y desarrollo sustentable de la localidad. Las técnicas utilizadas tales como: la conformación de un vivero o jardín de especies exóticas y la instalación de hoteles para abejas, permitió incrementos significativos en las producciones, por lo que se recomiendan ambas prácticas para obtener resultados satisfactorios.

152-IP

IP-37. Experiencia de una productora de conejos de la provincia Mayabeque. Finca Monserrate

Experience of rabbit farmers in Mayabeque province. Monserrate Farm

Y. Cabrera Cuevas[1]; R. Vasallo Domínguez[1]; M. Rodríguez Pedroso[2] y N. González González[2]

[1]Finca Monserrate. Valle de Perú, Municipio San José de las Lajas. Provincia Mayabeque.

[2]Asociación Cubana de Producción Animal, Filial Mayabeque.

[*]Correspondencia a: misleydi@gmail.com

RESUMEN

La Finca Monserrate, considerada de referencia nacional, se encuentra ubicada en el poblado de Valle del Perú, en el Municipio San José de las Lajas, Provincia Mayabeque, Cuba. Pertenece a la Cooperativa de Crédito y Servicios " (CCS) Camilo Cienfuegos. Los resultados relevantes, fruto del trabajo de la familia, propiciaron la cantera para formar parte del proyecto de colaboración "Apoyo al desarrollo Socioeconómico de la Cooperativa de Crédito y Servicios " (CCS) Camilo Cienfuegos" financiado por Ayuda Popular Noruega (APN). Yaney Cabrera comienza como beneficiaria del proyecto y como miembro de la Sociedad Cubana de Cunicultura y Cuyecultura y presidenta del órgano de base de las 40 productoras que forman parte del proyecto. La cría de conejo en la finca pasó de ser una producción de subsistencia a un negocio familiar. El proyecto comenzó con la proyección de cría, de diez reproductoras y un semental, y en la actualidad dispone de una masa de 60 reproductoras y seis sementales, teniendo resultados satisfactorios. El incremento en el rendimiento de carne por año y la producción total de 4048.04 kg en estos tres años, constituye un aporte considerable a la economía familiar. El mercado de estas producciones se realiza en la propia finca y además ya se realizan ventas a un restaurante del Barrio Chino en Ciudad de la Habana. Se siente una mujer empoderada que contribuye junto con su esposo en la economía de la casa y en la alimentación de su familia. Entre sus proyecciones futuras se encuentra continuar diversificando sus producciones con la especie caprina.

Palabras clave: *conejos, empoderamiento, economía familiar, experiencias exitosas*

ABSTRACT

The Monserrate Farm, considered a national reference, is located in the town of Valle del Perú, in the San José de las Lajas Municipality, Mayabeque Province, Cuba. It belongs to the Camilo Cienfuegos Credit and Services Cooperative (CCS). The significant results, fruit of the family's work, led to the selection of the group to become part of the collaborative project "Supporting the Socioeconomic Development of the Camilo Cienfuegos Credit and Services Cooperative (CCS)," funded by Norwegian People's Aid (APN). Yaney Cabrera begins her career as a beneficiary of the project, a member of the Cuban Society of Rabbit and Guinea Pig Breeding, and president of the grassroots organization for the 40 producers participating in the project. Rabbit breeding on the farm has evolved from a subsistence production to a family business. The project began with the breeding of ten breeding sows and one stud, and currently has a population of 60 breeding sows and six studs, with satisfactory results. The increase in meat yield per year and the total production of 4,048.04 kg over these three years constitutes a considerable contribution to the family economy. These products are marketed on the farm itself, and they already sell to a restaurant in Havana's Chinatown. She feels empowered, contributing alongside her husband to the household budget and the family's food. Her future plans include continuing to diversify her production with goats.

Keywords: *rabbits, empowerment, family economy, successful experiences*

DESARROLLO

La Finca Monserrate, considerada de referencia nacional, se encuentra ubicada en el poblado de Valle del Perú, en el Municipio San José de las Lajas, Provincia Mayabeque, Cuba. Pertenece a la Cooperativa de Crédito y Servicios " (CCS) Camilo Cienfuegos. Los resultados relevantes, fruto del trabajo de la familia, propiciaron la cantera para formar parte del proyecto de colaboración "Apoyo al desarrollo Socioeconómico de la Cooperativa de Crédito y Servicios " (CCS) Camilo Cienfuegos" financiado por Ayuda Popular Noruega (APN).

La experiencia de la familia en la cría de varias especies como cerdo, aves de patio y conejos, le permitieron un desarrollo vertiginoso en la producción y contribución de alimentos en el sector. Los propietarios de la finca son miembros de la Asociación Cubana de Producción Animal (ACPA), Filial Mayabeque desde el 2020. A partir de esta fecha, Yaney Cabrera comienza como beneficiaria del proyecto y como miembro de la Sociedad Cubana de Cunicultura y Cuyecultura y presidenta del órgano de base de las 40 productoras que forman parte del proyecto.

La cría de conejo en la finca pasó de ser una producción de subsistencia a un negocio familiar. El proyecto comenzó con la proyección de cría, de diez reproductoras y un semental, y en la actualidad dispone de una masa de 60 reproductoras y seis sementales, teniendo resultados satisfactorios (figura 1). El incremento en el rendimiento de carne por año y la producción total de 4048.04 kg en estos tres años, constituye un aporte considerable a la economía familiar. El mercado de estas producciones se realiza en la propia finca y además se realizan ventas a un restaurante del Barrio Chino en Ciudad de la Habana.

En su conejar predomina la raza Pardo cubano aunque dispone de otras razas como el Semi Gigante, Chinchilla, California y Nueva Zelanda todas procedentes de coto genético (raza pura) del pie de cría de la Granja 26 de Julio. Entre sus aspiraciones está llegar a ser un centro multiplicador. Su aporte fue considerable para la continuidad del proyecto, ya que se logró a partir del intercambio de sus crías, repoblar los patios de las demás productoras, después de la epidemia.

La finca se utiliza como modulo representativo para la capacitación del resto de las productoras del proyecto y para el intercambio con otros proyectos, incluso de otras provincias del país. Su experiencia y la de las demás productoras se difunden en los diferentes medios de prensa (periódico, Mayabeque y Tribuna de la Habana), talleres de intercambio y eventos.

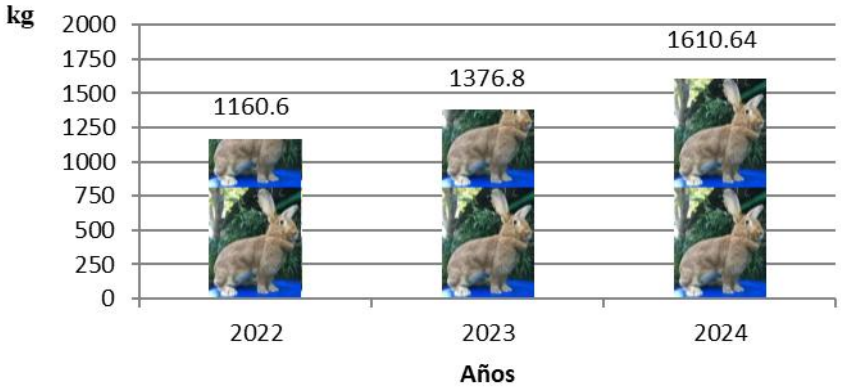


Figura 1. *Producción de carne de conejo en los últimos tres años.*



Infografía. Ejemplares de las razas de conejo que dispone y de las instalaciones

Según esta productora sus resultados son el fruto de su trabajo diario, del apoyo recibido por el proyecto y las capacitaciones constantes. Considera que es un trabajo muy bonito, fácil para las mujeres. Lleva mucha dedicación, amor y entrega porque es un trabajo de mucha constancia donde hay que observar a los animales durante el momento de la alimentación y dedicarles tiempo durante el día. Si se le brinda amor y dedicación, se tienen buenos resultados.

La productora se siente una mujer empoderada que contribuye junto con su esposo en la economía de la casa y en la alimentación de su familia. Trabaja en la diversificación de la finca, recientemente comenzó a trabajar con la especie caprina. Ya en estos momentos dispone de 24 reproductoras, 19 hembras en desarrollo, siete crías hembras y un semental.

Otro de los desafíos es incrementar la producción de alimentos a partir de la biomasa de plantas proteicas. Ya comenzaron la siembra de Morera sp. y *Tithonia diversifolia*. La base alimentaria fundamental para los conejos se basa en el uso de la caña de azúcar, bejuco de boniato *(Ipomea batata*) y glycine *(Neotonia wighii)*.

IP-38. Sistematización del diseño y validación de guías técnico-pedagógicas para Escuelas de Campo en ganadería sostenible en Honduras

J.C. Flores[1]; E. Garcia[1]; C. Villanueva[1] y C. Tabora[2]*

[1]Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Cartago, Turrialba 30501 Costa Rica

[2] Heifer Internacional, Honduras (carlos.tabora@heifer.org)

[*]Correspondencia a: juan.flores@catie.ac.cr

RESUMEN

Este artículo sistematiza el proceso de diseño, elaboración y validación de materiales didácticos para el fortalecimiento de capacidades técnicas en ganadería sostenible, en el marco del Proyecto MAF-Ganadería-HN en Honduras. El objetivo central fue desarrollar un currículo técnico-pedagógico alineado con la metodología de Escuelas de Campo para Productores Ganaderos (ECAs), integrando principios de educación de adultos y aprendizaje experiencial. La metodología empleada combinó talleres de co-creación, revisión cruzada y simulacros de implementación en campo, con la participación de más de 30 especialistas de instituciones académicas, técnicas y gremiales. Se elaboraron 52 guías de capacitación y fichas metodológicas, organizadas en cinco módulos temáticos, con énfasis en prácticas silvopastoriles. Entre los principales resultados se destacan la validación del enfoque metodológico, la utilidad práctica del material generado y el fortalecimiento de capacidades institucionales en diseño curricular participativo. Las ECAs demostraron ser espacios eficaces para la adopción de prácticas sostenibles en fincas ganaderas. Se concluye que el enfoque colaborativo, el uso de estrategias andragógicas y la integración de herramientas digitales permiten escalar el modelo ECA hacia otros territorios de la región mesoamericana. Se identifican retos clave como la necesidad de formación continua de facilitadores, la adaptación contextual de las guías y la consolidación de mecanismos de monitoreo pedagógico.

Palabras clave: *escuelas de campo, sistemas silvopastoriles, ganadería sostenible, educación de adultos, metodologías participativas, Honduras.*

ABSTRACT

This article systematizes the process of designing, developing, and validating educational materials to strengthen technical capacities in sustainable livestock, within the framework of the MAF-Livestock-HN Project in Honduras. The central objective was to develop a technical-pedagogical curriculum aligned with the methodology of Farmer Field Schools for Livestock Producers (ECAs), integrating principles of adult education and experiential learning. The methodology combined co-creation workshops, peer review, and field simulation exercises, engaging more than 30 specialists from academic, technical, and producer organizations. A total of 52 training guides and methodological scripts were produced, organized into five thematic modules, with emphasis on silvopastoral practices. The main results highlight the validation of the methodological approach, the practical usefulness of the materials generated, and the strengthening of institutional capacities in participatory curriculum design. ECAs proved to be effective spaces for the adoption of sustainable practices on livestock farms. It is concluded that the collaborative approach, the use of andragogical strategies, and the integration of digital tools enable the scaling up of the ECA model to other territories of the Mesoamerican region. Key challenges identified include the need for continuous facilitator training, contextual adaptation of the guides, and the consolidation of pedagogical monitoring mechanisms.

Keywords: *farmer field schools, silvopastoral systems, sustainable livestock, adult education, participatory methodologies, Honduras.*

INTRODUCCIÓN

La transformación de los sistemas ganaderos hacia modelos más sostenibles es un desafío estratégico para América Latina, debido a su contribución significativa a la deforestación, la degradación de suelos y la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) (FAO, 2018; Murgueitio et al., 2011). En Honduras, la ganadería ocupa alrededor del 40 % del territorio nacional (SAG, 2021) y constituye una de las principales causas de cambio de uso del suelo. Según el Inventario Nacional de Emisiones de GEI, el subsector ganadero representa aproximadamente el 26 % de las emisiones del sector AFOLU, principalmente por fermentación entérica y manejo de estiércol (SERNA, 2021).

Además de su impacto ambiental, el sector enfrenta problemas estructurales como baja productividad, degradación de pasturas, escasa asistencia técnica y una débil articulación institucional. También persiste una limitada inclusión de mujeres y jóvenes en procesos de innovación y formación rural (FAO & IICA, 2017; SAG, 2020). Estas condiciones demandan modelos de extensión más eficaces, centrados en el aprendizaje activo, la experimentación colectiva y la apropiación territorial del conocimiento técnico.

En este contexto, las Escuelas de Campo para Productores (ECAs) se consolidan como una estrategia metodológica relevante. Inspiradas en principios de educación no formal y aprendizaje experiencial, las ECAs han demostrado eficacia en diversos programas agropecuarios desde su origen en Asia (Pontius et al., 2002) y su expansión a América Latina (Braun et al., 2000; van den Berg & Jiggins, 2007). En el ámbito pecuario, han sido utilizadas para fortalecer capacidades

en sanidad animal, alimentación, reproducción, gestión de fincas y adopción de prácticas sostenibles como los sistemas silvopastoriles (Pezo et al., 2007; Giraldo & Roshetko, 2011). Estudios recientes, como los realizados por FAO (2023) y experiencias regionales de ILRI y Heifer International, han documentado impactos positivos de las ECAs en la adopción de tecnologías, mejora de ingresos y sostenibilidad ambiental de los sistemas ganaderos.

Cabe destacar la amplia trayectoria del CATIE en el desarrollo, adaptación e implementación de metodologías participativas como las ECAs en América Latina. Desde inicios de la década del 2000, el CATIE ha promovido experiencias de ECAs en contextos agroforestales, sistemas silvopastoriles y ganadería climáticamente inteligente en países como Nicaragua, Costa Rica, Guatemala y Honduras (Pezo et al., 2007; CATIE, 2019). Su enfoque ha priorizado el aprendizaje basado en la experiencia, el fortalecimiento de capacidades locales y la gestión sostenible de paisajes rurales, contribuyendo significativamente a la institucionalización de las ECAs como herramienta clave para la extensión agropecuaria y la educación de adultos rurales.

El Proyecto MAF-Ganadería-HN ha adoptado la metodología ECA como eje articulador de su estrategia de fortalecimiento de capacidades para una ganadería climáticamente inteligente. En su primera fase, prevé la instalación de 62 ECAs en tres regiones del país, que representan las zonas de mayor actividad ganadera y abarcan una diversidad de condiciones agroecológicas, variando desde climas secos hasta húmedos, beneficiando a más de 1.500 familias ganaderas mediante la implementación de 17 Prácticas Ganaderas Sostenibles (PGS), agrupadas en cinco módulos: sistemas silvopastoriles, nutrición y alimentación animal, salud y reproducción, infraestructura productiva, y gestión y administración pecuaria.

Un componente distintivo e innovador de esta experiencia ha sido el proceso de sistematización colaborativa para el desarrollo del currículo técnico-pedagógico que respalda las sesiones de campo. La elaboración de 52 guías metodológicas y fichas técnicas fue posible gracias a un enfoque multiinstitucional que integró a más de 30 especialistas de universidades (UNAG, CURLA, Zamorano), centros de investigación (CATIE), organizaciones no gubernamentales (Heifer International, FUNDER), federaciones gremiales (FENAGH, CAFOGAH) y equipos técnicos del proyecto. El trabajo se desarrolló mediante talleres presenciales, sesiones de revisión cruzada, simulacros de campo y validaciones metodológicas. Este proceso innovador no solo generó contenidos contextualizados, sino que también promovió el fortalecimiento de una comunidad de práctica comprometida con la extensión participativa.

Esta contribución documenta y analiza el proceso de diseño e implementación del currículo ECA, con énfasis en los elementos técnicos, metodológicos e institucionales que lo sustentan. Se presta atención especial al módulo de sistemas silvopastoriles, por su relevancia en la mitigación de emisiones de GEI, la restauración de paisajes productivos y el bienestar animal. Asimismo, se discuten los aprendizajes obtenidos, los desafíos enfrentados y las lecciones clave para la replicabilidad y escalamiento de esta estrategia en otros contextos rurales de la región mesoamericana.

MATERIALES Y MÉTODOS

Metodología

El diseño y validación de los materiales didácticos del Proyecto MAF Ganadería HN se organizó en cuatro fases: (i) planificación curricular y priorización, (ii) desarrollo colaborativo de contenidos, (iii) validación técnica y metodológica, y (iv) sistematización y digitalización. Este proceso adoptó principios de educación de adultos, aprendizaje experiencial y extensión rural participativa, sustentándose en el modelo de diseño instruccional ADDIE y en fundamentos andragógicos (Strategy for Strengthening Technical Capacities, 2024).

A continuación, se presenta una síntesis de las fases metodológicas desarrolladas en el marco del Proyecto MAF-Ganadería-HN. La Tabla 1 organiza los principales actores involucrados, los productos generados y las herramientas utilizadas en cada fase, permitiendo visualizar de manera estructurada la lógica del proceso seguido.

Tabla 1. *Resumen de fases metodológicas en el diseño e implementación de materiales didácticos del Proyecto MAF-Ganadería-HN.*

Fase	Actores involucrados	Productos	Herramientas utilizadas
Planificación curricular y priorización temática	CATIE, SAG, UNAG, CURLA, Zamorano, FENAGH, CAFOGAH, Heifer, FUNDER	17 Prácticas Ganaderas Sostenibles (PGS) organizadas en 5 módulos temáticos	Talleres participativos, diagnóstico territorial, priorización temática
Desarrollo colaborativo de contenidos	Más de 30 expertos de universidades, ONG, gremios, CATIE	52 guías técnicas didácticas con enfoque ECA	Talleres presenciales, rúbricas, matrices de secuencia, retroalimentación cruzada

Validación técnica y metodológica	Especialistas técnicos, facilitadores de campo, productores líderes	Guías ajustadas con base en simulacros de implementación	Simulacros de campo, rúbricas de evaluación, revisión por pares
Sistematización y digitalización	CATIE, equipo técnico, especialistas	Guías digitalizadas en plataforma RISE para SAG	Bitácoras, actas, grabaciones, Articulate 360 (RISE)

2.1 Planificación curricular y priorización temática

Esta etapa consistió en la definición estratégica de los contenidos del currículo ECA, basada en un análisis territorial participativo. Un comité técnico interinstitucional integrado por CATIE, SAG, universidades (UNAG, CURLA, Zamorano), gremios (FENAGH, CAFOGAH), ONG (Heifer, FUNDER) y centros de investigación seleccionó, mediante talleres participativos, 17 Prácticas Ganaderas Sostenibles (PGS). Estas fueron agrupadas en cinco módulos temáticos. La priorización se realizó en función del potencial de mitigación de GEI, pertinencia productiva, replicabilidad y adecuación a los contextos locales (Pezo et al., 2007; FAO & IICA, 2017).

2.2 Desarrollo colaborativo de contenidos

Durante esta fase, más de 30 especialistas colaboraron en la elaboración de 52 guías didácticas. Se aplicó una metodología de co-creación basada en talleres presenciales en los que se integraron saberes técnicos y conocimientos locales. Se utilizaron rúbricas para guiar la estructura de los contenidos, matrices de secuencia para organizar los eventos de aprendizaje, y sesiones de retroalimentación cruzada entre especialistas para fortalecer la coherencia pedagógica. Las guías fueron construidas con base en los principios metodológicos de las ECAs, enfocándose en el aprendizaje vivencial, participativo y contextualizado (Chambers, 1994; Frio & Gray, 2002). Por ejemplo, en el módulo de nutrición y alimentación animal se desarrollaron guías sobre "Pastoreo Racional Intensivo" y "Forraje Conservado", integrando experiencias exitosas de fincas modelo y estrategias locales de manejo de pasturas.

2.3 Validación técnica y metodológica

En esta etapa, se realizaron revisiones por pares para asegurar la calidad técnico-pedagógica de los contenidos. Posteriormente, se llevaron a cabo simulacros en fincas piloto ubicadas en Catacamas y Choluteca. Estas sesiones permitieron evaluar la duración, claridad, aplicabilidad y respuesta de los participantes, así como la preparación de los facilitadores. A partir de estos ejercicios, se realizaron ajustes en contenidos, lenguaje, secuencia metodológica y actividades prácticas (Giraldo & Roshetko, 2011; Shekmohammed & Lemma, 2023). Se reforzó la flexibilidad de las guías para adaptarse a diferentes realidades productivas. Como ejemplo, la guía sobre "Prevención y control del gusano barrenador" fue fortalecida mediante recursos audiovisuales y discusiones grupales, dada la ausencia de casos activos en las fincas durante los simulacros. Asimismo, la guía de "Calidad de la leche" fue validada mediante pruebas prácticas de mastitis con participación directa de los facilitadores.

2.4 Sistematización y digitalización

Esta fase implicó la documentación integral del proceso mediante bitácoras, actas, listas de asistencia y grabaciones de los talleres y simulacros. Las guías finalizadas fueron estandarizadas y editadas con miras a su futura digitalización en formato navegable en la plataforma RISE (Articulate 360), lo que permitirá su integración a la Plataforma Virtual de Capacitación de la SAG. Este paso se encuentra en planificación y se considera clave para garantizar accesibilidad, escalabilidad y actualización continua de los materiales. Asimismo, se prevé incorporar recursos multimedia (videos, infografías, miniguías) y establecer la base para un sistema de monitoreo de calidad y seguimiento pedagógico, con énfasis en la mejora continua y la trazabilidad de aprendizajes (CATIE, 2025).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El proceso de diseño, elaboración y validación de las guías metodológicas del Proyecto MAF-Ganadería-HN generó aprendizajes y resultados relevantes en cuatro dimensiones: técnica-curricular, metodológica-formativa, organizativa-institucional y estratégica-operativa. Este esfuerzo articulado permitió sentar las bases de un modelo pedagógico robusto y contextualizado para la capacitación de más de 1,500 familias ganaderas mediante Escuelas de Campo (ECAs).

En el ámbito técnico-curricular, se logró la elaboración colaborativa de 52 guías didácticas (Tabla 2), agrupadas en cinco módulos temáticos y organizadas en torno a 17 Prácticas Ganaderas Sostenibles (PGS). Cada guía fue estructurada de manera uniforme, incorporando descripción técnica de la práctica, objetivos de aprendizaje, actividades participativas, ejercicios prácticos, herramientas de seguimiento y orientaciones para la evaluación en campo. Estas guías constituyen la base del currículo formativo para facilitadores de campo y se complementan con una guía metodológica transversal que detalla los principios de las ECAs, su lógica pedagógica y el rol del facilitador.



Tabla 2. *Módulos temáticos y guías asociadas en el currículo del Proyecto MAF-Ganadería-HN.*

Módulo temático	Número de guías	Ejemplos de temas incluidos
Sistemas Silvopastoriles	15	Árboles dispersos, cercas vivas, regeneración natural, bancos forrajeros
Nutrición y Alimentación Animal	12	Pastoreo racional, conservación de forrajes, balance forrajero
Salud y Reproducción Animal	17	Calidad de leche, manejo de parásitos, manejo reproductivo
Infraestructura	5	Biodigestores, manejo de residuos, bienestar animal
Gestión y Administración Pecuaria	3	Planificación ECA, registros contables, gobernanza local

Entre 2024 y el primer semestre de 2025 se desarrollaron cuatro talleres nacionales que combinaron procesos de co-creación, revisión cruzada, simulacros y validación de las guías metodológicas en condiciones reales de finca. Estos espacios permitieron integrar la participación de especialistas, facilitadores y productores líderes, ajustando contenidos y metodologías de acuerdo con los contextos locales.

Los resultados de este proceso mostraron que el 85 % de las guías eran directamente aplicables, mientras que el 15 % restante requirió ajustes menores en duración, lenguaje técnico y secuencia de actividades. Las sesiones prácticas, como las dedicadas al Establecimiento de Pasturas Mejoradas, la Calidad de la Leche, los Bancos Forrajeros y el Pastoreo Racional Intensivo, evidenciaron la capacidad de las ECAs para generar aprendizaje vivencial y facilitar la apropiación de los contenidos.

De estas experiencias surgieron recomendaciones clave:

- Asegurar que las guías contemplen opciones de ajuste en función de infraestructura, recursos y estacionalidad.
- Incorporar diagnósticos rápidos al inicio de cada ciclo de capacitación.
- Diseñar bitácoras de réplica que documenten aprendizajes y retroalimentación de productores.

En el plano organizativo-institucional, el desarrollo del currículo y las guías fue un ejercicio de articulación entre universidades (UNAG, CURLA, Zamorano), ONG (Heifer, FUNDER), gremios (FENAGH, CAFOGAH, FEGASURH), centros de investigación (CATIE) y entidades públicas como SAG-DICTA y SERNA. Esta diversidad institucional permitió generar un lenguaje técnico común, integrar conocimientos acumulados durante más de dos décadas de trabajo en extensión agropecuaria y consolidar una corresponsabilidad nacional en torno al currículo ECA. Además, los talleres de trabajo funcionaron como espacios de formación continua, en los que los especialistas reforzaron sus competencias en diseño pedagógico, metodologías participativas y enfoques transversales como género, juventud e interculturalidad.

En la dimensión estratégica-operativa, se avanzó en la planificación para digitalizar todas las guías en formato navegable en la plataforma RISE (Articulate 360), lo que permitirá en el futuro su consulta en línea, actualización permanente e integración en la Plataforma Virtual de Capacitación de la SAG. Aunque este proceso aún no se ha implementado, su incorporación se considera clave para asegurar la escalabilidad y sostenibilidad del modelo, en línea con tendencias internacionales en extensión agropecuaria digital (FAO, 2021; World Bank, 2020; Rivera et al., 2019).

Desde una perspectiva pedagógica, el proceso se sustentó en principios de la andragogía, el aprendizaje experiencial y la planificación por competencias, como proponen Knowles (1984), Chambers (1994) y Kolb (1984). Esta combinación favoreció una alineación efectiva entre los contenidos propuestos y los saberes previos, necesidades productivas y contextos socioculturales de las familias ganaderas. La estructura secuencial de las guías facilitó el tránsito entre teoría y práctica, consolidando el enfoque de "aprender haciendo" que caracteriza a las ECAs (Van den Berg & Jiggins, 2007; Braun et al., 2000).

Este enfoque pedagógico encuentra respaldo en estudios recientes de educación agrícola. Coleman et al. (2024) revisan el aprendizaje experiencial, proponiendo un modelo holístico que integra proceso y contexto en escenarios formativos. Poudel (2024) aporta evidencia sobre los beneficios de sistemas silvopastoriles, mayor bienestar animal, salud del suelo y mitigación del cambio climático, corroborando la pertinencia de las guías de silvopastoreo. Scott (2023) subraya la urgencia de integrar teorías de aprendizaje en programas prácticos del sector ganadero. Además, intervenciones

digitales como las evaluadas por Brandão (2023) muestran cómo la formación en línea puede ampliar el alcance y efectividad de las capacitaciones rurales. Finalmente, Ikendi (2025) confirma el impacto positivo de programas de capacitación ganadera en la adopción de prácticas sostenibles por parte de pequeños productores.

Uno de los rasgos distintivos del proceso fue su enfoque participativo e interinstitucional. La articulación de más de 30 especialistas provenientes de universidades, gremios, ONG y centros de investigación permitió consolidar una comunidad técnica de práctica con legitimidad territorial. Esta diversidad institucional replicó experiencias exitosas de co-creación curricular en programas de innovación agropecuaria en América Latina (Klerkx et al., 2012; Hartwich et al., 2007; Rivera & Alex, 2004).

La validación metodológica en campo puso en evidencia fortalezas importantes, pero también áreas críticas de mejora. Aunque una parte significativa de las guías fue considerada útil, accesible y pertinente, se identificaron desafíos vinculados a la densidad de contenidos, la complejidad técnica de algunos temas y la limitada capacidad pedagógica de ciertos facilitadores para adaptar el material a públicos diversos (Apleni et al., 2019; Davis et al., 2007). Estas observaciones refuerzan la importancia de diseñar materiales flexibles, con estructuras modulares que permitan su ajuste según el nivel educativo y las condiciones de cada grupo meta (Wals et al., 2014).

Durante el proceso también se identificaron tensiones entre los especialistas, relacionadas con diferencias metodológicas, gestión del tiempo y diversidad de perspectivas, lo que en ocasiones afectó la coordinación y la fluidez de los equipos. Estos hallazgos coinciden con estudios que subrayan la necesidad de contar con estructuras de gobernanza horizontales, liderazgos facilitadores y procesos continuos de formación docente para fortalecer la calidad de las intervenciones en educación rural (Taylor et al., 2012; Détienne, 2006; Laverack, 2007).

Complementariamente, se destacó la necesidad de realizar revisiones metodológicas adicionales para asegurar la usabilidad de las guías bajo los principios participativos de las ECAs (Henríquez, 2025). En este sentido, se recomienda integrar mecanismos de monitoreo y mejora continua, tales como rúbricas de evaluación participativa, bitácoras de réplica y protocolos de retroalimentación activa con facilitadores y productores.

Otro componente estratégico del modelo fue la inclusión del Plan de Finca como herramienta de articulación curricular. Este instrumento permite integrar las prácticas promovidas en las ECAs con los procesos de planificación y gestión productiva individual, facilitando la apropiación del conocimiento por parte de las familias y su aplicación directa en el contexto de sus unidades productivas (Pezo et al., 2007; Giraldo & Roshetko, 2011). Evidencias recientes muestran que herramientas de planificación participativa pueden incrementar la adopción de tecnologías sostenibles y mejorar los indicadores de resiliencia y productividad en sistemas de pequeña escala (Altieri & Toledo, 2011; Altieri et al., 2022; Eakin et al., 2019).

El modelo implementado por el Proyecto MAF-Ganadería-HN combina rigurosidad técnica, flexibilidad pedagógica y planificación digital en proceso de implementación, para consolidar un esquema de capacitación escalable y replicable en la región mesoamericana.

CONCLUSIONES

- El proceso de diseño curricular y elaboración de guías metodológicas para las Escuelas de Campo para Productores Ganaderos (ECAs), en el marco del Proyecto MAF-Ganadería-HN, consolidó un modelo formativo orientado a fortalecer capacidades técnicas para una ganadería sostenible en Honduras, integrando saberes locales, enfoques participativos y principios de educación de adultos.

- La organización temática del currículo en cinco módulos permitió estructurar 52 guías de capacitación con lógica pedagógica, claridad técnica y aplicabilidad en campo. Esta estructura favorece la articulación entre teoría y práctica, y responde a las necesidades productivas de los territorios intervenidos.

- La construcción de contenidos se basó en un enfoque colaborativo e interinstitucional, lo que no solo fortaleció la calidad técnica y metodológica del material, sino que consolidó redes de cooperación entre universidades, gremios, centros de investigación y organizaciones del territorio.

- Las guías demostraron ser herramientas útiles para la formación técnica, pero su implementación efectiva requiere acompañamiento metodológico, adaptaciones según contexto, y capacitación continua de los facilitadores en pedagogía y dinamización participativa.

- La inclusión del Plan de Finca como herramienta transversal fortaleció el enfoque de finca como unidad de planificación y aprendizaje, facilitando la contextualización de las prácticas ganaderas y su vinculación con decisiones concretas de manejo.

- La validación en campo, mediante simulacros y revisión cruzada, permitió mejorar el contenido y adecuarlo a los perfiles de los productores y a las condiciones reales de las fincas, destacando la importancia de una metodología flexible y centrada en el aprendizaje vivencial.

- La digitalización y publicación de los materiales en plataformas de acceso abierto permite avanzar hacia modelos mixtos de formación técnica rural, combinando sesiones presenciales con herramientas de autoformación y acompañamiento virtual.

- Esta experiencia ofrece un referente valioso para futuros procesos de diseño curricular en el ámbito agropecuario, destacando la importancia de metodologías participativas, la adaptación territorial de los contenidos, y el compromiso de los actores institucionales con la calidad y pertinencia de los procesos de formación.

BIBLIOGRAFÍA

Altieri, M. A., & Toledo, V. M. (2011). The agroecological revolution in Latin America: Rescuing nature, ensuring food sovereignty and empowering peasants. *Journal of Peasant Studies, 38*(3), 587–612. https://doi.org/10.1080/03066150.2011.582947

Altieri, M. A., Nicholls, C. I., & Lampkin, N. (2022). Agroecology and climate change adaptation in Latin America: Pathways for resilient rural livelihoods. *Agroecology and Sustainable Food Systems, 46*(7), 849–867. https://doi.org/10.1080/21683565.2022.2073485

Apleni, L., Bembridge, T., & Moorad, F. (2019). The effectiveness of farmer field schools in South Africa: A case study of Eastern Cape Province. *African Journal of Agricultural Research, 14*(21), 933–944. https://doi.org/10.5897/AJAR2019.14237

Brandão, F., Vieira, L., & González, C. (2023). Impacts of learning experiences within an online extension program. *Translational Animal Science, 7*(1), txad067. https://doi.org/10.1093/tas/txad067

Braun, A., Jiggins, J., Röling, N., van den Berg, H., & Snijders, P. (2000). *A global survey and review of farmer field school experiences*. International Livestock Research Institute.

CATIE. (2019). *Experiencias de escuelas de campo en sistemas silvopastoriles*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.

CATIE. (2025). *Guías metodológicas para las Escuelas de Campo del Proyecto MAF-Ganadería-HN*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.

Chambers, R. (1994). Participatory rural appraisal (PRA): Challenges, potentials and paradigm. *World Development, 22*(10), 1437–1454. https://doi.org/10.1016/0305-750X(94)90030-2

Coleman, J., Miller, S., & Barnett, K. (2024). Experiential learning in agricultural education: A philosophical discussion. *Journal of Agricultural Education, 65*(2), 21–39. https://doi.org/10.5032/jae.2024.02021

Davis, K., Nkonya, E., Kato, E., Mekonnen, D. A., Odendo, M., Miiro, R., & Nkuba, J. (2007). Impact of farmer field schools on agricultural productivity and poverty in East Africa. *World Development, 35*(4), 663–686. https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2006.04.009

Détienne, F. (2006). Collaborative design: Managing task interdependencies and multiple perspectives. *Interacting with Computers, 18*(1), 1–20. https://doi.org/10.1016/j.intcom.2005.05.001

Eakin, H., Shelton, R., Siqueiros-García, J. M., & Charli-Joseph, L. (2019). Climate change adaptation and rural livelihoods in Latin America. *Climatic Change, 153*(1–2), 1–17. https://doi.org/10.1007/s10584-019-02386-2

FAO. (2018). *Transforming the livestock sector through the Sustainable Development Goals*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

FAO. (2021). *Digital agriculture: A strategy for FAO*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

FAO. (2023). *FAO's work on climate-smart livestock systems*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

FAO & IICA. (2017). *Innovación para la sostenibilidad en sistemas ganaderos de América Latina*. FAO & IICA.

Frio, A. L., & Gray, T. (2002). Learning through farmer field schools: An experience in the Philippines. *LEISA Magazine, 18*(3), 6–8.

Giraldo, L., & Roshetko, J. M. (2011). Farmer field schools for agroforestry extension: A comparison of experiences from Honduras and Indonesia. *International Forestry Review, 13*(3), 297–305. https://doi.org/10.1505/146554811798293840

Hartwich, F., González, C., Vieira, L. F., & Babu, S. (2007). Building public–private partnerships for agricultural innovation. *Food Policy, 32*(4), 554–566. https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2006.09.001

Henríquez, C. (2025). *Revisión metodológica de las guías del Proyecto MAF-Ganadería-HN*. Informe técnico interno no publicado, CATIE.

Ikendi, G. (2025). A livelihoods revitalization strategy in rural Uganda. *Journal of Agricultural Education, 66*(1), 44–59. https://doi.org/10.5032/jae.2025.01044

Klerkx, L., van Mierlo, B., & Leeuwis, C. (2012). Evolution of systems approaches to agricultural innovation: Concepts, analysis and interventions. In Darnhofer, I., Gibbon, D., & Dedieu, B. (Eds.), *Farming Systems Research into the 21st Century: The New Dynamic* (pp. 457–483). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-007-4503-2_20

Kolb, D. A. (1984). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. Prentice Hall.

Laverack, G. (2007). *Health promotion practice: Power and empowerment*. SAGE Publications.

Miller, S., Schneider, F., & Zinsstag, J. (2022). Experiential learning for climate-smart agriculture in smallholder systems. *Agricultural Systems, 198*, 103367. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2021.103367

Murgueitio, E., Calle, Z., Uribe, F., Calle, A., & Solorio, B. (2011). Native trees and shrubs for the productive rehabilitation of tropical cattle ranching lands. *Forest Ecology and Management, 261*(10), 1654–1663. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.09.027

Pezo, D., Ibrahim, M., & Giraldo, L. (2007). *Promoción de sistemas silvopastoriles: Experiencias de capacitación con escuelas de campo*. CATIE.

Pontius, J., Dilts, R., & Bartlett, A. (2002). *From farmer field school to community IPM: Ten years of IPM training in Asia*. FAO.

Poudel, D. (2024). Silvopastures: Benefits, past efforts, challenges, and opportunities. *Agronomy, 14*(7), 1369. https://doi.org/10.3390/agronomy14071369

Rivera, W. M., & Alex, G. (2004). Extension reform for rural development. *World Bank Agriculture and Rural Development Discussion Paper, 9*. World Bank.

Rivera, W. M., Qamar, M. K., & Mwandemere, H. K. (2019). Agricultural extension and advisory services reform: Recent global trends. *Journal of Agricultural Education and Extension, 25*(1), 1–16. https://doi.org/10.1080/1389224X.2018.1553870

SAG. (2020). *Política nacional para el desarrollo sostenible del sector ganadero*. Secretaría de Agricultura y Ganadería de Honduras.

SAG. (2021). *Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero del sector ganadero*. Secretaría de Agricultura y Ganadería de Honduras.

Scott, M. (2023). The critical need for merging educational learning theories with experiential learning programs in animal agriculture. *NACTA Journal, 67*(2), 155–166. https://www.nactajournal.org

SERNA. (2021). *Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero de Honduras*. Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente.

Shekmohammed, S., & Lemma, T. (2023). Assessing the role of farmer field schools in sustainable agricultural development. *Journal of Agricultural Extension and Rural Development, 15*(2), 44–52. https://doi.org/10.5897/JAERD2022.1331

Strategy for Strengthening Technical Capacities. (2024). *Strategy for strengthening technical capacities implementing LSF*. Informe técnico interno, CATIE.

Taylor, E. W., Cranton, P., & Associates. (2012). *The handbook of transformative learning: Theory, research, and practice*. Jossey-Bass.

Van den Berg, H., & Jiggins, J. (2007). Investing in farmers—The impacts of farmer field schools in relation to integrated pest management. *World Development, 35*(4), 663–686. https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2006.05.004

Wals, A. E., van der Hoeven, N., & Blanken, H. (2014). The impact of a university course on education for sustainable development in higher education. *Journal of Cleaner Production, 62*, 134–144. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.06.057

World Bank. (2017). *ICT in agriculture: Connecting smallholders to knowledge, networks, and institutions*. World Bank.

World Bank. (2020). *World development report 2020: Trading for development in the age of global value chains*. World Bank.





IP-39. Experiencia de mujeres emprendedoras con el apoyo de la organización de Ayuda Popular Noruega (APN) y la Asociación Cubana de Producción Animal (ACPA) en Mayabeque

Experience of women entrepreneurs with the support of the Norwegian People's Aid (APN) and the Cuban Association of Animal Production (ACPA) in Mayabeque

M. Rodríguez Pedroso[*] *y N. González González*

Asociación Cubana de Producción Animal, Filial Mayabeque, Cuba

[*]Correspondencia a: misleydi@gmail.com, acpamayabeque@gmail.com

RESUMEN

La participación de las mujeres en proyectos ganaderos y económicos es un elemento fundamental en la búsqueda de la equidad y la justicia social. En 2020 se concibió el proyecto Apoyo al Desarrollo Socioeconómico de la Cooperativa de Créditos y Servicios (CCS) Camilo Cienfuegos, con el objetivo de contribuir al desarrollo y diversificación de la producción agrícola de manera sostenible, en armonía con el medio ambiente y respetando el bienestar animal. En la segunda fase de implementación del proyecto, se reclutaron a 40 mujeres, con el objetivo de mejorar su empoderamiento socioeconómico. Para ello se les brindó capacitación, asesoramiento y material necesario para el desarrollo de la cunicultura. Con el apoyo financiero de la organización benéfica Ayuda Popular Noruega (APN) y la filial Mayabeque de la Asociación Cubana de Producción Animal (ACPA), se creó un centro de producción cunícola, liderado por mujeres líderes de la provincia y del país. El trabajo ilustrado a través de un video muestra el espíritu emprendedor de un grupo de productores que decidieron desafiar la cunicultura tradicional. La narrativa se centra en las vivencias de los productores, quienes comparten sus historias de vida y lo que ha significado para ellos la oportunidad que les brindó el proyecto. Entre los principales resultados está la producción de carne, donde al cierre de diciembre de 2024 se obtuvieron 7.295 kg de conejo vivo, y hoy, gracias a la importación de la vacuna, que permitió controlar la septicemia, se logran producciones de alrededor de 12 toneladas en promedio por productor, e ingresos de $2.000.000 de CUP por comercialización en la comunidad.

Palabras clave: *conejos, empoderamiento, economía familiar, experiencias exitosas*

ABSTRACT

The participation of women in livestock and economic projects is a fundamental element in the pursuit of equity and social justice. In 2020, the project "Supporting the Socioeconomic Development of the Camilo Cienfuegos Credit and Services Cooperative (CCS)" was conceived with the aim of contributing to the development and diversification of agricultural production on a sustainable basis, in harmony with the environment and respecting animal welfare. In the second phase of project implementation, 40 women were recruited, with the goal of enhancing their socioeconomic empowerment. To this end, they were provided with the training, advice, and supplies necessary for the development of rabbit farming. With financial support from the charitable organization Norwegian People's Aid (APN) and the Mayabeque branch of the Cuban Association of Animal Production (ACPA), a rabbit production center was created, led by women who are leaders for the province and the country. The video illustrates the entrepreneurial spirit of a group of producers who decided to challenge traditional rabbit farming. The narrative focuses on the experiences of the producers, who share their life stories and what the opportunity provided them with the project has meant to them. Among the main results is meat production, where at the end of December 2024, 7,295 kg of live rabbit were obtained, and today, thanks to the importation of the vaccine, which made it possible to control septicemia, productions of around 12 tons on average per producer are achieved, and income of 2,000,000 CUP from marketing in the community.

Keywords: *rabbits, empowerment, family economy, successful experiences*

INTRODUCCIÓN

La participación de las mujeres en experiencias ganaderas y económicas es un punto fundamental en la búsqueda de la equidad y justicia social. A lo largo de la historia, las mujeres han enfrentado barreras significativas para su participación plena y equitativa en la economía, lo que ha contribuido a la persistencia de desigualdades de género en el ámbito ganadero, laboral, empresarial y financiero.

En el año 2020 se concibió el proyecto "Apoyo el desarrollo Socioeconómico de la Cooperativa de Crédito y Servicios " (CCS) Camilo Cienfuegos" con el objetivo de contribuir al desarrollo y diversificación de producciones agropecuarias sobre bases sostenibles, en armonía con el medio ambiente y respetando el bienestar animal.

En la segunda fase de implementación del proyecto se incorporan 40 mujeres, con el objetivo de potenciar su empoderamiento socioeconómico. Para lo cual se le facilitó la capacitación, asesoramiento e insumos necesarios para el desarrollo de la cunicultura. Con el apoyo financiero de la organización solidaria, Ayuda Popular Noruega (APN) y la Asociación Cubana de Producción Animal (ACPA) filial Mayabeque, se crea un polo productivo cunícola liderado por mujeres de referencia para la provincia y el país. El objetivo del trabajo es dar a conocer la experiencia de mujeres emprendedoras como parte de los resultados del proyecto "Apoyo el desarrollo Socioeconómico de la cooperativa de crédito y servicios " (CCS) Camilo Cienfuegos".

DESARROLLO

A través de un video se ilustra el emprendimiento de un grupo de productoras que deciden desafiar la crianza tradicional de conejos en el marco del proyecto Apoyo el desarrollo Socioeconómico de la Cooperativa de Crédito y Servicios (CCS) Camilo Cienfuegos, financiado por APN y ACPA Filial Mayabeque. Este proyecto con enfoque de género y producciones sobre bases sostenibles, respeta el bienestar animal, en armonía con el medio ambiente y con una economía circular, contribuye de forma significativa a la soberanía alimentaria y nutricional de las familias y la comunidad; aportando una proteína de alto valor nutritivo e ingresos representativos para su independencia económica.

La narrativa se centra en las experiencias alcanzadas por las productoras, las cuales comparten sus historias de vidas y lo que ha representado la oportunidad que se les dio con el proyecto. Se abordan los sistemas de alimentación no convencional, con predominio de las plantas proteicas como *Tithonia diversifolia* y *Canavalia ensiformis* entre otros forrajes y recursos locales. Se destaca cómo estas mujeres se han convertido en pequeñas empresarias ganaderas, capaces de compartir conocimientos y experiencias con otras mujeres.

Entre los principales resultados se destaca la producción de carne, donde al cierre de diciembre del año 2024 se obtuvieron 7295.00 kg, de conejo en pie, y hoy gracias a la importación de la vacuna, que permitió controlar la septicemia, se logran producciones cerca de las 12 toneladas como promedio por productora, e ingresos totales del proyecto de $2 000 000.00 CUP provenientes de la comercialización en la comunidad.

El impacto social está dado por la contribución y apoyo a instituciones y a casos sociales de la comunidad, la creación de 40 empleos para estas productoras que se dedicaban al cuidado de la familia y el hogar. Sus resultados tienen una gran visibilidad en el sector, los escenarios creados sirven de base para la capacitación e intercambio con productoras. Recientemente se celebró un encuentro de intercambio y capacitación entre las productoras de Mayabeque y las del proyecto Impulsar la transición ecológica en la Habana, para potenciar cada vez más sus conocimientos.



SILVOPAT – 2025 | ICA | ISBN: 978-959-7171-88-1 | Cu-ID: https://cu-id.com/book/978-959-7171-88-1



IP-40. Experiencia de la producción caprina en la Finca La Habanera de la provincia Mayabeque

Experience in goat production at the "La Habanera" Farm in the Mayabeque province

M. Y. Cruz Avilés[*1]*; L. Perdomo Gutiérrez*[1]*; D. Gutiérrez*[2]*; M. Rodríguez Pedroso*[3] *y N. González González*[3]

[1]Finca "La Habanera". Carretera central km 38.5, Municipio San José de las Lajas. Provincia Mayabeque, [2] Instituto de Ciencia Animal y [3] Asociación Cubana de Producción Animal, Filial Mayabeque, Cuba.

[*]Correspondencia a: misleydi@gmail.com

RESUMEN

La Finca La Habanera, se encuentra ubicada en el municipio San José de las Lajas, provincia Mayabeque, Cuba. Con una tradición de más de 12 años en el manejo de cabras y resultados productivos relevantes que le permitieron formar parte del proyecto PORELLAS. La misma dispone de 13.42 ha de tierra que se especializa en la cría de cabras mestizas (140 animales). Los indicadores muestran un alto grado de eficiencia alcanzado por el rebaño en un sistema de manejo de producción extensivo, aún con 1,12 parto/reproductora/año y siete años promedio de vida útil. Entre los productos a ofertar además de la carne, la leche y sus derivados, se destaca la venta de animales con fines religiosos y la comercialización de pieles para la elaboración de tambores. Con una frecuencia semanal realiza entregas de sus producciones a la casa de niños sin amparo filial del municipio. Se adoptan tecnologías relacionadas con el contexto pecuario caprino a mediana y pequeña escala. Se crean capacidades e innovación en la cadena de producción y valor del producto caprino orientado al mercado que permita mejorar ingresos estables para el productor y su familia.

Palabras clave: *cabras, producción de leche, modelo productivo*

ABSTRACT

The La Habanera farm is located in the municipality of San José de las Lajas, Mayabeque Province, Cuba. With more than 12 years of experience in goat management and significant production results, it was able to participate in the PORELLAS project. The farm has 13.42 hectares of land specializing in the breeding of crossbred goats (140 animals). Indicators show a high level of efficiency achieved by the herd within an extensive production management system, even with 1.12 births per breeder per year and a seven-year average lifespan. Among the products offered, in addition to meat, milk, and their derivatives, are the sale of animals for religious purposes and the marketing of skins for drum making. Weekly deliveries of its products are made to the municipal home for children without parental care. Technologies related to medium- and small-scale goat farming are adopted. Capacity and innovation are created in the market-oriented goat production and value chain, enabling stable incomes for producers and their families.

Keywords: *goats, milk production, production model*

INTRODUCCIÓN

La producción caprina resulta de gran importancia en el sector ganadero debido al potencial que posee la leche de cabra como uno de los alimentos más completos para el ser humano dadas las características de sus componentes, como las proteínas que contienen, una gran cantidad de aminoácidos esenciales para la alimentación, por lo que consideramos su producción una prioridad para el país y la generación de ingresos sostenibles a través de un correcto manejo.

Por estas razones, el objetivo del presente trabajo es socializar los resultados y la experiencia de la Finca La Habanera, una finca familiar dedicada a la producción animal, con una tradición de más de 12 años en el manejo de cabras.

DESARROLLO

Los resultados relevantes en la Finca La Habanera, fruto del trabajo de la familia, propiciaron la cantera para formar parte del proyecto de colaboración: Apoyo al desarrollo ovino caprino, con impacto socioeconómico en la provincia Mayabeque, desde una economía circular, liderado por Mujeres (PORELLAS), financiado por Ayuda Popular Noruega (APN) y Coordinado por la Asociación Cubana de Producción Animal (ACPA) Filial Territorial Mayabeque.

Esta finca, se encuentra ubicada en el km 38.5 de la carretera central, en el Batey San Pedro del municipio San José de las Lajas, Mayabeque. Pertenece a la Cooperativa de Créditos y Servicios (CCS) Hugo Ribero. La misma dispone de 40.26 ha de tierra y de ellas se especializa en la cría de cabras mestizas en 13,42 ha, el resto se dedica a la producción vacuna y otros cultivos.

El comportamiento de los indicadores del desempeño productivo muestra el alto grado de eficiencia alcanzado por el rebaño en un sistema de manejo de producción extensivo (tabla.1), aun con 1,12 parto/reproductora/año y siete años promedio de vida útil. En la actualidad se dispone de 140 animales (80 reproductoras, 15 hembras en desarrollo, un semental, 29 crías, 10 machos y cinco pichonas hembras), entre su proyección se encuentra incrementar el rebaño a

200 cabras en un término de dos años. Además, crear una marca reconocida de productos lácteos. La base alimentaria fundamental está dada por el ramoneo en áreas boscosas (compuesta por leguminosas (arbóreas + herbáceas), arbustivas y gramíneas) con un pastoreo libre durante 8 horas y estabuladas el resto del día con forrajes y agua a voluntad. Se dispone de áreas de forrajes de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y se establecen nuevas áreas de *Tithonia diversifolia* y *Morera sp*.

La motivación de esta productora para incorporarse a la producción de leche de cabras y sus derivados, está dada fundamentalmente por su problema de intolerancia a la lactosa y al legado de su abuelo que le trasmitió su experiencia y su amor por las cabras desde pequeña.

Tabla 1. *Indicadores de desempeño productivo de la finca.*

Razas predominantes (mestizas: Saanen, Nuvia, Toggenberg)	
Promedio de natalidad %	89
Promedio Reproductoras, cabezas	92
Promedio condición corporal reproductoras. durante lactación, puntos	2,75
Promedio Parto Anual, cabezas	80
Promedio crías x parto, uno	1
Tiempo destete, meses	Natural (±3 meses)
Tipo de amamantamiento crías	controlado
Peso promedio nacimiento, kg	2,3
Practica destete hembra	natural (± 3-3,5 meses)
Edad incorporación, meses	10-12 meses
Intervalo Parto-Parto, días	410
Cabras ordeño, %	90
Promedio cabras ordeño, cabezas	73
Rendimiento de leche individual, litros/animal/día	0,863 (rango: 0,425-1,3)
Duración promedio. lactación, día	300 días (10 meses)
Promedio producción. anual/cabra , litros	314
Promedio producción. lactancia, kg	352
Promedio producción. total leche anual rebaño, litros	22902,14
Promedio producción. queso anual, kg	2290,21
Tasa de reemplazo anual, %	14, 4

Entre los productos a ofertar además de la carne, la leche y sus derivados (queso, yogur, mantequilla y dulces) se destaca la venta de animales con fines religiosos y la comercialización de las pieles para la elaboración de tambores. Con una frecuencia semanal realiza entregas de sus producciones a la casa de niños sin amparo filial del municipio San José de las Lajas.



Se adoptan tecnologías relacionadas con el contexto pecuario caprino a mediana y pequeña escala. Se crean capacidades e innovación en la cadena de producción y valor del producto caprino orientado al mercado que permita mejorar ingresos estables para el productor y su familia.



Infografía. Imágenes de las instalaciones, masa y razas que dispone. Participación de la familia en el proceso de producción y vínculo del joven relevo.

IP-41. FORCAGEN: Sinergias entre silvopastoreo, resiliencia y enfoque de género para una agricultura sostenible en cooperativas de Camagüey

FORCAGEN: Synergies between silvopastoralism, resilience, and a gender perspective for sustainable agriculture in cooperatives in Camagüey

Y. del C. Infante Mesa

Universidad de Camagüey Ignacio Agramonte Loynaz, Camagüey, Cuba.

Correspondencia a: yamijeal@gmail.com

RESUMEN

Desarrollar proyectos para la agricultura que logren una sinergia entre el uso de sistemas silvopastoriles, la resiliencia ante el cambio climático y enfoque de género es hoy una prioridad de país. En 12 unidades productivas de la provincia de Camagüey se desarrolla el proyecto Fortaleciendo capacidades productivas y relaciones de género en cooperativas de la provincia Camagüey, (FORCAGEN), distribuidas en 6 municipios: Florida, Vertientes, Sierra de Cubitas, Minas, Jimaguayú y Camagüey. La presente investigación tiene como objetivo exponer algunos de los resultados obtenidos durante un período de 18 meses de intervención directa del proyecto en dichos territorios. Para el desarrollo de la misma se realizaron talleres participativos, encuestas semiestructuradas, diagnósticos sobre relaciones de género, prácticas agropecuarias y resiliencia ante el cambio climático entre otros. Los resultados más significativos obtenidos durante la etapa señalada fueron la identificación de las diferencias estadísticas en cuanto a las relaciones de género, el logro de las capacitaciones sobre uso adecuado de los sistemas silvopastoriles, así como la elaboración de estrategias locales para la adaptación al cambio climático. El proyecto integra ciencia, tradición y equidad en cooperativas de Camagüey.

Palabras clave: *Proyecto, sensibilización, género, resiliencia, sistemas silvopastoriles.*

ABSTRACT

Developing projects for agriculture that achieve a synergy between the use of silvopastoral systems, resilience to climate change and gender approach is today a country priority. In 12 productive units of the province of Camagüey, the project is developed by strengthening productive capacities and gender relations in Cooperatives of the Camaguey province, (Forcagen), distributed in 6 municipalities: Florida, Vertientes, Sierra de Cubitas, Minas, Jimaguayú and Camagüey. The present investigation aims to present some of the results obtained for a period of 18 months of direct intervention of the project in these territories. For the development of the same, participatory workshops, semi -structured surveys, diagnoses on gender relationships, agricultural practices and resilience before climate change among others were held. The most significant results obtained during the indicated stage were the identification of statistical differences in gender relations, the achievement of training on proper use of silvopastoral systems, as well as the elaboration of local strategies for adaptation to climate change. The project integrates science, tradition and equity in Cooperatives in Camagüey.

Keywords: *project, awareness, gender, resilience, silvopastoral systems.*

INTRODUCCIÓN

El desarrollo agrícola en la provincia de Camagüey es un componente clave de la estrategia de desarrollo municipal, y demanda de una coherente articulación entre los actores productivos; cuestión que alude a las relaciones de género con enfoque generacional. Esto además sugiere de una mayor incorporación de las personas a la producción de alimentos en sistemas locales, el acceso a cargos de dirección y la justa distribución de tareas agropecuarias entre ambos sexos para el incremento de los índices productivos, desde el cuidado del medio ambiente.

En este sentido se implementa el proyecto FORCAGEN con un programa de acciones que reduzca y/o elimine brechas existentes en las relaciones de género en cooperativas agrícolas de la ANAP de la provincia de Camagüey, que posibilite la adecuación de la Estrategia de Género de esta organización a las características de 12 entidades productivas identificadas previamente.

El proyecto fue elaborado en la Universidad de Camagüey, dirigido por la Cátedra de Género, Familia y Sociedad de dicha institución, aprobado por la Delegación Provincial de CITMA dentro del Programa Territorial de CTI: Innovación social para el desarrollo próspero, sostenible e inclusivo de Camagüey. Se contó con la colaboración de la Federación de Mujeres Cubanas en la provincia y los municipios seleccionados, además de la Delegación de la Agricultura y la Asociación Nacional de Agricultores Pequeños, tanto a nivel provincial como municipal respectivamente.

Los resultados derivados de las mismas contribuirán al desarrollo de programas priorizados en el territorio, tales como: Seguridad Alimentaria y Nutricional, Programa para el Adelanto de las Mujeres (PAM) y Plan de Estado para el Enfrentamiento al Cambio Climático/Tarea Vida.



La presente investigación tiene como objetivo exponer resultados significativos obtenidos durante una etapa de 18 meses de ejecución en territorios seleccionados.

Se diseñan medidas afirmativas de género para la formación de capacidades productivas en las mujeres y los hombres, que atiendan la satisfacción de sus necesidades y la calidad de vida de las personas, con modos de actuación responsables en la búsqueda de un desarrollo sostenible, y la adaptabilidad de la actividad socioeconómica a los efectos del cambio climático. Como problema se identifica que en 12 cooperativas agrícolas de la provincia de Camagüey la tendencia a la gestión de la tierra continúa siendo particularidad de los hombres, mientras que la participación de las mujeres en tareas productivas y el acceso a cargos de dirección para la toma de decisiones en la búsqueda de soluciones a problemáticas del sector, sigue siendo baja.

Se hace necesario una adecuación de la Estrategia de Género de la ANAP a las condiciones socioeconómicas de cada una de las cooperativas agrícolas con una mirada desde lo territorial, local y familiar, develando la inclusión equitativa de las mujeres y los hombres como sujetos activos de la producción, que transforme en ellos una escala de valores para asumir la productividad con actitud responsable y comprometida.

El proyecto FORCAGEN integra los sistemas silvopastoriles (SSP) como una estrategia central para promover una agricultura sostenible, resiliencia climática y equidad de género en las cooperativas de Camagüey. El fomento de una ganadería sostenible a través de las diferentes técnicas agrícolas, también es objetivo fundamental en el proyecto. Integración árbol-pasto-ganado donde FORCAGEN promueve SSP que combinan árboles (ej. leguminosas, maderables) con pastos y animales, mejorando la fertilidad del suelo, la biodiversidad y el secuestro de carbono**.** La reducción de la degradación ambiental evita la deforestación y el sobrepastoreo, los SSP ayudan a combatir la erosión del suelo y la escasez de agua, problemas críticos en Camagüey.

La Resiliencia Climática, es otro de los elementos esenciales para el Proyecto, y uno de sus objetivos es lograr comunidades resilientes ante el cambio climático. La resistencia a sequías de los árboles en SSP proporcionan sombra, reducen la evaporación y mantienen la calidad de los pastos en épocas secas. La mitigación de inundaciones es contrarrestada con la siembra de estas especies de raíces profundas mejoran la infiltración de agua, disminuyendo la escorrentía durante lluvias intensas. Por último, la conservación de la biodiversidad a partir de los SSP favorece a polinizadores, aves e insectos beneficiosos, mejorando la estabilidad del ecosistema.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolla en 6 municipios de la provincia de Camaguey: Florida, Vertientes, Sierra de Cubitas, Minas, Jimaguayú y Camagüey, incidiendo directamente en 12 unidades productivas (CCS), dos en cada municipio. En los primeros 18 meses (enero 2024-diciembre 2025) se obtuvieron resultados, lo que hizo posible fuera certificado dicho proyecto y a su vez cambiaran los modos de actuación en cuanto a relaciones de género, resiliencia y el uso de sistemas silvopastoriles en dichas unidades.

Se realizaron 6 talleres de sensibilización y capacitación en cuanto a las relaciones de género, permitiendo desde ellos primeros encuentros facilitar los cambios de actitud en hombres y mujeres en relación al reconocimiento y aceptación de que los roles son determinados por la historia, la sociedad y las culturas, lo que demuestra que pueden ser modificados. Se caracterizaron además las diferentes unidades productivas seleccionadas.

Se utilizó el método de diagnóstico participativo comunitario con enfoque de género que consiste en un proceso sistemático que sirve para reconocer una determinada situación y el porqué de su existencia, donde la construcción se hace con la intervención y opiniones diversas de las personas que guardan relación con esta situación.

Se realizaron además talleres participativos con cooperativistas (hombres y mujeres) para identificar necesidades, limitaciones y oportunidades en sistemas productivos, encuestas semiestructuradas sobre prácticas agropecuarias, roles de género y percepción de resiliencia.

Para la evaluación se revisó la matriz FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades, Amenazas) con enfoque de género.

Un diagnóstico en cuanto al uso de prácticas agropecuarias y la resiliencia climática logró arrojar resultados para su correcto tratamiento. Para ello se realizaron capacitaciones con productores sobre el uso adecuado de los sistemas silvopastoriles y lo que proporciona, no solo alimento a los animales sino también son barreras que ayudan a la adaptación al cambio climático y la resiliencia.

Los diagnósticos brindaron la posibilidad de participación tanto de mujeres, hombres, y jóvenes de ambos sexos y diferentes procedencias y niveles educacionales, contribuyendo a que todos y todas expresaran sus criterios, decisiones y experiencias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el gráfico 1 se muestran las entidades productivas y el número de personas encuestadas, siendo significativa la muestra. Prevalecen las mujeres en mayor número, seguido de los hombres y en menor número los jóvenes de ambos sexos, quienes muestran una marcada desmotivación por desarrollar actividades agrícolas y permanecer en sus zonas de residencia.

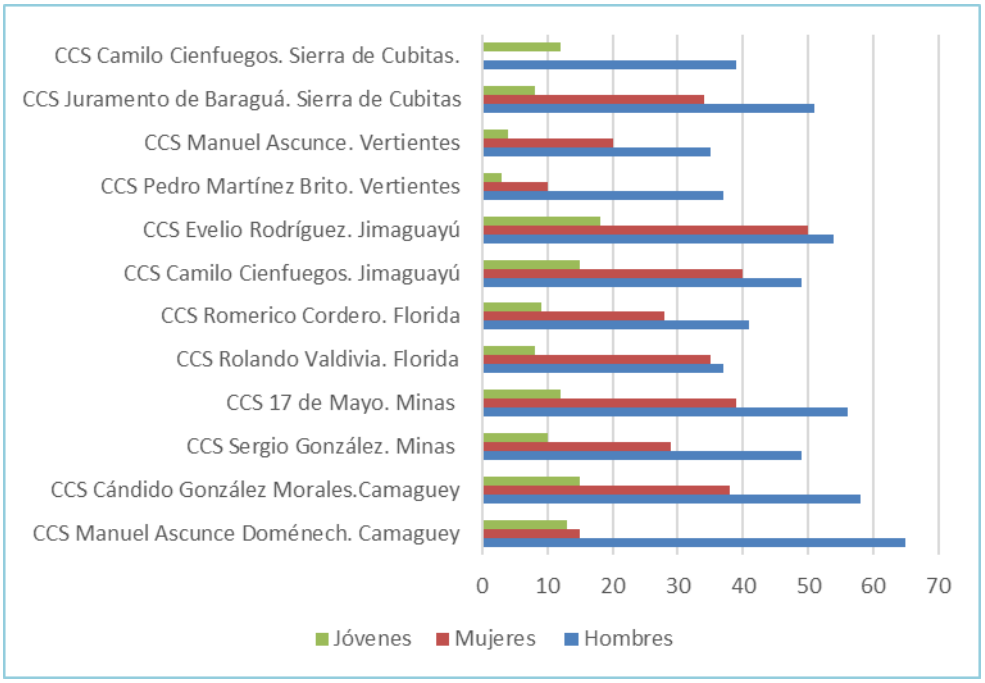


Gráfico 1. *Relación Hombre-mujer-jóvenes en CCS de la provincia Camaguey, municipios donde se ejecuta proyecto FORCAGEN*

A partir de los diagnósticos realizados se capacitaron a más del 50% de las personas en cada entidad productiva en temas como: relaciones de género, uso u manejo de sistemas silvopastoriles, resiliencia ante el cambio climático.

Luego de las capacitaciones se observa que en un 76 % de las entidades ya ocupan cargos de dirección tanto mujeres como jóvenes, lo que evidencia que la sensibilización fue lograda. Se desarrollan nuevos sistemas silvopastoriles en al menos 8 de las cooperativas, logrando un aumento de la producción ganadera, aumento del peso del ganado por la calidad del forraje que consume, se reduce el estrés térmico en animales pues aprovechan las sombras de los árboles para protegerse del sol y el calor durante el día, menor degradación de los suelos, aumentando el carbono orgánico en el mismo.

Se observa una mejora ambiental al aumentar la biodiversidad de aves, insectos benéficos y otras especies, hay una restauración de varias hectáreas con sistemas agroforestales y se reduce un 15 % de las emisiones de metano por la eficiencia en el manejo ganadero.

Cada entidad productiva elaboró una estrategia de adaptación al cambio climático. Ellas recogen los elementos esenciales a tener en cuenta en cada municipio, pues cada uno tiene sus propias características en los suelos, las la vegetación y las cooperativas donde se ejecuta el proyecto.

Para elaborar la estrategia se contó con la ayuda y cooperación de profesores y especialistas de la agricultura que tienen conocimientos sobre el cambio climático a profundidad, cómo enfrentarlo y qué hacer en caso de enfrentar algún fenómeno natural.

Las contribuciones claves de este proyecto están en, que al trabajar temas diversos y que todos giran alrededor de mejorar los resultados en la agricultura, se logran barrer las brechas de géneros existentes. Se logra una sinergia entre SSP-género-resiliencia. Los SSP no solo mejoran la producción, sino que, al integrar a mujeres en su manejo, se optimiza el uso de recursos (ej. poda de árboles por mujeres incrementa disponibilidad de forraje).

CONCLUSIONES

El proyecto FORCAGEN integra ciencia, tradición y equidad para transformar modelos agropecuarios en Camagüey, combinando diagnósticos participativos, tecnología aplicada y empoderamiento comunitario. Los resultados buscan no solo optimizar la producción, sino construir sistemas socio ecológicos resilientes, inclusivos y sostenibles.



Con su desarrollo logran comunidades capacitadas en temas diferentes, un impacto notable en el empoderamiento femenino y una incidencia directa con los jóvenes que viven en esas comunidades. Se han obtenido informaciones a partir de las aplicaciones de instrumentos de diagnósticos, los cuales arrojaron importantes datos. Se logró la integración de mapas de riesgo climático con saberes tradicionales (no reportado en estudios previos en Cuba).

La vinculación de las mujeres al trabajo en el sector agropecuario ha sido la vía fundamental de liberación y desarrollo que ha propiciado el acceso a las tareas de dirección. Ha sido una obra extraordinaria que tiene hoy grandes retos.

AGRADECIMIENTOS

Para la puesta en práctica de este proyecto, agradecemos a todas las organizaciones que apoyan al mismo. La Federación de Mujeres Cubanas, la Asociación de Técnicos Agrícolas, Forestales y Tabacaleros, la Delegación de la Agricultura en Camagüey, la Asociación Nacional de Agricultores Pequeños, la Universidad de Camagüey y en especial a los Presidentes y Presidentas de las cooperativas en las cuales el proyecto será ejecutado durante cuatro años. Agradecer también a todos los miembros del proyecto que, de forma activa se han integrado en un gran equipo.

BIBLIOGRAFÍA

Almaguer, R. (2016). *En búsqueda de la equidad: Las relaciones de género en cooperativas de Camagüey*, Cuba. California: Mariposa Transformative Educative. Estados Unidos.

Almaguer, R., Parrado, A., Torres, A. L. y López, L. (2016). Las relaciones de género en cooperativas agropecuarias de Camagüey. *Agrisost*, 22(2), 24-37. Recuperado de https://agrisost.reduc.edu.cu/index.php/agrisost/article/view/146/pdf

Almaguer, R., Saborit, K. C., Parrado, A., Infante, Y. C. y Márquez, E. (2019*).* Las brechas en las relaciones de género en cooperativas agrícolas del municipio de Camagüey. Agrisost, 25(1).

Caballero, R., Hernández, C. N. y Muñoz, M. (2006). *Educación popular y educación popular ambiental: ¿un posicionamiento único?* La Habana: Caminos

De Arce, A y França, A.M. (2019). *Género y ruralidades en el agro latinoamericano*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina: Fundación CICCUS.

FAO. (2019). *Nota política sobre mujeres rurales*. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Disponible en: http://www.fao.org/americas/recursos/politicas-mujeres-rurales/es/

González, M. y Labrada, R. (2022). *Desenredando aprendizajes. Sistematización de experiencias locales que contribuyen al desarrollo resiliente en los municipios Sierra de Cubitas, Minas, Esmeralda, Remedios y Caibarién.* La Habana: Unión Europea y la Agencia Francesa de Desarrollo.

Verdiales, D. M. (2020). La importancia de la mujer en el desarrollo. Análisis de los Objetivos de Desarrollo Sostenible con perspectiva de género*. Femeris*, 5(3), 97-113. Doi: https://doi.org/10.20318/femeris.2020.5765

Russo, R. O. (2015). Reflexiones sobre los sistemas silvopastoriles. *Pastos y Forrajes*, *38*(2), 157-161. Recuperado en 12 de junio de 2025, de http://scielo.sld.cu/scielo.php

IP-42. Utilización de las redes científicas y académicas por los jóvenes investigadores del Instituto de Ciencia Animal

Use of scientific and academic networks by young researchers at the Institute of Animal Science

A. Jiménez Cecilio

Instituto de Ciencia Animal, Apartado Postal 24, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba

Correspondencia a: acecilio@ica.edu.cu

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el uso y el nivel de actualización de los perfiles profesionales de los jóvenes investigadores del Instituto de Ciencia Animal en las redes científicas y académicas, Google Académico, ORCID, Researchgate y LinkedIn, herramientas claves para dar visibilidad a su profesión en la rama agropecuaria, conectar con otros expertos y acelerar su formación. Se invesigó cómo las usan los jóvenes científicos del ICA en el período 2022-2024. Para ello se realizó una búsqueda pormenorizada en los perfiles de cada joven investigador, contabilizando los artículos científicos publicados en revistas científicas y divulgativas durante estos años. Por otra parte, se realizó un análisis bibliográfico sobre las principales características que ofrecen cada una de estas redes. Como resultado significativo se observó que la mayor presencia de los investigadores se encuentra en Google Académico y Researchgate, a pesar que se evidencia un aumento en la utilización de los perfiles ORCID, no así en el caso de linkdln donde la utilización es muy baja. Se concluye que, a pesar de tener presencia en las redes científicas y académicas, se debe mejorar la actualización de todos los perfiles profesionales, para mejorar la visibilidad de la ciencia en el Instituto.

Palabras clave: *Google Académico, ORCID, Researchgate, LinkedIn, impacto, visibilidad*

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the use and level of updating of the professional profiles of young researchers from the Institute of Animal Science on scientific and academic networks, such as Google Scholar, ORCID, Researchgate, and LinkedIn—key tools for raising awareness of their profession in the agricultural field, connecting with other experts, and accelerating their training. The study investigated how young scientists at the ICA use these networks during the 2022-2024 period. To this end, a detailed search was conducted on the profiles of each young researcher, including the scientific articles published in scientific and popular journals during these years. A bibliographic analysis was also conducted on the main features offered by each of these networks. A significant result was observed: the greatest presence of researchers is found in Google Scholar and Researchgate, despite an increase in the use of ORCID profiles. This is not the case in LinkedIn, where use is very low. The conclusion is that, despite having a presence on scientific and academic networks, the updating of all professional profiles must be improved to enhance the visibility of science at the Institute.

Keywords: *Google Scholar, ORCID, Researchgate, LinkedIn, impact, visibility*

INTRODUCCIÓN

Para los jóvenes que están heredando el desafío de alimentar al mundo, la comunicación ya no es solo verbal. Las redes sociales profesionales son tu megáfono global. Más allá de publicar en revistas, hoy es crucial difundir la ciencia. Estas redes permiten construir una identidad digital única, mostrar el trabajo y que el currículum no termine engavetándose, sino que sea visto por las personas correctas. Una mayor visibilidad significa más oportunidades de aprendizaje, empleo e impacto.

En la actualidad, las redes sociales constituyen un fenómeno global que incide en la comunicación personal, social, profesional y académica. En este nuevo siglo se están produciendo cambios importantes en los medios de comunicación, nuevos movimientos sociales, acciones colectivas provocadas por la influencia y el impacto de Internet y las redes sociales Vidal *et al*. (2012); Alonso *et al*. (2016).

La comunicación científica ha experimentado profundos cambios durante los últimos años. Nuevos modelos rigen tanto la comunicación como la evaluación en la ciencia. Hoy es tan importante la publicación del informe de investigación propiamente dicho como su depósito en los repositorios del conocimiento y su difusión a través de las redes sociales. La evaluación del impacto científico, por su parte, ha evolucionado hacia la valoración democrática de los documentos (altmetrics), a partir del establecimiento de la identidad digital única de los autores.

La multiplicidad de las redes sociales académicas existentes, hace que los investigadores, cuando comienzan a trabajar con estas plataformas, se pregunten: ¿qué red debo elegir? Si bien es cierto que no son excluyentes y un investigador puede formar parte de varias, la disponibilidad de tiempo, entre otros factores pueden determinar su decisión. Por todas las razones antes expuestas el presente trabajo pretende: Evaluar el uso y el nivel de actualización de los perfiles profesionales de los jóvenes investigadores del Instituto de Ciencia Animal.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un estudio de los perfiles de todos los jóvenes investigadores del Instituto de Ciencia Animal (ICA). Para esto se realizaron entrevistas en cada departamento de ciencia. Por otra parte, se analizó la visibilidad de cada autor en las principales redes científicas y académicas, dígase Google Académico, ORCID, Researchgate y LinkedIn. Se analizó el nivel de actualización de los perfiles con especial interés en las publicaciones de los últimos 3 años. Por último, se realizó una búsqueda bibliográfica sobre las principales características de las redes científicas y académicas antes mencionadas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El resultado del estudio sobre el nivel de actualización de las redes científicas y académicas según número de artículos publicados en el período 2022-2024 se resume en la siguiente figura:

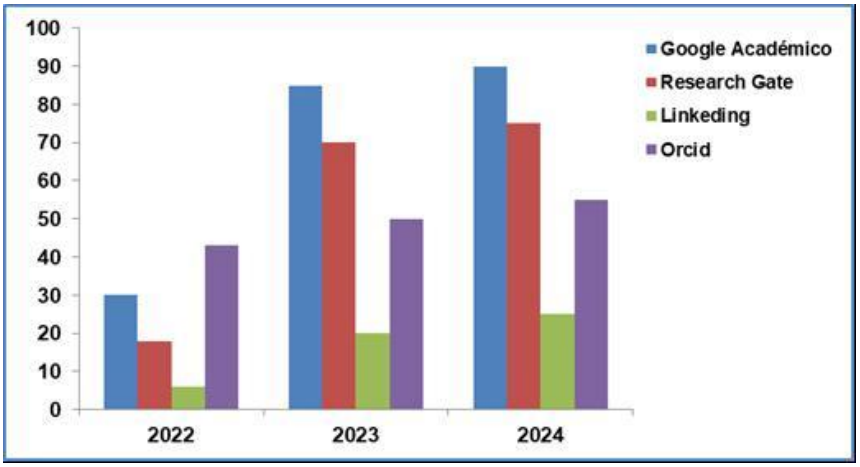


Figura 1. *Nivel de actualización de las redes científicas y académicas según número de artículos publicados en el período 2022-2024.*

Según se muestra en la gráfica, existe mucha variación entre las diferentes redes científicas y académicas. Es necesario señalar que, en el caso de Google Académico el nivel de actualización es superior al resto de las redes, aspecto que se justifica en gran medida por su capacidad de actualización automática. Esto permite que se añadan a los perfiles académicos nuevas publicaciones, siempre y cuando no cambie la forma en la que se encuentra citado el autor. Por su parte, el resto de las redes muestran un comportamiento similar con nivel mayor de actualización en el 2024 respecto al 2022. Este resultado puede relacionarse con el hecho de que durante el año 2022 muchos de los investigadores estuvieron en modalidad de tele trabajo a causa de la pandemia de la Covid -19 y dentro de los planes coyunturales se encontraba actualizar sus perfiles académicos. Asimismo, LinkdeIn se muestra como la página que menor nivel de actualización presenta y es la que menor representatividad posee dentro de la comunidad científica institucional.

Por último, es necesario señalar que luego que se determinara por muchas revistas, inclusive la revista institucional Cuban Journal of Agricultural Science, la incorporación de los números ORCID de cada uno de los autores, se ha registrado un aumento en el nivel de actualización en esta red. Sin embargo, aún no lo tienen actualizado la totalidad de los investigadores del ICA. Por todas estas razones se hace necesario la actualización de los perfiles académicos, para garantizar mayor visibilidad de los resultados científicos y a la vez contribuir indirectamente a elevar la visibilidad institucional.

A continuación, se abordarán algunas de las características fundamentales de estas redes:

ResearchGate. La red social de los científicos

Creada y desarrollada en el 2008 por Ijad Madisch, médico de origen sirio y sus amigos Sören Hofmayer y Horst Fickenscher, fue lanzada en mayo de ese propio año con el propósito de facilitar la colaboración científica y el intercambio de información y conocimiento entre los investigadores. Esta red ofrece actualmente servicio a más de nueve millones de usuarios y sus colecciones atesoran más de 80 millones de publicaciones. El modelo del éxito es como tantas otras veces relativamente sencillo. Los científicos pueden registrarse con la dirección de correo electrónico de una institución de investigación, crear un perfil de usuario e indicar sus áreas de interés (Moya 2015). Es la red social académica líder mundial por la variedad y diversidad de los recursos informativos que maneja, y segunda según

la frecuencia de uso profesional, solo por debajo de Google académico; refleja con facilidad y claridad los pasos para la creación de un perfil académico, el procedimiento para seguir los eventos del total de los usuarios y el acceso a los principales tipos de perfiles: autores, instituciones y revistas. Exponen los términos y condiciones para su uso de esta red y demuestra que el empleo apropiado de las facilidades que ofrece posibilita un aumento importante de la visibilidad de la actividad científica de los investigadores, las fuentes de información y las instituciones (Delgado y Orduña 2016).

También es posible publicar conjuntos de datos finales para su reutilización en otros estudios. Además, posee un amplio repertorio de indicadores de rendimiento con el objetivo de medir la calidad y la cantidad de sus publicaciones. Destaca entre ellos el ResearchGate Score, calculado por un algoritmo propio que integra indicadores bibliométricos y altmétricos mediante la evaluación de las publicaciones del investigador, sus lecturas, descargas y citas, las preguntas formuladas y contestadas por los iguales. También evalúa la forma en que sus coautores, colaboradores y seguidores reciben y evalúan sus contribuciones, de tal forma que su prestigio o puntuación incide en la dinámica del indicador; esto permite a los investigadores su auto-evaluación; así como la valoración de la actividad y los resultados de investigación de otros profesionales que participan en la red y la influencia de los coautores de publicaciones, colaboradores de trabajos y seguidores en el impacto, las estadísticas y las métricas alternativas (Moya 2015, Yu *et al*. 2016 y Orduña et al. 2016).

LinkedIn. La red profesional orientada al ámbito empresarial

LinkedIn es la plataforma profesional por excelencia, tanto por su tamaño como por la cantidad de datos que ofrece, lanzada en mayo de 2003 y en sus estadísticas se refleja que tiene más de 400 millones de usuarios pertenecientes a más de 200 países. Su consigna es 'conecta, comparte ideas y descubre oportunidades. Tiene la particularidad de que más del 80 % de sus usuarios se encuentra comprendido en el rango de edades entre 36 y 45 años, pero con una media con tendencia decreciente (Archambault y Grudin 2012).

Esta red permite identificar grupos de colaboración y diseñar estrategias de networking para promocionar los currículos individuales, que pueden ser elaborados eligiendo opcionalmente entre 24 idiomas e incluyendo variados aspectos de información personal, laboral, académica, de conocimientos y aptitudes. Las personas pueden hacer y solicitar recomendaciones de otros miembros, hacer seguimientos y actualizar sus contactos ante cambios de dirección o de trabajo. La muestra y promoción de las habilidades individuales no solo beneficia a los usuarios, sino que mejora la imagen de las compañías; la información que aparece en las páginas del perfil se caracteriza por un alto nivel de integridad y exactitud, demostrándose que los currículos de esta red son menos engañosos que los tradicionales. Es utilizada como herramienta de reclutamiento, siendo la empresa capaz de llegar a los solicitantes de empleo activos y pasivos, pues notifica a los usuarios las ofertas de plazas de forma automática y en función de los intereses manifestados (Bonson y Bednárová 2013).

Pese a ser más popular fuera que dentro del mundo académico, LinkedIn es una red utilizada por los investigadores para publicar información relacionada con sus actividades profesionales, incluyendo detalles de sus publicaciones de investigación. Esto puede facilitar el número de descargas, ya que mejora el posicionamiento SEO (Search Engine Optimization); es decir, 'optimiza' la presencia del investigador en los motores de búsqueda, y en definitiva aumenta su visibilidad en Internet (Kelly y Delasalle 2012). Para esto es necesario el cumplimiento de algunos requisitos útiles para la categorización de los contenidos y conseguir que estos aparezcan entre los primeros resultados de una búsqueda en uno o varios buscadores, como parte esencial del mercadeo (marketing) web. El principio del SEO es: 'si algo no se puede encontrar en Internet no es relevante o no existe', por tanto, si usted pretende que su contribución se consulte u obtenga cierto impacto, debe preocuparse por facilitar su indización o representación temática en los buscadores (Margolles 2016).

Google Académico. Buscador académico. Subproducto de Google

Google Académico, aparecido en 2004, está especializado en la búsqueda e identificación de literatura científica y académica, procedente de universidades, centros de investigación y desarrollo, repositorios institucionales o temáticos, editoriales comerciales, bibliotecas, servicios de distribución y almacenamiento de información y bases de datos bibliográficas como PubMed/Medline. Tiene nuevas estrategias de difusión de la investigación y emite criterios para facilitar la localización de los trabajos científicos. Actúa bajo el lema 'A hombros de gigantes', algo que permite entender el fin que persigue el buscador. Si se pretende aumentar el impacto científico de una investigación, podemos destacar que hay diversos motivos que lo hacen crucial a la hora de posicionar mejor a un científico, y existe variedad de contenidos que evalúa y considera como científicos. Esta masividad no debe considerarse como disminución de la cantidad de contenidos recuperados pues los índices utilizados se encargan de depurar los contenidos y hacer que no se convierta en un inconveniente mayor (Alonso *et al*. 2016).

Comprende una amplia variedad de tipos de documentos y cobertura geográfica de la ciencia mundial, en particular del mundo no anglosajón, el más pobremente representado en los grandes servicios de información mundial. Ofrece interfaz para la búsqueda avanzada según temáticas de interés, posibilitando también realizar búsquedas por autor, título de revista, evento científico, institución u organización, así como combinaciones de las anteriores facilidades para la exploración, y permite crear un sistema de alertas informativas sobre temas, autores, citas a artículos y otros documentos de interés, así como diversas estrategias para el acceso al texto completo del recurso de interés, y también cómo crear y organizar una biblioteca personal a partir de la información que se obtiene de este sistema (Delgado y Torres 2013). Además de un eficiente buscador, permite y aconseja crear un perfil con la producción científica y académica enlazada en red y evaluada con indicadores bibliométricos; se necesita abrir una cuenta de correo con el servidor: gmail.com; una vez conformado el perfil, los indicadores estadísticos generales y específicos aparecen detallados, personalizados y graficados con notificaciones a los usuarios a través del correo, y sus componentes se

explican claramente con etiquetas en la página principal del perfil de usuario (Delgado y Torres 2013). La creciente utilización de Google Académico como motor de búsqueda ha convencido a quienes cuestionaban su idoneidad y la cantidad y calidad de los contenidos que recupera (Alonso *et al.* 2016).

ORCID (Open Researcher and Contribution ID)

Surgido en 2009. Es una organización sin fines de lucro, apoyada por casas editoras prominentes e instituciones de investigación élites que, por las facilidades que ofrece, ha ganado en popularidad por garantizar la distinción inequívoca de las contribuciones escritas por los investigadores y como método efectivo para vincular las actividades de investigación de científicos y académicos referidas en diferentes sistemas de información, abordando el problema de la identificación correcta de los autores individuales, que ha crecido durante los últimos años a causa del incremento exponencial de la producción científica mundial, convirtiéndose en un identificador único permanente y universal para científicos y académicos (Medical Library Association 2013).

Identificador compuesto por 16 dígitos, construido sobre la base de la norma ISO 27729:2012. Propicia un código de autor permanente, inequívoco y distintivo con precisión de la producción y el quehacer científico, luego de un registro individual y gratuito para obtenerlo y almacenar, documentar y gestionar su quehacer profesional e introducir otras informaciones individuales e institucionales. Reduce la ambigüedad en la identificación de los autores, solicitando un nombre bibliográfico único y la afiliación institucional, y permite identificar correctamente a un autor y la totalidad de su obra (materiales en blog personales y sitios web, artículos y libros, programas docentes, software, entre otros) (Delgado y Torres 2013).

Se observa un incremento paulatino de las editoriales y revistas especializadas que exigen tener un código ORCID a la hora de presentar manuscritos para publicar en ellas, así como perfiles en las redes sociales que lo incluyen entre sus datos de usuario.

CONCLUSIONES

Los jóvenes investigadores del ICA en el periodo 2022-2024 mostraron que casi en su totalidad no tienen completamente actualizados sus perfiles profesionales, lo cual atenta contra la visibilidad de la ciencia en el Instituto. Sin embargo, la incursión en estas redes demuestra fehacientemente la efectividad y el impacto en el incremento de la visibilidad de la producción científica. A su vez, el proceso de motivación y capacitación a los investigadores y el personal vinculado a la investigación es fundamental para aumentar el nivel de visibilidad profesional e institucional, aspecto vital en el desarrollo científico y tecnológico del país. El futuro de la agronomía es digital y colaborativo. No esperes a graduarte para empezar a construir tu reputación profesional. Estas redes son tu campo de juego global, donde puedes aprender de los mejores, mostrar tus ideas innovadoras y abrir puertas. La existencia de similitudes y diferencias entre las redes científicas y académicas, lejos de provocar indecisiones al elegirlas, pueden servir de guía para interactuar sobre ellas y equiparar los respectivos perfiles.

BIBLIOGRAFÍA

Alonso, A., Ontalba, J.A., González, J. & Aleixandre, R. 2016. Comunicación científica (XXXIII). El papel de las redes sociales en la difusión de la pediatría. Acta Pediátrica Española, 74(5): 133-40.

Boyd, D. & Ellison, N. 2007. Social network sites: definition, history and scholarship. Journal of computer-Mediated Communication, 13(1): 210-30.

Margolles, P. 2016. Incrementa el impacto de tus artículos científicos gracias al SEO. Disponible en: http://www.neoscientia.com/seo-articulos-cientificos/.

Medical Library Association. Author identifiers: Tackling Author Name Ambiguity. 2013 [Internet] [citado 23 Ene 2014]. Disponible en: http://www.mlanet.org/government/gov_pdf/2013_author%20identiers_factsheet.pdf.

Vidal, A., Navarro, C., González, J., Alonso, A. & Aleixandre, R. 2012. Fuentes de información bibliográfica (XI). Las redes sociales y los perfiles profesionales e investigadores en pediatría. Acta Pediátrica Española, 70 (4): 157-165.

Yu, M.C., Wu, Y.C.J, Alhalabi, W., Kao, H.Y. & Wu, W.H. 2016. ResearchGate: an effective altmetric indicator for active researchers? Computers in Human Behavior, 55: 1001-1006.

Archambault, A. & Grudin, A.J. 2012. A longitudinal study of Facebook, LinkedIn & Twitter use. CHI: 2741-50.

Kelly, B. & Delasalle, J. 2012 Can LinkedIn and Acade-mia.edu enhance access to open repositories? OR2012: The 7th International Conference on Open Repositories. University of Bath, Disponible en: http://opus.bath.ac.uk/30227/1/or12-136-final.pdf.

Bonson, E. & Bednárová, M. 2013. Corporate LinkedIn practices of Eurozone companies. Online Information Review, 37(6): 969-984.

Delgado, E. & Torres, D. 2013. Cómo utilizar Google Scholar para mejorar la visibilidad de nuestra producción científica. Universidad de Granada/Universidad de Navarra. Disponible en: http://es.slideshare.net/torressalinas/cmo-utilizar-google-scholar-para-mejorar-la-visibilidad.

Moya, V.M. 2015. ResearchGate scientific network: la red social de los investigadores. Sevilla: Universidad de Sevilla; [Internet]. Disponible en: http://bib.us.es/educacion/sites/bib3.us.es.educacion/files/materiales_pdi_researchgate.pdf.

Delgado, E. & Orduña, E. 2016. Cómo usar ResearchGate. Granada: Universidad de Granada. Disponible en: http://www.slideshare.net/EmilioDelgado/ cmo-usar-researchgate.pdf.

Orduña, E., Martin, A. & Delgado, E. 2016. ResearchGate como fuente de evaluación científico: desvelando sus aplicaciones biométricas. Profesional de la Información, 25(2): 303-310.





IP-43. Training youth and women as rural extension agents: strengthening family farming and sustainability in Brazilian rural areas

Capacitação de jovens e mulheres como agentes de extensão rural: fortalecimento da agricultura familiar e da sustentabilidade no meio rural brasileiro

K.V. R. Guerrero[1]; D. F. Pillatti[1]; I. V. Z. Almeida[2]; Y. R. A. Silva, [3]; G. Corcioli [4] y R.R. Silva[4]*

[1]Federal University of São Carlos, Center for Agricultural Sciences (CCA), Araras, São Paulo, Brazil

[2]Araras III Settlement, Araras, São Paulo, Brazil

[3]Quilombo Anastácia Farm, Araras, São Paulo, Brazil

[4]Federal University of Goiás, Avenida Esperança, no number, Samambaia Campus, Goiânia, GO 74690-900, Brazil

[*]Correspondencia a: ryanrodrigues@ufg.br

ABSTRACT

Brazilian family farming faces challenges of generational succession and gender inequity, with significant rural population decline in recent decades probably due to youth migration, while rural women continue to have limited access to technical information and training opportunities. This study aimed to evaluate the ProforEXT Program's effectiveness in training youth and women as rural extension agents while promoting sustainable agricultural practices in Brazilian agrarian reform settlements. The methodology employed structured online questionnaires administered to 172 participants across 11 Brazilian states between November 2024 and April 2025, encompassing Local Training Agents, interns and residents, coordinators, and other stakeholders. Among 133 youth respondents trained as extension agents, 56.8% were female, significantly exceeding the national average of female agricultural establishment management. Program effectiveness was confirmed by 79.5% of youth rating the approach as adequate and 96.4% reporting positive personal and professional development impacts. A key achievement included establishing a 0.55-hectare silvopastoral demonstration unit featuring biodiverse living fences with 30 native species under youth and women leadership. The program currently involves 16 educational institutions, 170 Local Training Agents, 53 faculty members, 68 interns, serving 6,932 families across 97 settlements nationwide. Main challenges identified were financial/bureaucratic constraints (25.3%), insufficient infrastructure (15.7%), and communication difficulties (9.6%). The study concludes that participatory methodologies effectively strengthen youth and women's empowerment in rural extension, addressing both youth retention and gender equity while promoting sustainable practice adoption. The ProforEXT model demonstrates potential for national and international replication to advance inclusive rural development aligned with the 2030 Sustainable Development Goals.

Keywords: *Gender equity; Youth empowerment; Silvopastoral systems; Technical assistance; Agroecology*

Palavras-chave: *Equidade de gênero; Empoderamento juvenil; Sistemas silvipastoris; Assistência técnica; Agroecologia*

INTRODUCTION

Brazilian family farming exhibits significant heterogeneity, encompassing families that live and operate smallholdings following a traditional peasant lifestyle, as well as producers integrated into agribusiness models who aspire to competitive market insertion while maintaining wage-labor relationships (Meirelles and Batalha, 2009; Pereira, 2023). This diversity transcends production models and small producer lifestyles, manifesting also in differences regarding their geographical locations and the country's regional disparities. Therefore, treating heterogeneous social groups with distinct characteristics and socioeconomic situations under the single conceptual framework of "family farmers" merely because they share the common trait of predominantly using family labor constitutes a conceptual error. Alternative concepts such as peasant agriculture or small-scale agriculture may be more appropriate (Meirelles and Batalha, 2009; Castro, 2024).

Brazilian family farming represents considerable importance, as demonstrated by the 2017 Agricultural Census, which identified approximately 77% of agricultural establishments as family farming operations, employing more than 10 million people (IBGE, 2019). In the global context, the United Nations Food and Agriculture Organization designated 2019-2028 as the UN Decade of Family Farming, recognizing its contribution at various levels to agricultural production, food security, and rural income generation in Latin American countries (Castro, 2024).

Given this context, attracting youth to ensure the perpetuation and promotion of these activities becomes imperative. Castro (2024) reports that in Caribbean countries, due to more favorable income prospects in other economic sectors, many young people prefer to dedicate themselves partially or entirely to more profitable activities, often with family encouragement. This phenomenon, also observed in Brazil, poses a significant threat to the continuity of family enterprises, necessitating the promotion of productive inclusion initiatives.

Regarding women's presence in rural areas, rural spaces continue to present challenges related to gender inequity. According to the Brazilian Family Agriculture Yearbook (ABAF, 2025), women's work often lacks formal recognition and remains invisible, requiring support and valorization of their essential role in food production and property management. Furthermore, persistent issues include task and responsibility accumulation, as well as manifestations of discrimination, machismo, and sexism, extending from rural areas to academic and professional spaces for women in agricultural sciences.

Considering the importance of family farming and the transformation of technical assistance and rural extension (ATER) services observed since the 1980s and 1990s, when the classical model of universal, publicly-funded ATER began to be reconsidered in many countries, including Brazil and other Latin American nations (Castro, 2024), extension services in developed countries have shifted from message delivery systems to collaborative frameworks that help farmers understand and utilize technological innovations.

In this context, given the strategic importance of family farming and knowledge management addressing challenges related to hunger, gender, generational issues, climate change, and technological and social innovations, the Ministry of Agrarian Development and Family Farming (MDA) strategically and innovatively launched the ProforEXT Program – Training Program in Technical Assistance and Rural Extension for Agrarian Reform Settlements and contributions to the 2030 Agenda.

The ProforEXT presents itself as a contribution to the 2030 Agenda, serving as a global reference model project due to its alignment with the Sustainable Development Goals (SDGs), particularly focusing on SDG 2: Zero Hunger and Sustainable Agriculture. Its territorial practices and actions promote food security and sovereignty for agrarian reform settlers, traditional peoples and communities, building resilience against climate change and biodiversity loss while ensuring access to income and markets. The program aims to encourage generational succession, youth valorization, and women's empowerment in academic and territorial spaces to combat rural inequalities.

The initiative targets youth capacity building, involving young people aged 14 to 30 years from different regions of the country in rural territories as rural extension agents. This approach facilitates generational change for maintaining family farming through activities that promote sustainable practices and systems, such as silvopastoral systems (Martins et al., 2024), while advancing the reduction of gender disparities in agricultural leadership through empowerment and promotion of training and influence of recent graduates as residents, student interns, and local agents, recognizing female protagonism in rural areas.

Therefore, this study presents and discusses the experience of training young people and women as technical assistance and rural extension agents to improve, strengthen, and share knowledge about sustainable agricultural practices, consequently enhancing their engagement and empowerment.

MATERIALS AND METHODS

The research was conducted internally, with participants affiliated with the program, including faculty members, interns, residents, social movement leaders, and family members of trained youth. Responses encompassed 11 Brazilian states where the program was operational: São Paulo (33.7%), Pará (12.2%), Piauí (12.2%), Sergipe (9.9%), Rio Grande do Sul (8.1%), Goiás (7.6%), Pernambuco (7.0%), Rio de Janeiro (5.2%), Minas Gerais (2.9%), Paraná (2.9%), and Paraíba (2.3%). This distribution covered all five Brazilian regions, with higher concentrations in the Southeast (36.6%) and Northeast (28.5%).

Data collection occurred between November 2024 and April 2025, corresponding to the implementation period of the ProforEXT Program, spanning six months. The program involves 16 educational institutions, 53 faculty members, 68 interns, 17 recent graduates, 170 local training agents, 104 volunteer faculty, and approximately 1,200 volunteer students. Currently, the program operates in 97 agrarian reform settlements, serving 6,932 families (Figura 1).



Figura 1. *Project participants — students, professors and Local Training Agents — during a training meeting in Belém, Pará, Brazil.*



The study included 133 youth trained as rural extension agents, of whom 75 were women (56.8%) and 58 were men (43.2%), aged between 15 and 29 years. To evaluate program outcomes and impacts, a structured online questionnaire was administered, developed according to the participatory evaluation methodology for rural extension programs (Chambers, 1994). The instrument included open-ended and closed questions directed at different participant groups: professors, coordinators, and supervisors; interns, recent graduates, and graduate students; Local Training Agents (LTAs); social movement leaders; parents of LTAs; and program beneficiaries.

A total of 172 valid responses were obtained, distributed among LTAs (48.3%), interns, residents and graduate students (29.1%), professors, coordinators and supervisors (12.2%), beneficiaries (5.8%), parents of LTAs (2.9%), and social movement leaders (1.7%). Quantitative data were analyzed using descriptive statistics, calculating absolute and relative frequencies (percentages) for each variable. Open-ended responses were subjected to categorical content analysis (Bardin, 2016), aimed at identifying meaning units and thematic patterns related to program impacts as perceived by different groups.

RESULTS AND DISCUSSION

The questionnaire evaluation of the ProforEXT Program revealed significant quantitative results that confirm its effectiveness in empowering rural youth and women. Of the 172 valid respondents, 55.8% were female, demonstrating the program's effective reach among rural women. This predominantly female participation represents an expressive advance and a relevant differential of the program, particularly considering that, according to IBGE (2019), in Brazil only 18.7% of agricultural establishments are managed by women. According to data published by IBGE (2019) based on the 2017 Agricultural Census, only 9.6% of women in rural areas have access to technical information or participate in training seminars. In this context, studies indicate that the adoption of participatory mechanisms in policy formulation, the use of feminist pedagogy, as well as access to rural extension services and specific credit lines, are crucial factors for the empowerment of rural women (Moraes, 2018; Valerio et al., 2024). In this context, ProforEXT, by expanding women's access to technical training and strengthening their participation in productive spaces and decision-making, directly contributes to reducing these inequalities.

Regarding the effectiveness of actions targeting youth, 79.5% of Local Training Agents (LTAs) considered the program's approach to youth issues adequate, indicating strong acceptance among young participants. This result is particularly significant in the Brazilian context, where the rural population shows a 36.2% reduction between 2000 and 2024, nearly double the global average of 20.8%, highlighting the urgency of programs that retain youth in rural areas (World Bank Group, 2025).

Statistical analysis of perceptions regarding the program's most positive aspects showed variation among different respondent groups. University coordinators and supervisors primarily highlighted the articulation between universities, settlements, and social movements (42.9%), followed by technical training and capacity building (23.8%). LTAs particularly valued youth empowerment and leadership (27.7%) and technical training (28.9%), demonstrating alignment with the program's central objectives. This differentiation of perspectives among groups reflects the complexity of participatory rural extension, where different actors value distinct aspects of the educational process. Literature on rural extension confirms that intersectoral articulation and technical training are fundamental elements for the effectiveness of technical assistance programs targeting family farming, especially when directed toward empowering historically marginalized groups (Hanashiro et al., 2011).

Results demonstrate significant impact on personal and professional development, with 96.4% of LTAs confirming that ProforEXT contributed to their development. This positive perception aligns with qualitative evidence, such as the testimony of a participating mother: "My daughter became aware of the social role she occupies in the community; she feels like a subject of the process and responsible for community growth. She matured during the process." These findings corroborate studies by Pasa (2020), which highlight how rural extension training programs promote not only technical development but also personal empowerment of participants, especially young women. Similarly, Carrera-Hernández et al. (2020) demonstrate that structured educational processes in rural communities strengthen critical awareness and sense of social belonging, resulting in greater community engagement.

Regarding sustainable practice implementation, the program demonstrated concrete results. One example was the installation of a 0.55-hectare demonstrative silvopastoral system, including biodiverse living fences with approximately 30 native species, conducted under the leadership of youth and women (Figura 2). Silvopastoral systems are recognized as sustainable production strategies capable of improving animal performance in tropical regions and contributing to carbon sequestration (Krüger et al., 2024). The silvopastoral system implementation represents a concrete example of how technical assistance and rural extension services have evolved from traditional message delivery systems to collaborative frameworks that help farmers understand and utilize technological innovations, as described by Castro (2024) in his analysis of extension service transformation since the 1980s and 1990s.



Figura 2. *Monitoring and diagnosis of the demonstrative silvopastoral system by women and young people involved in the project.*

The main reported difficulties included financial and bureaucratic problems (25.3% of LTAs), insufficient infrastructure (15.7%), and communication difficulties (9.6%). These challenges highlight structural barriers that limit rural activity development. Literature corroborates these findings, indicating that lack of adequate information is one of the main factors contributing to family farmer impoverishment, with rural extension being an essential instrument for promoting sustainable socioeconomic and environmental development (Padilha Neto et al., 2024).

Statistical analysis further revealed that 90.4% of LTAs considered that the program adequately addressed the needs of settlements and families, demonstrating methodological adherence to participatory principles. The program also promoted significant interinstitutional articulation, involving 16 educational institutions, 170 LTAs, and serving 6,932 families across 97 settlements, establishing itself as a nationally relevant initiative for strengthening Brazilian family farming.

The project's comprehensive approach addresses multiple dimensions of challenges facing Brazilian family farming. By targeting youth and women simultaneously, ProforEXT tackles both generational succession issues and gender inequity, two critical factors for the sustainability of family farming operations. The program's emphasis on sustainable practices and systems thinking aligns with the heterogeneous nature of Brazilian family farming described by Meirelles and Batalha (2009), recognizing that diverse approaches are needed for different territorial contexts and socioeconomic situations.

Furthermore, the program's participatory methodology and focus on local capacity building contribute to strengthening the social capital essential for family farming development. This approach recognizes that, as Castro (2024) emphasizes, family farming contributes at different levels to agricultural production, food security, and rural income generation in Latin American countries, requiring tailored interventions that respect local knowledge while introducing innovative practices.

CONCLUSIONS

This experience demonstrates that participation in ProforEXT Program activities strengthens youth and women's empowerment and engagement, promoting sustainable agricultural practices and contributing to inclusive rural development. The program confirms that participatory and transformative methodologies are essential for strengthening the autonomy of these groups, mitigating gender inequalities, age and social prejudices, and compensating for the absence of extension services that prioritize their protagonism.

Results indicate that the ProforEXT approach not only promotes social inclusion but also generates concrete impacts on personal development, social consciousness, and capacity for adopting sustainable practices, such as silvopastoral systems implementation. Furthermore, inter-institutional articulation and youth empowerment stimulation demonstrate that the program contributes to consolidating cooperation networks and knowledge dissemination in rural areas.

Identified operational difficulties, including bureaucratic issues, limited infrastructure, and communication challenges, indicate improvement opportunities without compromising overall program effectiveness. Thus, ProforEXT presents itself as a replicable rural extension public policy model whose strengthening and expansion, both nationally and internationally, have the potential to reduce inequalities, support family farming continuity, and promote sustainable rural development in an inclusive and transformative manner.



ACKNOWLEDGMENTS

The authors acknowledge the Ministry of Agrarian Development and Family Agriculture (MDA), the National Institute for Colonization and Agrarian Reform (INCRA), and the Federal University of Goiás (UFG) for organizing the ProforEXT Program. The authors also express their gratitude to the Educational and Cultural Radio and Television Foundation (RTVE), the program proponent, as well as to the other 15 universities and federal institutes that contributed to its implementation: Federal University of Delta do Parnaíba (UFDPar), São Paulo State University (UNESP), Fluminense Federal University (UFF), Federal Institute of São Paulo (IFSP), Federal University of São Carlos (UFSCar), Federal Institute of Rio Grande do Sul (IFRS), Federal University of Sergipe (UFS), Federal University of Pará (UFPA), Federal Rural University of the Amazon (UFRA), Federal University of Technology – Paraná (UTFPR), Federal University of Rio Grande do Sul (UFRGS), Federal University of Mato Grosso do Sul (UFMS), Luiz de Queiroz College of Agriculture, University of São Paulo (ESALQ/USP), Federal Rural University of Pernambuco (UFRPE), and Federal Institute of Minas Gerais (IFMG).

BIBLIOGRAPHY

ABAF – Associação Brasileira da Agricultura Familiar. 2025. 10º Anuário Brasileiro da Agricultura Familiar, Gráfica Editora Boca Amarela Ltda, Grupo Bom Dia, Fech, MS, pp. 69.

Bardin, L. 2016. Análise de Conteúdo, Edições 70, São Paulo, pp. 280.

Carrera-Hernández, C., Madrigal-Luna, J., Lara-García, Y.I. 2020. La formación de profesionales de la educación y el cambio en las comunidades rurales a partir de la IAP. Revista Perspectivas 5(2), 77-89.

Castro, C.N. 2024. Agricultura familiar no Brasil, na América Latina e no Caribe: institucionalidade, características e desafios, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), Brasília, pp. 197.

Chambers, R. 1994. The origins and practice of participatory rural appraisal. World Development 22(7), 953-969.

Hanashiro, M.M., Matsuura, F.C.A.U., Lima, I.A., Beriam, L.O.S., Maddarena, E.F., Minitti, A.F., Comitre, V., Pimentel, M.A.A., Souza, E.D. 2011. Transferência de tecnologias apropriadas para a agricultura familiar: uma experiência de ação integrada no estado de São Paulo. Cadernos de Ciência & Tecnologia 28(1), 51-80.

IBGE. 2019. Censo Agropecuário 2017: Resultados Definitivos, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, pp. 105.

Krüger, A.M., Lima, P.M.T., Ovani, V., Pérez-Marquéz, S., Louvandini, H., Abdalla, A.L. 2024. Ruminant grazing lands in the tropics: Silvopastoral systems and Tithonia diversifolia as tools with potential to promote sustainability. Agronomy 14(7), 1386.

Martins, L.C., Cezarino, L.O., Martins, G., Martins, N.S., Moura, R.R., Liboni, L.B. 2024. O histórico sobre cercas rurais e a sustentabilidade da utilização de cercas de árvores vivas como sistema silvipastoril para a pecuária. Revista PPC – Políticas Públicas e Cidades 13(2), 1-40.

Meirelles de Souza Filho, H., Batalha, M.O. 2009. Gestão integrada da agricultura familiar, EdUFSCar, São Carlos, pp. 359.

Moraes, L.L., Jalil, L.M., Santos, J.H., Costa, M.A.G., Oliveira, M.S.D.L. 2018. Pedagogia feminista como processo educativo para a reflexão da política pública de ATER no Nordeste. INTERRITÓRIOS 4(6), 07.

Padilha Neto, A.S., Santos, M.H.L.C., Pacheco, C.S.G.R., Santos, J.M., Bomfim, L.S.V., Farias, E.A. 2024. Precarização do trabalho na agricultura familiar: Educação Ambiental a partir do mapeamento sistemático. Revista Brasileira de Educação Ambiental 19(1), 7-25.

Pasa, T., Richter da Costa, J.F., Angelita Deggerone, Z. 2020. Formação e atuação sindical: como os processos de formação contribuem para o empoderamento das mulheres no meio rural. Revista Extensão & Cidadania 8(14), 93-107.

Pereira, A.W.V. 2023. Agricultura familiar ou camponesa? Reflexões e tensões a respeito dos conceitos. Revista da Casa da Geografia de Sobral 25(1), 175-188.

Valerio, E., Panzone, L., Siliprandi, E. 2024. Women's empowerment in agriculture in the semi-arid: A case study of northeastern Brazil. Feminist Economics 30(2), 220-256.

World Bank Group. 2025. World Development Indicators. Available at: https://databank.worldbank.org. Accessed September 12, 2025.

180-IP

IP-44. Intercâmbio geracional e protagonismo feminino: perspectivas das mulheres e dos jovens no Cerrado mineiro para o desenvolvimento rural sustentável

Generational exchange and female protagonism: perspectives of women and youth in the Cerrado region of Minas Gerais for sustainable rural development

R. L. O. Rúbia Lúcia de Oliveira[*]; E.C.T. Elaine Cristina Teixeira; G. M. A. Glauciana da Mata Ataíde; G. E. M. Gustavo Eduardo Marcatti; R. V. O. C. Renato Vinícius Oliveira Castro

Federal University of São João del-Rei – UFSJ, Sete Lagoas, Minas Gerais, Brazil

[*]Correspondencia a: rubia@ufsj.edu.br

ABSTRACT

The article addresses female leadership and intergenerational exchange as key elements for sustainable rural development in the Cerrado region of Minas Gerais, highlighting the role of women and young farmers, many from traditional communities. These women, historically marginalized by public policies and impacted by structural racism, face challenges such as work overload, sexism, and threats to their territories. Nevertheless, they are essential for biodiversity preservation, the promotion of agroecological practices, and the transmission of traditional knowledge. Intergenerational exchange takes place in a communal, practical, and affective way, ensuring the continuity of resilient and autonomous ways of life. Data from the 2017 Agricultural Census (IBGE) show a 46% increase in the number of women leading agricultural establishments in Minas Gerais, reflecting their growing importance. However, the rural exodus among young people aged 15 to 29 persists, driven by the search for better opportunities. A field survey conducted with 26 local farmers reveals that while 56% intend to remain in rural areas, the lack of recognition for their work (pointed out by 43.5% of women) and the double burden (39.1%) are significant barriers. Therefore, it is urgent to strengthen the knowledge and practices of Cerrado women, promoting a development that values cultural diversity and social justice, and that ensures the permanence of young people in the countryside with dignity and autonomy.

Keywords: *Cerrado, women, rural youth, intergenerational exchange, sustainable development, agroecology.*

INTRODUÇÃO

O Cerrado, segundo maior bioma da América do Sul, é reconhecido como a savana mais biodiversa do mundo, ocupando aproximadamente 23% do território brasileiro. No entanto, sua riqueza ecológica e sociocultural tem sido ofuscada por um modelo de desenvolvimento que o trata como uma fronteira agrícola a ser explorada, em detrimento de seu valor como território de vida, cultura e resistência (Hosono, Hamaguchi, e Bojanic, 2019). Em Minas Gerais, esse paradigma desenvolvimentista se intensificou a partir da década de 1970, impulsionado por políticas de modernização agrícola que favoreceram a expansão da pecuária e da monocultura, gerando profundos impactos sobre as comunidades tradicionais, especialmente aquelas compostas por mulheres camponesas, quilombolas, indígenas e geraizeiras (Sauer, Leite, Oliveira, e Shankland, 2019).

Neste contexto, a atuação das mulheres tem se revelado fundamental para a preservação da biodiversidade, o fortalecimento de redes comunitárias e a construção de alternativas agroecológicas frente à lógica predatória do agronegócio. O crescente protagonismo feminino é evidenciado por dados do Censo Agropecuário de 2017 (IBGE), que apontam um aumento de 46% no número de estabelecimentos agropecuários liderados por mulheres em Minas Gerais em uma década, passando de 59,3 mil em 2006 para 86,7 mil em 2017. Este avanço, contudo, não elimina os desafios estruturais, como o acesso limitado à terra e a persistente desigualdade de gênero (Valerio, Panzone, e Siliprandi, 2024).

Muitas dessas mulheres são descendentes de comunidades quilombolas, o que adiciona uma dimensão de raça e cultura às suas lutas. Além das desigualdades de gênero e classe, elas enfrentam o racismo estrutural e os efeitos de uma exclusão histórica, perpetuada pela escassez de políticas públicas de reparação (Rede Cerrado, 2020). São elas as guardiãs de sementes crioulas, detentoras do saber fitoterápico e articuladoras de práticas que desafiam a homogeneização imposta pelo agronegócio, constituindo um patrimônio imaterial essencial à sustentabilidade rural (Ramirez-Santos, Ravera, Rivera-Ferre, e CalvetNogués, 2023).

Paralelamente, a questão do intercâmbio geracional emerge como um fator crítico para a continuidade da agricultura familiar. A transmissão de saberes das mulheres mais velhas para os jovens, que por sua vez trazem inovações e novas tecnologias, é vital para a resiliência das comunidades rurais. No entanto, o êxodo de jovens em busca de melhores oportunidades nas cidades ameaça esse ciclo. Este artigo busca, portanto, aprofundar a compreensão sobre a dinâmica entre o protagonismo feminino e o intercâmbio geracional no Cerrado mineiro, analisando como esses processos podem catalisar um desenvolvimento rural mais sustentável e justo. Para isso, o estudo se baseia em uma revisão da literatura e em dados de uma pesquisa de campo realizada com mulheres e jovens da região, buscando responder como as práticas e os saberes das mulheres do Cerrado, em diálogo com a juventude, podem fortalecer a agricultura familiar e promover a permanência no campo.

MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia adotada para este estudo contempla três eixos principais: revisão bibliográfica, para fundamentação teórica e contextualização do tema; entrevistas informais e conversas locais, que possibilitam apreender saberes, práticas e perspectivas dos sujeitos envolvidos; aplicação de formulários semiestruturados, para coleta de dados quantitativos e qualitativos que subsidiem a análise crítica das condições socioeconômicas dos desafios enfrentados e das estratégias de resistência e inovação implementadas pelas mulheres jovens no Cerrado mineiro.

A pesquisa bibliográfica foi realizada em bases de dados como Scopus, Springer e Cambridge, além de publicações de organizações não governamentais e institutos de pesquisa, focando nos temas de protagonismo feminino, juventude rural, desenvolvimento sustentável, agroecologia e conhecimento tradicional no contexto do Cerrado brasileiro. Foram selecionados artigos e relatórios publicados nos últimos anos para garantir a atualidade das referências.

A pesquisa aconteceu entre os meses de setembro de 2024 e junho de 2025 e contou com visita a 92 (noventa e duas) propriedades agrícolas urbanas (hortas comunitárias) e periurbanas do município de Sete Lagoas, Minas Gerais, Brasil. As visitas foram enriquecidas por conversas locais e aplicação de um questionário semiestruturado a 26 agricultores e agricultoras, a fim de mensurar o quantitativo de mulheres e jovens oriundos tanto de comunidades rurais quanto de produtores urbanos. As perguntas feitas foram simples, com opções de múltipla escolha e não foi recolhido nenhum dado pessoal, garantindo anonimato dos entrevistados. O questionário, intitulado "Situação da Mulher e do Jovem no Meio Rural", foi elaborado para coletar dados sobre o perfil dos respondentes, suas atividades, o reconhecimento de seu trabalho, as dificuldades enfrentadas, suas perspectivas de futuro no campo e o acesso a recursos. A amostra foi composta por 76,9% de mulheres (20 participantes) e 23,1% de homens (6 participantes), com distribuição etária que permitiu análises geracionais: 46,2% jovens abaixo de 30 anos (12 participantes) e 53,8% adultos de 30 anos ou mais (14 participantes). (Figura 1). Esta composição permitiu análises comparativas tanto de gênero quanto geracionais, essenciais para compreender as dinâmicas do intercâmbio de saberes e do protagonismo feminino no contexto estudado.

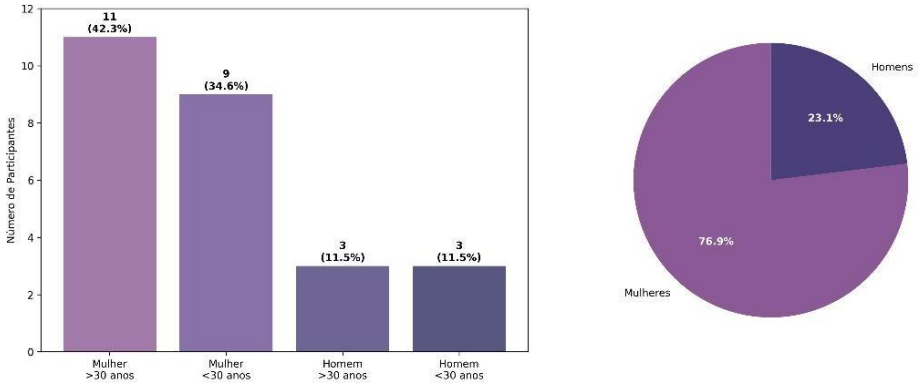


Figura1. *Perfil demográfico da amostra por gênero e faixa etária*

Os dados quantitativos foram analisados por meio de estatística descritiva, com o objetivo de identificar padrões e tendências nas respostas. Os dados qualitativos, obtidos a partir de perguntas abertas e da observação participante durante as visitas às propriedades rurais, foram analisados por meio de análise de conteúdo, buscando identificar os principais temas e narrativas emergentes. A combinação dessas duas abordagens permitiu uma compreensão mais aprofundada e contextualizada da realidade das mulheres e dos jovens no Cerrado mineiro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Protagonismo Feminino e os Desafios no Campo

O crescente protagonismo das mulheres na agricultura brasileira, conforme apontado pelo Censo Agropecuário de 2017, é um fenômeno que reflete não apenas uma mudança demográfica, mas também uma transformação nas dinâmicas de poder e trabalho no meio rural. No Cerrado mineiro, essa realidade é particularmente evidente, onde as mulheres, muitas delas líderes de suas comunidades, desempenham um papel central na agricultura familiar e na conservação da biodiversidade. No entanto, esse protagonismo coexiste com desafios estruturais profundos, que foram corroborados tanto pela literatura quanto pelos dados de campo.

A pesquisa realizada revelou que as mulheres enfrentam uma sobrecarga de trabalho significativa (Figura 2). A "dupla jornada", que combina o trabalho produtivo com as responsabilidades domésticas e de cuidado, foi apontada como a principal dificuldade por 39,1% das mulheres entrevistadas. Essa sobrecarga é um reflexo da divisão sexual do trabalho ainda presente no meio rural, que invisibiliza e desvaloriza o trabalho feminino. Além disso, 43,5% das mulheres relataram a falta de reconhecimento de seu trabalho pela família e pela comunidade, o que demonstra a persistência de uma cultura patriarcal que subestima a contribuição feminina para a economia familiar e local.

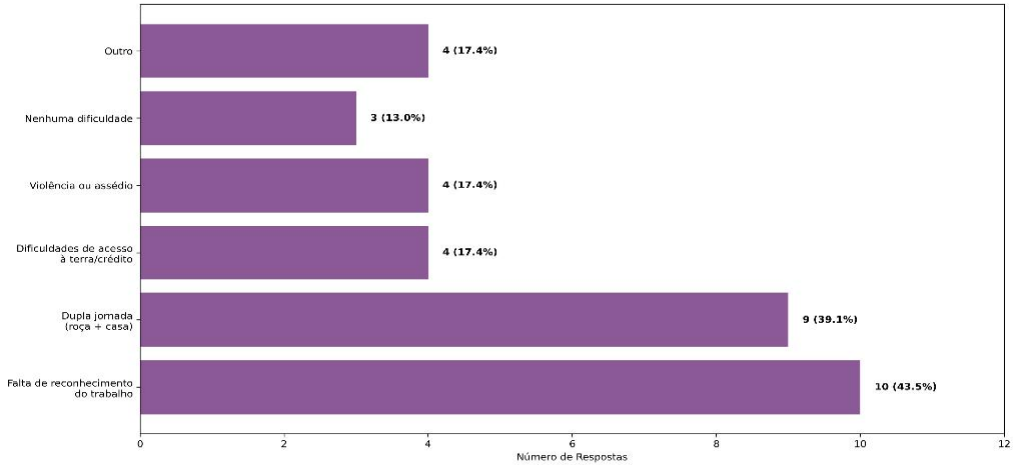


Figura 2. *Principais dificuldades enfrentadas pelas mulheres no ambiente rural.*

Esses achados estão em consonância com estudos que destacam a sobreposição de desigualdades enfrentadas pelas mulheres rurais, especialmente as negras e quilombolas, que lidam com o racismo estrutural, o machismo e a ausência de políticas públicas efetivas (Oliveira, 2021). A pesquisa de Valerio, Panzone e Siliprandi (2024) também reforça a importância de políticas públicas direcionadas, como o acesso a crédito e a serviços de extensão, para o empoderamento feminino. A pesquisa de campo mostrou que, embora 88% dos entrevistados tenham acesso à internet de boa qualidade, o que poderia facilitar o acesso a informações e mercados, ainda há um longo caminho a percorrer para que as mulheres possam usufruir plenamente dessas ferramentas para sua autonomia econômica e política.

A Importância do Intercâmbio Geracional e a Perspectiva dos Jovens

O intercâmbio de saberes entre gerações é um pilar fundamental para a sustentabilidade da agricultura familiar. A pesquisa de campo revelou uma relação complexa dos jovens com a permanência no campo. Dos 25 respondentes que abordaram esta questão, 56% (14 jovens) afirmaram ter planos concretos e ver oportunidades na atividade rural, enquanto 32% (8 jovens) demonstraram interesse condicional, dependendo das condições oferecidas. Apenas 12% (3 jovens) manifestaram intenção clara de migrar para centros urbanos em busca de trabalho e formação.

Os dados da pesquisa de campo oferecem um panorama complexo sobre a permanência dos jovens no campo (Figuras 3 e 4). Por um lado, 56% dos entrevistados afirmaram que pretendem continuar vivendo e trabalhando no meio rural. Por outro lado, a falta de oportunidades de trabalho e renda é um fator que impulsiona a migração para as cidades. Entre os jovens, 75% veem o trabalho na propriedade da família como a principal oportunidade, o que indica uma dependência da estrutura familiar e uma carência de outras opções de trabalho.

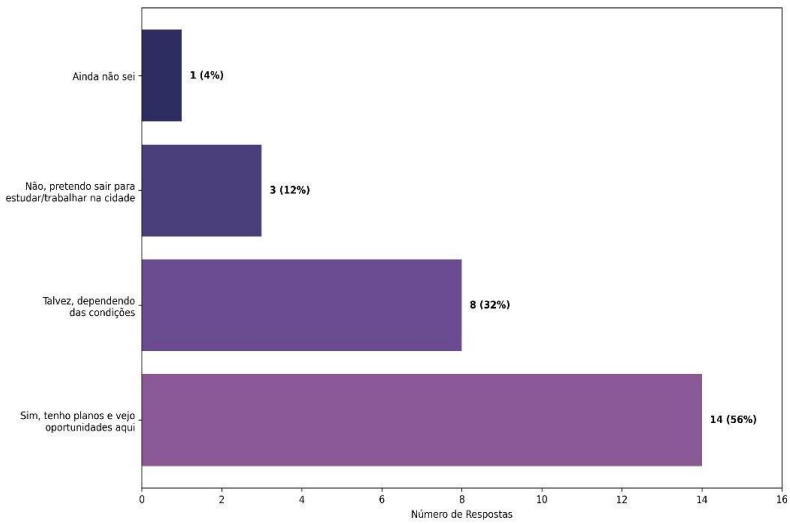


Figura 3. *Perspectivas de permanência no campo pelos jovens entrevistados pela pesquisa.*

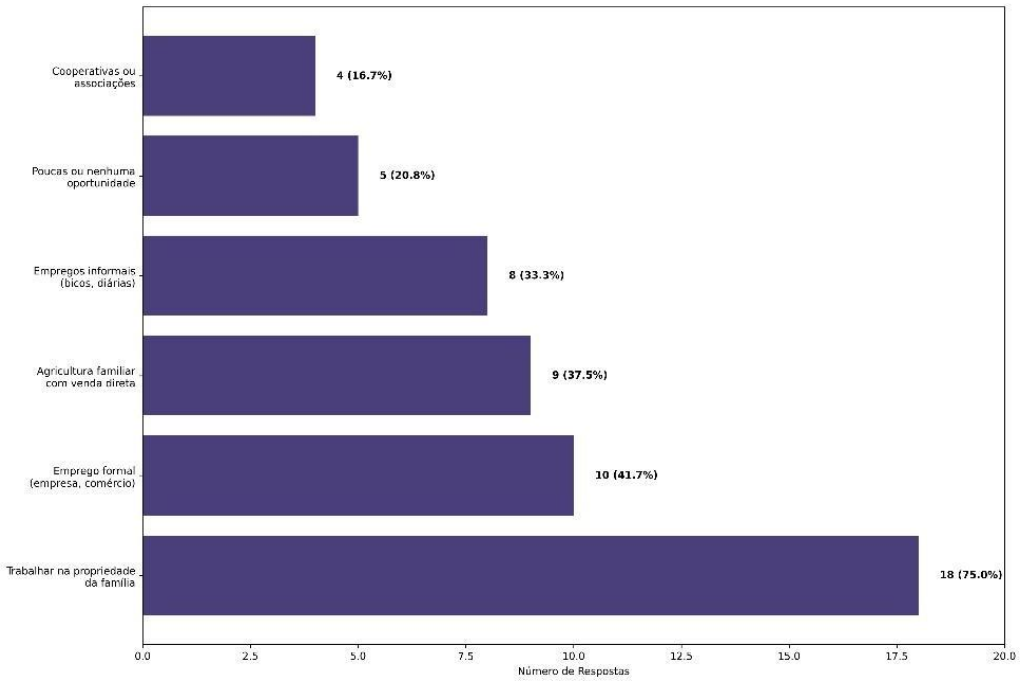


Figura 4. *Oportunidade de trabalho para os jovens na comunidade.*

A literatura sobre o tema aponta para a necessidade de políticas públicas que garantam aos jovens o acesso à terra, ao crédito, à educação de qualidade e a espaços de lazer e cultura no campo (The Farming Question, 2022). A pesquisa de campo revelou que, embora 76% dos entrevistados tenham acesso a transporte para a escola ou trabalho, apenas 44% têm acesso a espaços de lazer e cultura, e 48% a escolas técnicas ou cursos profissionalizantes.

Esses dados sugerem que a infraestrutura e os serviços disponíveis no meio rural ainda são insuficientes para atender às demandas e aspirações da juventude.

Além disso, a participação dos jovens em projetos e iniciativas voltadas para o campo ainda é baixa (Figura 5). Apenas 12% dos jovens entrevistados participam ativamente de algum projeto, enquanto 36% conhecem, mas nunca participaram, e 32% nunca ouviram falar.

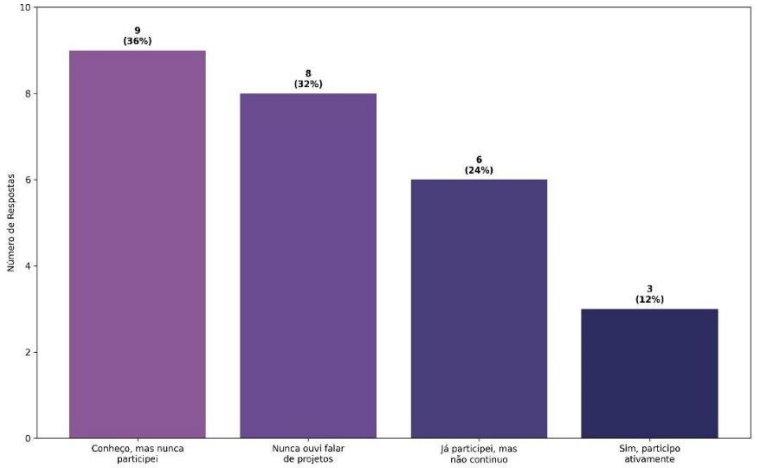


Figura 5. *Participação em projetos voltados para jovens do campo.*

Isso indica a necessidade de uma maior divulgação e articulação de políticas e programas que incentivem o protagonismo juvenil e a inovação no meio rural.

Agroecologia e Conhecimento Tradicional como Ferramentas de Resistência

A agroecologia, aliada ao conhecimento tradicional, surge como uma alternativa ao modelo predatório do agronegócio e como uma ferramenta de resistência para as comunidades do Cerrado. As mulheres, como detentoras de um vasto conhecimento sobre o manejo da biodiversidade e as práticas de cultivo sustentáveis, são as principais protagonistas desse movimento.

A pesquisa de Ramirez-Santos et al. (2023) destaca a natureza de gênero do conhecimento agroecológico tradicional, mostrando como ele está ligado a tarefas e espaços específicos, onde a discriminação de gênero também é reproduzida. No entanto, esse conhecimento é também uma fonte de poder e autonomia para as mulheres, que o utilizam para garantir a segurança alimentar de suas famílias e para gerar renda a partir da comercialização de produtos da agrobiodiversidade.

No Cerrado mineiro, as mulheres são as guardiãs de sementes crioulas, as curadoras do saber fitoterápico e as artesãs que transformam os frutos do Cerrado em alimentos e produtos de alto valor agregado. Essas práticas, muitas vezes invisibilizadas, representam um patrimônio imaterial de valor inestimável para a sustentabilidade do bioma e para a resiliência das comunidades.

O fortalecimento da agroecologia e do conhecimento tradicional passa necessariamente pelo fortalecimento das mulheres e de suas organizações. A pesquisa de Feitosa e Yamaoka (2020) mostra como as redes de mulheres no Brasil têm se inspirado na agroecologia para fortalecer a resiliência climática e o empoderamento feminino. A articulação em redes, a troca de experiências e a luta por políticas públicas que reconheçam e valorizem o papel das mulheres na agricultura são fundamentais para a construção de um futuro mais sustentável para o Cerrado.

Capacitação e Formação: Lacunas e Oportunidades

A capacitação das mulheres rurais emerge como um elemento crucial para o fortalecimento de seu protagonismo. Os dados da pesquisa revelam um cenário misto em relação à participação em cursos e eventos voltados para mulheres rurais. 32% das entrevistadas participam "às vezes" de capacitações, enquanto 28% participam "com frequência". No entanto, 20% nunca participaram e outros 20% participam raramente por falta de tempo ou acesso. Apenas 4% declararam não ter interesse neste tipo de formação.

Esses números indicam que, embora exista interesse e alguma participação, ainda há barreiras significativas para o acesso pleno às oportunidades de capacitação. A falta de tempo, frequentemente mencionada, está diretamente relacionada à dupla jornada de trabalho enfrentada pelas mulheres, reforçando a necessidade de políticas que considerem essa realidade específica.

A importância da formação técnica é ainda mais evidente quando analisamos as sugestões dos participantes para a permanência dos jovens no campo. 68% dos entrevistados apontaram a "formação técnica e cursos profissionalizantes" como uma das principais necessidades, ficando atrás apenas dos "incentivos para produção e comercialização" (84%). Essa demanda por capacitação reflete a consciência dos agricultores sobre a necessidade de atualização tecnológica e aprimoramento de práticas para competir no mercado atual.

Prioridades para o Desenvolvimento Rural Sustentável

A análise das sugestões dos participantes para promover a permanência dos jovens no campo oferece insights valiosos sobre as prioridades para o desenvolvimento rural sustentável na região (Tabela 1). Os dados revelam uma hierarquia clara de necessidades:

Tabela 1: *Sugestões para Permanência dos Jovens no Campo*

Sugestão para permanência	N (amostra)	Percentual
Incentivos para produção e comercialização	21	84
Formação técnica e cursos profissionalizantes	17	68
Acesso à terra e crédito rural	13	52
Internet e tecnologia no campo	12	48
Apoio para empreender e inovar	10	40
Mais espaços de lazer, cultura e entretenimento	4	16
Nada, os jovens preferem sair	0	0



1. Incentivos para produção e comercialização (84%): Esta foi a prioridade absoluta, indicando que os agricultores reconhecem a necessidade de apoio para tornar suas atividades economicamente viáveis e competitivas.
2. Formação técnica e cursos profissionalizantes (68%): A segunda maior demanda reflete a consciência sobre a importância da capacitação para a modernização da agricultura familiar.
3. Acesso à terra e crédito rural (52%): Mais da metade dos entrevistados identifica o acesso a recursos produtivos como fundamental para a permanência dos jovens.
4. Internet e tecnologia no campo (48%): Embora 88% já tenham acesso à internet de boa qualidade, quase metade ainda vê a tecnologia como uma necessidade para atrair jovens.
5. Apoio para empreender e inovar (40%): Dois em cada cinco participantes reconhecem a importância do empreendedorismo rural.
6. Mais espaços de lazer e cultura (16%): Embora seja a menor demanda, ainda é significativa, indicando que a qualidade de vida no campo vai além das questões produtivas.

Essa hierarquização de prioridades demonstra uma visão pragmática dos agricultores, que priorizam aspectos econômicos e produtivos, mas também reconhecem a importância da formação, tecnologia e qualidade de vida para a sustentabilidade da agricultura familiar.

Acesso a Recursos e Infraestrutura: Avanços e Desafios

A análise do acesso a recursos essenciais revela um cenário de contrastes no meio rural da região estudada. Por um lado, observa-se um avanço significativo no acesso à tecnologia de comunicação: 88% dos entrevistados têm acesso à internet de boa qualidade, um percentual surpreendentemente alto que indica os avanços da inclusão digital no campo. Além disso, 76% têm acesso a transporte para escola ou trabalho, facilitando a mobilidade e o acesso a serviços.

Por outro lado, persistem lacunas importantes em áreas cruciais para o desenvolvimento da juventude rural. Apenas 48% têm acesso a escolas técnicas ou cursos profissionalizantes, uma limitação significativa considerando que a formação técnica foi apontada como a segunda maior prioridade para a permanência dos jovens no campo. Ainda mais preocupante é o fato de que apenas 44% têm acesso a espaços de lazer ou cultura, indicando uma carência que pode contribuir para a migração juvenil em busca de melhor qualidade de vida.

É importante destacar que apenas 8% dos entrevistados declararam não ter acesso a nenhum dos recursos mencionados, sugerindo que a maioria tem acesso a pelo menos alguns recursos básicos, mas que a distribuição desses recursos é desigual.

Síntese dos Achados: Implicações para o Desenvolvimento Rural Sustentável

A análise integrada dos dados revela um cenário complexo, onde coexistem avanços significativos e desafios persistentes para o desenvolvimento rural sustentável no Cerrado mineiro. O protagonismo feminino é uma realidade incontestável, mas ainda enfrenta barreiras estruturais que limitam seu pleno potencial. As mulheres são reconhecidas como trabalhadoras em 50% dos casos de forma total e em 42,3% de forma parcial, mas ainda enfrentam a dupla jornada (39,1%) e a falta de reconhecimento (43,5%) como principais dificuldades.

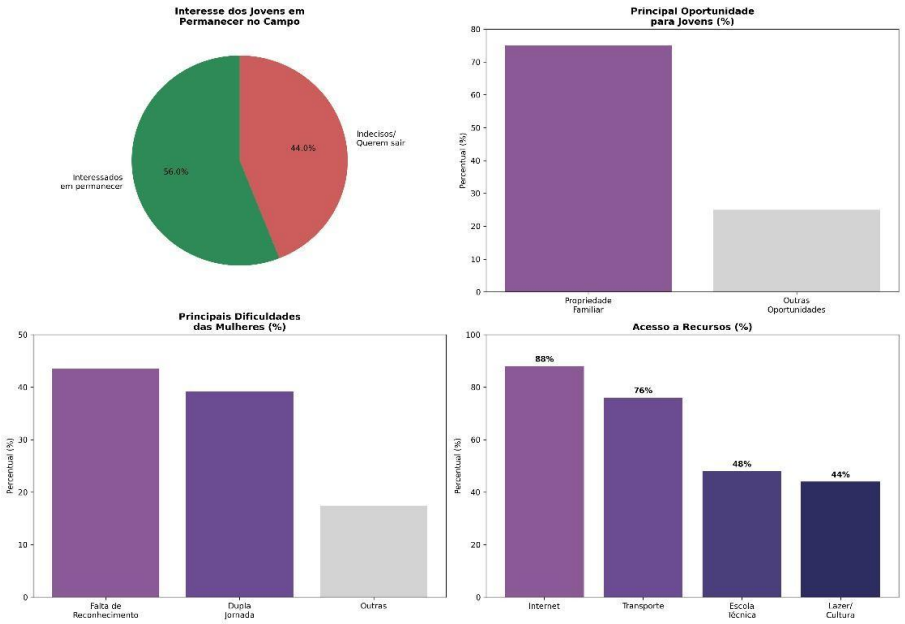


Figura 6. *Síntese dos principais achados da pesquisa da situação da mulher e do jovem no meio rural*

Quanto à juventude rural, os dados contradizem narrativas simplistas sobre o êxodo inevitável. Com 88% dos jovens demonstrando algum nível de interesse em permanecer no campo (56% definitivamente e 32% condicionalmente), existe uma base sólida para políticas de retenção juvenil. No entanto, a dependência da propriedade familiar (75% das oportunidades) indica a necessidade de diversificação das alternativas de trabalho e renda. O intercâmbio geracional, elemento central desta pesquisa, emerge como um processo que ocorre principalmente no âmbito familiar e comunitário, mas que precisa ser fortalecido por políticas públicas que valorizem tanto o conhecimento tradicional das mulheres mais velhas quanto as inovações trazidas pelos jovens. A agroecologia surge como um campo privilegiado para esse intercâmbio, onde os saberes ancestrais se encontram com as novas tecnologias e práticas sustentáveis.

As prioridades identificadas pelos participantes - incentivos à produção (84%), formação técnica (68%) e acesso à terra e crédito (52%) - oferecem um roteiro claro para políticas públicas que busquem promover um desenvolvimento rural verdadeiramente sustentável. A alta conectividade digital (88% com internet) representa uma oportunidade única para implementar programas de capacitação à distância, comercialização online e acesso a informações técnicas.

Finalmente, os dados evidenciam que o desenvolvimento rural sustentável no Cerrado mineiro depende fundamentalmente do reconhecimento e fortalecimento do papel das mulheres como guardiãs do conhecimento tradicional e promotoras da agroecologia, combinado com políticas que ofereçam aos jovens condições dignas de permanência no campo, respeitando suas aspirações e valorizando suas contribuições para a inovação e continuidade da agricultura familiar.

CONCLUSÃO

O protagonismo feminino e o intercâmbio geracional são, de fato, pilares essenciais para a construção de um futuro mais sustentável para o Cerrado mineiro. As mulheres, com seus saberes e práticas, demonstram uma capacidade notável de resistência e inovação, mesmo diante de um cenário adverso de desigualdades de gênero, racismo estrutural e ameaças territoriais. Elas são as guardiãs da biodiversidade, as promotoras da agroecologia e as principais responsáveis pela transmissão de um legado cultural que é fundamental para a identidade e a resiliência das comunidades rurais.

No entanto, para que esse protagonismo se traduza em um desenvolvimento rural verdadeiramente sustentável, é preciso superar os desafios que ainda se impõem. A sobrecarga de trabalho, a falta de reconhecimento e a violência de gênero são barreiras que precisam ser enfrentadas com políticas públicas eficazes e com uma mudança cultural profunda. Da mesma forma, é preciso criar condições para que os jovens possam permanecer no campo com dignidade, autonomia e perspectivas de futuro. Isso implica em garantir o acesso à terra, ao crédito, à educação de qualidade, à cultura e a oportunidades de trabalho e renda que vão além da propriedade familiar.

O fortalecimento da agricultura familiar e da agroecologia, com o devido reconhecimento e valorização do papel das mulheres e dos jovens, é o caminho para um desenvolvimento que seja socialmente justo, economicamente viável e ecologicamente sustentável. As experiências de organização feminina e de intercâmbio de saberes no Cerrado mineiro, como as citadas neste artigo, são exemplos inspiradores de que é possível construir um outro modelo de desenvolvimento, baseado na solidariedade, na cooperação e no respeito à diversidade.



AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Universidade Federal de São João del-Rei pelo apoio técnico e estrutural ao desenvolvimento desta pesquisa, às hortas comunitárias de Sete Lagoas e ao Sindicato Rural de Sete Lagoas

REFERÊNCIAS

Feitosa, C., & Yamaoka, M. 2020. Strengthening climate resilience and women's networks: Brazilian inspiration from agroecology. Gender & Development, 28(3), 549-566. https://doi.org/10.1080/13552074.2020.1840149

Hosono, A., Hamaguchi, N., & Bojanic, A. (Eds.). 2019. Innovation with spatial impact: sustainable development of the Brazilian Cerrado. Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-13-6182-1

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). 2017. Censo Agropecuário. 2017. https://censoagro2017.ibge.gov.br/

Oliveira, R. L. 2021. Mulheres negras e quilombolas do Cerrado: resistências e saberes. In Saberes e práticas no Cerrado (pp. 140-155). Editora UFV.

Rada, N. 2013. Assessing Brazil's Cerrado agricultural miracle. Food Policy, 41, 1-10. https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2012.10.002

Ramirez-Santos, A. G., Ravera, F., Rivera-Ferre, M. G., & Calvet-Nogués, M. 2023. Gendered traditional agroecological knowledge in agri-food systems: a systematic review. Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine, 19(1), 11. https://doi.org/10.1186/s13002-023-00576-6

Rede Cerrado. (2020). Mulheres do Cerrado: guardiãs de saberes e territórios. https://redeCerrado.org.br/

Sauer, S., Leite, A., Oliveira, K., & Shankland, A. 2019. The implications of closing civic space for sustainable development in Brazil. IDS and Act Alliance.

The Farming Question: Intergenerational Linkages, Gender and Youth Aspirations in Rural Zambia. 2022. Rural Sociology, 87(4), 1145-1172. https://doi.org/10.1111/ruso.12469

Valerio, E., Panzone, L., & Siliprandi, E. 2024. Women's Empowerment in Agriculture in the Semi-Arid: A Case Study of Northeastern Brazil. Feminist Economics, 30(2), 220-256. https://doi.org/

IP-45. Las expresiones de masculinidad de los ganaderos en el Instituto de Ciencia Animal (ICA), provincia Mayabeque

Expressions of masculinity of the ranchers at the Institute of Animal Science (ICA), Mayabeque province

I. Y Ayala Galindo[*]*; Y. Vega Reyes; K. Hidalgo Salomón y A. Sosa Ceijas*

Instituto de Ciencia Animal, Carretera Central km 47 ½, San José de las Lajas, Mayabeque

[*]Correspondencia a: yagalindo@ica.edu.cu

RESUMEN

Los temas de género cobran auge en el mundo a partir de las luchas de los movimientos feministas en la década de los sesenta del pasado siglo. Años después, comienzan a desarrollarse los estudios sobre *masculinidad;* la mayoría de estos, en medios urbanos. Sin embargo, debemos considerar que una parte de la población habita en zonas rurales y que el campo, ha sufrido importantes cambios estructurales como migración, feminización e incursión de las mujeres. El Instituto de Ciencia Animal (ICA), tiene en su composición de empleados una amplia representación masculina en las áreas ganaderas. Para conocer la incidencia de las masculinidades, se realizó una investigación con el objetivo de estudiar sus expresiones dentro de los patrones de nuestra sociedad, se utilizó el análisis descriptivo de corte transversal. Se emplearon técnicas como: observación participante, entrevista en profundidad, cuestionario, grupo focal y talleres de sensibilización. La selección de la muestra se realizó utilizando la técnica de bola de nieve y se apeló a la voluntariedad de los participantes. Para el análisis de los resultados se exploraron las siguientes categorías: datos generales, significación de ser ganadero y vinculación con el concepto de ser hombre, paternidad, sexualidad, masculinidad, homofobia, violencia, salud y nuevas tendencias de socialización de la masculinidad. Este trabajo arrojó como conclusión fundamental, que las expresiones de masculinidad expresadas por los ganaderos de las lecherías del ICA, que formaron parte de la muestra, se insertan dentro de los modelos de masculinidad asumidos por los hombres cubanos.

Palabras clave: *género, masculina, rurales, ganaderas*

ABSTRACT

Gender issues gained momentum worldwide following the struggles of feminist movements in the 1960s. Years later, studies on masculinity began to develop; most of these in urban settings. However, we must consider that a portion of the population lives in rural areas and that the countryside has undergone significant structural changes such as migration, feminization, and the incursion of women. The Institute of Animal Science (ICA) has a large male representation in its workforce in livestock areas. To understand the impact of masculinities, a cross-sectional descriptive analysis was conducted to study their expressions within the patterns of our society. Techniques such as participant observation, in-depth interviews, questionnaires, focus groups, and awareness-raising workshops were employed. The sample was selected using the snowball technique, and participants were asked to volunteer. The following categories were explored for the analysis of the results: general information, the significance of being a cattle rancher and its connection to the concept of being a man, fatherhood, sexuality, masculinity, homophobia, violence, health, and new trends in the socialization of masculinity. This work yielded a fundamental conclusion: the expressions of masculinity expressed by the cattle ranchers from the ICA dairy farms who were part of the sample fit within the models of masculinity assumed by Cuban men.

Key words: *gender, male, rural, livestock*

INTRODUCCIÓN

El género como construcción sociocultural dicta varios patrones, actitudes, comportamientos y normas que deben asumir hombres y mujeres. Estos patrones, conducen a relaciones de poder que enfatizan la supremacía masculina y la inferioridad femenina. En el proceso de socialización del género se van construyendo nuestras identidades: femeninas y masculinas, así como las formas de relación entre ellas. Estas identidades se construyen en relación con lo que debemos hacer, sentir, pensar y lo que ya está establecido previamente, pero también de acuerdo con otras condiciones del mundo que nos rodea, como la identidad desde la cultura, clase o grupo social, identidad religiosa, identidad de acuerdo con nuestra edad e identidad política (Lagarde, 2008).

En los últimos años, estos temas son considerados un elemento indispensable de los programas de desarrollo. Sin embargo, se suele pensar que el género es un asunto exclusivo de las mujeres, obviándose que, la humanidad está compuesta por dos géneros, el masculino y el femenino.

Al reflexionar sobre su problemática y la de sus congéneres, las mujeres encuentran certeramente que es imperioso que los hombres también reflexionen sobre la construcción de la identidad masculina y piensen en procesos de cambio. Sin embargo, muchos varones se rehúsan a participar en esta reflexión, y peor aún, se sienten amenazados y recurren a reprimir violentamente a las mujeres interesadas en los asuntos de género. Las masculinidades son construcciones dinámicas que pueden reproducir opresión o impulsar igualdad. "Lo masculino y lo femenino no son hechos naturales



o biológicos, sino construcciones culturales; es uno de los modos esenciales en que la realidad social se organiza, se construye simbólicamente y se vive" (Fernández, 2003).

La conceptualización del varón posee una importante mediación sociocultural. La manera particular en que cada sujeto internaliza lo que culturalmente está estipulado con relación al ser hombre es lo que va configurando su identidad genérica. La masculinidad ni es innata ni estática; se define por atributos, roles o comportamientos que cada sociedad asigna los hombres. Estos incluyen valores como fortaleza, competitividad, y control emocional. El concepto de masculinidades en plural, reconoce que no existe un único modelo de "ser hombre", sino múltiples expresiones de identidad masculina construido socioculturalmente. Esta perspectiva desafía la visión tradicional, biológica o esencialista, destacando las diversidades de experiencia según factores como etnia, clases, orientación sexual y contexto histórico (Rivero, 2010).

Aún sin superar todos las barreras epistémicas y culturales que dificultan la legitimación de la Masculinidad como objeto de estudio e intervención, e insatisfechos con el nivel de adhesión de los hombres a la discusión, podemos considerar que estamos ante una panorámica que ofrece más alientos que desaires en el ámbito cubano.

La masculinidad de los hombres del campo, según vimos en el proceso de su socialización, es también hegemónica y sus representaciones son igualmente los hombres blancos y heterosexuales. Son hegemónicos porque esa es la posición que ocupan en el modelo de las relaciones de género de su sociedad. Su comportamiento respecto a la familia, las mujeres y en general reproduce los estereotipos fijados en su carácter y personalidad por la construcción socio cultural que lo produjo como sujeto social (Álvarez, 2005).

Los estudios en Cuba sobre la condición masculina se han erigido gradualmente como temas de obligada presencia en los más diversos espacios de discusión científica. El análisis de esta perspectiva en disímiles problemáticas sociales fue obviado por mucho tiempo, lo que indiscutiblemente limitó la instrumentación efectiva de los resultados científicos que se obtenían en acciones transformadoras.

La mayoría de los estudios de las masculinidades se han realizado en medios urbanos, sin embargo, debemos considerar que gran parte de la población vive en zonas rurales y que el campo ha sufrido serios cambios estructurales como migración, feminización e incursión de las mujeres en labores remuneradas. Por lo que es de nuestro interés dar evidencias que permitan responder a la pregunta ¿Qué aporta el concepto de masculinidad a los estudios sobre el sector rural?

El objetivo del trabajo es determinar cómo se insertan las expresiones de masculinidad de los ganaderos en el Instituto de Ciencia Animal (ICA), provincia Mayabeque, dentro de los patrones de masculinidad de nuestra sociedad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un estudio descriptivo de corte transversal utilizando la metodología cualitativa. A partir del universo de estudio, compuesto por todos los miembros de las lecherías del Instituto de Ciencia animal en la provincia Mayabeque. La muestra quedó constituida por 18 productores, 11 mayores de 35 años y 7 menores de esa edad, todos residentes en zonas aledañas a la institución que aceptaron participar voluntariamente en la investigación, siendo esta, una muestra intencional y no probabilística. Para la selección de la misma, se utilizó la técnica de bola de nieve. Este es un muestreo probabilístico no aleatorio utilizado en investigaciones en ciencias sociales, para estudiar poblaciones de difícil acceso o con reticencias a expresar sus ideas (Goodman, 1960).

Se entrevistaron hombres de distintas edades para dar salida a los objetivos y considerar si la pertenencia a una generación tiene alguna influencia en las expresiones y comportamiento de los casos de estudio, pues han emergido nuevas formas de socialización en las nuevas generaciones. Las técnicas utilizadas fueron la observación participante, las entrevistas en profundidad, el cuestionario, los grupos focales y los talleres de sensibilidad.

Se realizó, además, una guía de entrevista que explora los temas siguientes y que permitió agrupar los mismos en categorías: datos generales, significación de ser ganadero y vinculación con el concepto de ser hombre, paternidad, sexualidad, masculinidad, homofobia, violencia, salud, nuevas tendencias de socialización de la masculinidad, así mismo el cuestionario aplicado abordaba estas categorías.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la muestra entrevistada se constató un nivel de escolaridad elevado, pues el 72 % igualaban o superaban el duodécimo grado de escolaridad. Este aspecto se relaciona, indudablemente, con los cambios operados en Cuba a partir de enero de 1959, cuando todos los ciudadanos, sin distinción alguna, tuvieron acceso a la educación, así mismo la muestra estudiada pertenece a una comunidad científica, ya sea como obreros o técnicos, donde de alguna manera han recibido la influencia instructiva. La mayoría de los entrevistados mostró gran satisfacción por ser ganaderos, a la cual llegan por tradición o por gusto personal. Al explorar la significación que tiene para los entrevistados la pertenencia al sector agropecuario y a la producción de leche en especial, se encontraron respuestas similares en ambos grupos de edades. Todas relacionadas al amor al campo, a los animales, fuente de trabajo e ingreso en las zonas rurales, forma de vida heredada por la familia y a la cercanía del centro.

El estudio de muestra mostró la pertenencia a una generación más joven no guarda relación directa con la forma de asumir la masculinidad, pues su discurso continúa perpetuando los modelos de masculinidad hegemónica. Este arrojó que los menores de 35 años asumen expresiones de masculinidad muy semejantes a los del grupo de más de 35 años.

La interpretación de los datos obtenidos con las técnicas aplicadas, referidos a esta categoría de análisis, muestra cómo se siguen perpetuando estereotipos de la masculinidad hegemónica en los sujetos estudiados: hay un disfrute en ser protectores y proveedores de su familia y un rechazo manifiesto a todo lo que se acerque a lo femenino. La masculinidad se sigue considerando un asunto de hombres heterosexuales.

Muy interesantes resultaron las opiniones que equiparaban la hombría con «una carga pesada» y «una carrera que no todos logran aprobar». Establecen una relación positiva entre el concepto de hombría y algunos de sus atributos sociales, como valentía, discreción, respeto a los mayores y ser heterosexual. Sin embargo, resultó alentadora la opinión de un entrevistado que reconoce que también son masculinos hombres con otras orientaciones sexuales diferentes.

Cuando analizamos los modos de sentir, pensar y comportarse de los integrantes de la muestra, evidentes por las técnicas investigativas utilizadas, entendemos que se deben a construcciones sociales y familiares, producto de un largo y complejo proceso histórico. En el medio rural actual persisten y se reproducen patrones culturales tradicionales, muy propios del régimen patriarcal; el prototipo del ganadero es la más evidente comprobación de la homosocialidad masculina, que es una propuesta patriarcal, en tanto los hombres actúan de esa forma para buscar la aprobación de otros hombres y mejorar su ubicación en la escala social masculina.

La hombría es entendida como agresividad, la venganza ante lo que se consideran ofensas y el machismo en general, Pero estos valores (sin duda lo son) responden a principios de la masculinidad hegemónica y a mitos estereotipados acerca de cómo deben ser los hombres (valientes, discretos, no perdonar ofensas, no delatar), lo que lleva implícito un mensaje de violencia para lograr cumplir estos requisitos o, al decir de Kimmel (1997), «la violencia es a menudo el indicador más evidente de la virilidad».

Al respecto, Cazés (2011), ratificó al enumerar las características de la masculinidad hegemónica: …en situaciones extremas el hombre debe matar a otros hombres o morir a manos de ellos, de no hacerlo es considerado un cobarde y por tanto demuestra poca hombría y poca virilidad. Los principios éticos y morales no obligan a ser agresivo. Todo lo contrario; enseñan a ser respetuoso. Sin embargo, «obligan» a ser hombre, y ser hombre quiere decir que no puedes dejar pasar una ofensa.

En el indicador paternidad se constataron similitudes en los resultados arrojados por la presente investigación y algunos estudios anteriores. Uno de los estudios pioneros sobre masculinidad en nuestro país, que investigó la visión genérica del varón cubano en las postrimerías del siglo XX, arrojó que, «a pesar que se perpetúan elementos del discurso patriarcal, algunas categorías como las relaciones hombre-mujer, posición en el hogar y el ejercicio de la paternidad se han modificado sustancialmente (Pagés, 2006).

En la muestra estudiada, casi todos los entrevistados asumieron el ser padre de forma diferente. Sin apreciar diferencias en ambos grupos de edades, todos reconocen que dar amor, compartir la educación y crianza de sus hijos/as, los enriquece desde el punto de vista personal. No obstante, se reconocieron como principales proveedores y responsables de satisfacer las necesidades económicas de su prole y a la mujer responsable sociocultural para la maternidad, tema muy asociado a los mitos acerca de la masculinidad y la feminidad. Así mismo, aunque dan amor a sus hijos de igual manera, el trato a la hija hembra es más rígido y donde más se evidencia los rasgos machistas.

Resulta obvio que existen avances en este aspecto en los sujetos estudiados. En el grupo de entrevistados más jóvenes, la afectividad es un componente esencial de la paternidad; aun cuando se siguen considerando los proveedores por excelencia, reconocen que la mujer también aporta económicamente a la familia.

Más de 60 % de los hombres jóvenes consideran que los bebés necesitan más cercanía de la mamá que del papá. La mitad de las personas de este grupo valora que las mujeres son mejores que los hombres para el cuidado de los/las niños/as. El grupo de jóvenes estudiado piensa, en su mayoría, que las mujeres son más cariñosas que los hombres, lo que indica que el cariño es considerado por ellos expresión principalmente de la feminidad.

La categoría sexualidad en la exploración resultó muy compleja, por temas tabúes o por miedos o pena con la investigadora, precisamente por abordar el tema de la sexualidad, dimensión complicada de la personalidad humana. Por tanto, algunos matices y prácticas quizás no pudieron registrarse en el contexto de la entrevista ni en el cuestionario.

Las opiniones de los entrevistados menores de 30 años mostraron posiciones más revolucionarias en relación con este tema. Se pudo apreciar que en algunas opiniones hay una necesidad de cambio en esquemas preconcebidos que asocian estas limitaciones con tabúes y mitos. Algunas prácticas sexuales son más aceptadas que otras; por ejemplo, hubo más aceptación en relación con el sexo oral que con la estimulación de ciertas zonas erógenas como la región anal en el hombre. Esto se considera una práctica homosexual por excelencia, lo que se rechaza abiertamente por algunos integrantes de la muestra.

El reconocimiento de que ciertas prácticas sexuales no menoscaban la masculinidad y forman parte de mitos y estereotipos, constituye un paso de avance y una muestra de que en nuestro grupo objeto de estudio, algunos paradigmas comienzan a cuestionarse. La mayor parte de ellos está en desacuerdo con que los hombres no puedan controlar sus deseos sexuales. Sin embargo, no es despreciable que 32 % de los jóvenes compartan dicha opinión. Las opiniones se movieron desde los más radicales, que consideraron estas características como obligatorias en el sexo masculino, hasta los que ya empiezan a asimilar un cambio que aún se mantiene anclado en los prejuicios y normas patriarcales socialmente construidas.





Otra cuestión resultante de la investigación fue el rechazo de algunos entrevistados a la infidelidad, no incluyéndola entre las características asociadas a ser hombre, lo cual puede considerarse como un paso de avance si tenemos en cuenta el resultado de otras investigaciones relacionadas con el tema de la masculinidad …socialmente y desde los patrones culturales instituidos los hombres para demostrar su virilidad deben estar en disposición de relacionarse con alguien del sexo opuesto siempre que tenga oportunidad, de lo contrario se pone en duda su condición de hombre… (Álvarez, 2018).

La necesidad de cambio emergió en la opinión de algunos entrevistados que comienzan a ver a ese hombre anclado en viejos preceptos y prejuicios como que realmente se interioricen verdaderos cambios en la forma de asumir la masculinidad. El análisis de los discursos de los varones entrevistados para esta investigación evidenció que existen contradicciones en la forma de expresar las masculinidades, pero finalmente válidos para pensar en desconstruir los conceptos de la masculinidad hegemónica. Aspecto este que será tratado en próximos talleres de sensibilización.

Con respecto al ítem que exploraba el género como construcción social, todos los entrevistados reconocieron que se nace siendo varón y que ser hombre es algo que se aprende a lo largo de la vida, pero establecen una diferencia entre ser varón y ser hombre. Entre los varones se reconocen a los homosexuales, pero ser hombre quiere decir para ellos ser heterosexual. Como principales legitimadores de los principios de masculinidad, reconocieron a los padres y demás familiares; muy especialmente, y hasta de cierta forma paradójica, a la madre; y en menor escala, a la escuela y la sociedad, según Rivero (2016).

La presencia de homofobia y rechazo a todo lo que se acerque a lo femenino es una de las características que identifica a la masculinidad hegemónica y a los ganaderos del ICA. Algunos de los sujetos consideraron la homosexualidad como algo sucio, inmoral o no normal. Se reafirmó que existen fuertes criterios homofóbicos en los entrevistados, lo cual no es privativo del sector rural, pues como nos expresa (Pagés, 2010) «…la homofobia es una actitud vigente aún en la sociedad cubana y al igual que el machismo está arraigada a patrones culturales».

La mayoría de los sujetos entrevistados, consideran la heterosexualidad como la única forma posible de masculinidad. Consideran, además, que la actividad ganadera es muy ruda y los hombres con tendencias homosexuales no pueden ni quieren realizar esa actividad. Rechazan cualquier manifestación de "flojera" como ellos mismos refieren.

En la categoría salud la mayoría de los entrevistados, no dan importancia o callan los malestares, no se chequean ni acuden a las consultas médicas o al especialista ante una señal de alarma, pues todo ello supone, de alguna manera, asumir que se es "débil" o "flojo". Esto se refleja en que no asisten a consultas para detectar cáncer de próstata ni siquiera para hacerse los chequeos periódicos y las vacunaciones que se realizan en la entidad.

El expropiárseles expresiones de emociones y sentimientos supone una limitación impuesta para el conocimiento de las mismas, lo cual obstaculiza el desarrollo de la capacidad para reconocer cuáles son y cuándo están en presencia de estas. Precisamente esta incapacidad en cuanto al reconocimiento de emociones y sentimientos constituye una característica más del imaginario de la masculinidad y del hombre rural en especial. El alcoholismo en los hombres del campo es una adicción bastante generalizada, en la zona llega a convertirse en un problema social; sin excluir otras causas socio culturales suele ser también consecuencia de frustraciones y temores de hombres confundidos y acomplejados interiormente por una conflictiva identidad masculina.

El no cuestionamiento por parte de los hombres de las asignaciones a la masculinidad en muchas de las áreas de su vida, no les permite identificar y reconocer los costos que estas suponen, ni las consecuencias para su bienestar físico y mental, lo que apunta a una incapacidad para identificar los costos del desempeño de su rol estipulado, y se asocia a la sobrevaloración del rol masculino (Reyes, 2008).

Esta categoría, *nuevas formas de socialización de la masculinidad*, se incluyó en nuestro estudio, teniendo en cuenta la influencia que tienen los jóvenes como socializadores por excelencia de las nuevas tendencias en las modas. La mayoría de los jóvenes entrevistados rechazó usar aretes, piercings, sacarse las cejas y otras modas actuales, pues las consideran como propias del sexo femenino y en contra de la masculinidad. La triangulación de la información recogida a través de la observación y las entrevistas permite estimar que no existe un criterio sólido en los jóvenes, que muestran contradicciones entre lo que hacen y lo que dicen en relación con este aspecto. Resultó significativo que los sujetos mayores de 30 años mostraron cierta tolerancia a la moda, sin considerar que esto afecta la condición de ser hombre, y reconocieron que la juventud impone las modas y que las mismas cambian con el tiempo, incluso algunos se mostraron esperanzados de que algún día el uso de las mismas se flexibilice.

Se encontraron referencias similares a estudios anteriores como los realizados por Pagés (2006). El autor expresó que «de forma general los hombres temen a los arquetipos masculinos desfavorables sobre todo si están relacionados con la diversidad sexual y el feminismo». Las modas actuales, caracterizadas por un cuidado del cuerpo masculino, son rechazadas por la mayoría de los sujetos entrevistados por varias causas. Una de estas es que acercan al hombre a lo femenino y, aunque reconocen que usarlas no menoscaba la masculinidad, no aceptan su uso.

Los jóvenes entrevistados manifestaron las siguientes insatisfacciones:

Tener que apropiarse de roles tradicionales de lo que es ser hombre para la sociedad: «en ocasiones debemos asumir patrones que están muy arraigados en la sociedad», «no se nos permite ser demasiado cariñosos, llorar o mostrar sentimientos de debilidad», «debemos ser decididos, arrojados, conquistadores por naturaleza, por lo que atenta contra la estabilidad de la pareja», «a veces nos tildan de machistas o infieles solo por el hecho de ser hombre», «estamos más obligados socialmente a ocultar la sensibilidad», «existen criterios cerrados sobre lo que es la masculinidad», «te limitas a hacer cosas para responder a determinados estereotipos».

La lectura analítica e integradora de los estudios realizados evidencia que hombres y mujeres se encuentran inmersos en un proceso de tránsito en cuanto a las relaciones de género: cualidades, creencias y valoraciones tradicionales conviven con nuevas concepciones, mediadas tanto por transformaciones objetivas en las estructuras sociales como por cambios en la propia subjetividad y en la de los demás. En general, ellos y ellas se sienten deudores de su formación: no solo la advierten, en buena medida también la asumen y cargan, de ahí la existencia aún en cubanos y cubanas de contenidos tradicionales y estereotipados de las construcciones socioculturales de género, aunque en ocasiones se sientan inconformes con las reglas tradicionales.

Los jóvenes estudiados vivencian y reconocen dichas contradicciones. Es precisamente en dichas contradicciones e insatisfacciones que podrían estar las potencialidades para el cambio.

CONCLUSIONES

Las expresiones de masculinidad expresadas por los ganaderos de las lecherías del ICA se insertan dentro de los modelos asumidos por los hombres cubanos.

Se mantienen estereotipos y expresiones de la masculinidad hegemónica en ambos grupos de edades.

La mayoría de los entrevistados asoció el concepto de ser hombre con la heterosexualidad.

Se encontró una relación directa entre trabajo rudo y la práctica de conductas violentas.

La forma de asumir la paternidad mostró cambios positivos.

El 100 % de la muestra continúa viéndose como proveedores por excelencia de su prole.

El 100 % de la muestra asumió la masculinidad como condición aprendida a lo largo de la vida.

Los entrevistados mostraron expresiones de masculinidad que permiten incluirlos dentro del modelo hegemónico; las mismas tienen similitud con los modelos imperantes en la sociedad cubana, en la que coexisten valores tradicionales y modernos.

BIBLIOGRAFÍA

Cazés, D. 2011 Los hombres y el feminismo. Universidad Autónoma de México; s/f [citado 2011 abril 25]. Disponible en: http://www.hombresigualdad.com/hombresyfeminismo.htm

Fernández, F. 2003. Masculinidad. Un estudio en grupos de varones. Tesis para optar por el título de máster en Sexualidad. CENESEX, La Habana. pag 58-59

Kaufman, M. 1995. Los hombres, el feminismo y las experiencias contradictorias del poder entre los hombres. En Género e identidad. Ensayos sobre lo femenino y masculino. Bogotá: Tercer Mundo.

Kimmel, S. 1997. Homofobia, temor, vergüenza y silencio en la identidad masculina. En Masculinidad/es: poder y crisis. Santiago de Chile: FLACSO.

Lagarde, M. 2008. La multidimensionalidad de la categoría género y el feminismo. Selección de lecturas. La Habana: Editorial Caminos, pag 42-48

Pagés, J. C. 2010. Macho, varón, masculino. Estudios de masculinidades en Cuba. La Habana: Editorial de la Mujer.

Pagés, J. C. 2006. Feminismo y masculinidad. ¿Mujeres contra hombres? Foro «Masculinidad, diversidad y cultura de paz». Primera Jornada Cubana de Estudios de Masculinidades; 2006 Jun; La Habana, Cuba.

Reyes, W. 2006. Problemas de salud en la población masculina de Santiago de Cuba. ¿Por qué no abordar la masculinidad? Foro «Masculinidad, diversidad y cultura de paz». Primera Jornada Cubana de Estudios de Masculinidades; 2006 Jun; La Habana, Cuba.

Reyes. I. 20006. Relaciones de género y paternidad de los hombres jóvenes: una mirada desde el grupo familiar cubano. Foro «Masculinidad, diversidad y cultura de paz». Primera Jornada Cubana de Estudios de Masculinidades; 2006 Rivero Pino R. Representaciones sociales del rol de padres en grupos reflexivos de Santa Clara. Implicaciones sociopolíticas. Foro «Masculinidad, diversidad y cultura de paz». Primera Jornada Cubana de Estudios de Masculinidades; 2006 Jun; La Habana, Cuba.

Rivero, R. 2010. Las masculinidades en Cuba: estudio con enfoque de diversidad e integración social. Sexología y Sociedad.





IP-46. Liderazgo de la mujer e innovación agroecológica: Impacto estratégico de las féminas en el desarrollo rural

Women's Leadership and Agroecological Innovation: The Strategic Impact of Rural Women in Development

E. Corzo Rodríguez[*] *y T. Sánchez Santana*

Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey", Universidad de Matanzas, Ministerio de Educación Superior. Central España Republicana, CP 44280, Matanzas, Cuba

[*]Correspondencia a: ediel.corzo@ihatuey.cu

RESUMEN

El estudio tiene como objetivo evaluar el papel estratégico de la mujer en los procesos de liderazgo, innovación y gestión en la Estación Experimental de Pastos y Forrajes *"Indio Hatuey"* y su impacto en el desarrollo rural. Aunque las mujeres representan el 35,7% de la fuerza laboral, ocupan roles clave: el 58,3% de los cuadros, el 48,3% de los investigadores y más del 60% en puestos técnicos y docentes. Su liderazgo se evidencia en proyectos como *"Ellas también producen"*, que promueve la equidad de género y la seguridad alimentaria en comunidades rurales, así como en iniciativas innovadoras como la sericultura y el Patio Agroecológico *La Luz*, modelos de sostenibilidad y empoderamiento femenino. A pesar de los avances, persisten desafíos culturales y estructurales, por lo que se recomienda fortalecer políticas de equidad, visibilizar su contribución y escalar sus prácticas exitosas. El estudio concluye que las mujeres son esenciales para un desarrollo rural inclusivo, combinando habilidades técnicas, visión comunitaria y capacidad de innovación, lo que refuerza la necesidad de su integración plena en la toma de decisiones.

Palabras clave: *cuadro, liderazgo, innovación, gestión, desarrollo rural*

ABSTRACT

The objective of this study is to evaluate the strategic role of women in leadership, innovation and management processes at the *"Indio Hatuey"* Experimental Station of Pastures and Forages and its impact on rural development. Although women represent 35.7% of the workforce, they occupy key roles: 58.3% of management, 48.3% of researchers and more than 60% in technical and teaching positions. Their leadership is evident in projects such as *"They also produce",* which promotes gender equity and food security in rural communities, as well as in innovative initiatives such as sericulture and the Patio Agroecológico *La Luz*, models of sustainability and female empowerment. Despite progress, cultural and structural challenges persist, so it is recommended that equity policies be strengthened, their contribution be made visible and the ir successful practices be scaled up. The study concludes that women are essential for inclusive rural development, combining technical skills, community vision and innovation capacity, which reinforces the need for their full integration in decision-making.

Keywords: *cadre, leadership, innovation, management, rural development*

INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia, las mujeres han enfrentado múltiples barreras que han limitado su participación en la sociedad, y, por tanto, el acceso a posiciones de liderazgo y su participación plena en la toma de decisiones, siendo las mujeres rurales las más afectadas.

Sin embargo, el creciente reconocimiento de la importancia de la igualdad de género ha impulsado un cambio significativo en este panorama.

La mujer es considerada un sujeto social por los tipos de relaciones que ella proyecta, por los niveles de participación cada vez mayores ante los retos de la sociedad contemporánea, que demuestran la necesidad de un mayor protagonismo en la toma de decisiones, por las connotaciones esenciales que signan las cualidades específicas de ser mujer, por la capacidad creadora de la misma que muestra los roles que desempeña en la sociedad, en la familia y la comunidad, y por las maneras de interpretar y transformar su realidad (Carrión Cabrera, 2022).

Se ha podido constatar que las mujeres tienden a ejercer el liderazgo de una forma diferente a la mayoría de los hombres. Tal vez, ello le permite pensar, sentir y actuar en correspondencia a su condición o también porque tienen en sí misma su estilo de dirección diferente al de los hombres, lo cual ha sido ratificado por Coronel *et al.,* (2002) y Guach & Hevia (2018).

Las mujeres poseen características que pueden ser ventajosas para el ejercicio del liderazgo, tales como: su capacidad de comunicación, de considerar ella lo humano de las personas, su empatía, el trabajo en equipo y sus dotes intuitivas para el análisis y la solución de los problemas. Además, la habilidad de no enfrentarse a conflictos de modo frontal y la búsqueda de consensos a largo plazo y su capacidad de liderazgo más democrático y participativo, que no da muestras innecesarias de su poder (García, 2013) citado por Jorna Calixto *et al.,* (2016).

En el contexto cubano, cabe destacar que Cuba fue el primer país en firmar la Convención sobre la Eliminación de todas las formas de Discriminación de la Mujer y el segundo en ratificar ese acuerdo (FMC, 2013). Desde entonces se trabaja y rinde informes en respuesta a los artículos de la Convención; dando también seguimiento a los avances y desafíos de los temas de género y mujeres rurales que esta valoriza, ya que dispone de un marco normativo que pauta el trabajo de gobierno e instituciones por la igualdad de género, fijando objetivos para transversalizar este enfoque en las acciones y prácticas en todas sus áreas funcionales, promoviendo así la justicia de género (Casanova González *et al.,* 2017).

En esta materia, el Programa Nacional para el Adelanto de las Mujeres constituye la piedra angular en el desarrollo de políticas a favor de las mujeres, al tiempo que da continuidad al avance y desarrollo de la igualdad de género en el país, en cuyo objetivo se busca "promover el avance de las mujeres y la igualdad de derechos, oportunidades y posibilidades, refrendados en la Constitución de la República de Cuba" (Díaz-Canel Bermúdez, 2021). De ahí que el objetivo del trabajo fue evaluar el papel estratégico de la mujer en los procesos de liderazgo, innovación y gestión en la Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey" y su impacto en el desarrollo rural.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño del estudio. La investigación se realizó en la Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey" (EEPF-IH), adscripta a la Universidad de Matanzas, ubicada en el Central España Republicana, municipio Perico, provincia Matanzas. El estudio, desarrollado entre 2023 y 2024, empleó un enfoque mixto (cualitativo-cuantitativo) para evaluar el liderazgo femenino y su impacto en el desarrollo rural, integrando métodos teóricos y empíricos con mayor rigurosidad metodológica.

Métodos Teóricos y Empíricos. Para fundamentar la investigación, se emplearon métodos teóricos que incluyeron una revisión sistemática de literatura, aplicando inducción-deducción para analizar bibliografía especializada en liderazgo femenino, políticas de género y desarrollo rural. Mediante análisis-síntesis, se integraron marcos teóricos y se contextualizaron los hallazgos en el ámbito agropecuario cubano. Además, se realizó un análisis documental de informes institucionales (como el Balance Anual de Ciencia, Tecnología e Innovación de los años 2023 y 2024), estadísticas de Capital Humano y publicaciones científicas sobre sericultura, agroecología y género. Estos datos se contrastaron con teorías de liderazgo transformacional y enfoque de género mediante triangulación teórica, asegurando una base conceptual sólida.

En cuanto a los métodos empíricos, se aplicaron entrevistas semiestructuradas a 30 actores clave (cuadros directivos, jefes de proyectos e investigadoras), y se identificaron patrones sobre barreras y oportunidades del liderazgo femenino. Como estudios de caso, se analizaron en profundidad tres iniciativas emblemáticas: el proyecto *"Ellas también producen"* (seguridad alimentaria y género), la Unidad de Sericultura (innovación) y el Patio Agroecológico *La Luz* (agroecología), combinando observación participante, registros fotográficos y entrevistas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El desarrollo rural se conceptualiza como un proceso integral que busca elevar la calidad de vida de las poblaciones rurales mientras preserva el medio ambiente, a través de estrategias que fomenten tanto la transformación social como el progreso económico sustentable. En este contexto, resulta fundamental destacar el rol protagónico que ejercen las mujeres al asumir posiciones de liderazgo en cargos directivos, administrativos y científicos, así como en la formación de profesionales, la ejecución de proyectos de investigación, la producción agroalimentaria y el desarrollo de iniciativas comunitarias.

En cuanto a la composición de su fuerza laboral, la EEPF-IH presenta los siguientes datos al cierre de 2024: de una plantilla autorizada de 430 trabajadores, cuenta actualmente con 339 empleados (78.83% de cobertura), distribuidos en 121 mujeres (35.7%) y 218 hombres (64.3%). La institución complementa su capital humano con cuatro reservas científicas, un profesional recién graduado y seis técnicos medios en proceso de capacitación.

Tabla1. *Composición de la fuerza laboral por sexo y categoría ocupacional.*

Categoría ocupacional	Hombre	Mujer	Total
Obrero	137	10	147
Técnico	42	66	108
Investigador	15	14	29
Servicio	19	24	43
Cuadro	5	7	12
Total	218	121	339



Participación y liderazgo femenino en la estructura organizacional. El análisis de la composición laboral de la institución revela una significativa presencia femenina en posiciones clave, destacándose en las categorías de técnicos (61.1%), cuadros (58.3%), servicios (55.8%) e investigadores (48.3%). Las profesionales desempeñan un rol multifacético que abarca desde funciones operativas como obreras agrícolas, auxiliares de servicios y personal de comedor hasta roles especializados como investigadoras, técnicas y especialistas en diversos procesos productivos. Particularmente relevante es su participación en cargos directivos, donde contribuyen activamente en la toma de decisiones estratégicas y la conducción de los procesos institucionales.

Los cuadros, definidos como profesionales con sólida formación técnico-profesional, capacidad de dirección y compromiso con los principios constitucionales y revolucionarios (Consejo de Estado, 2021), muestran una notable representación femenina en la estructura directiva. Tres mujeres ocupan la dirección de procesos operacionales clave (Ciencia- Tecnología-Innovación, Internacionalización-Gestión Empresarial y Formación Académica), mientras que otras lideran las áreas Contable Financiera, Recursos Humanos y subprocesos logísticos. Es especialmente destacable que el 75% de los cuadros científicos (3) son mujeres investigadoras, reconocidas con la Orden Carlos J. Finlay por sus relevantes contribuciones al desarrollo científico nacional.

Esta influencia femenina se extiende a los órganos científicos de gobierno, donde las profesionales participan activamente en la evaluación de proyectos, control de publicaciones, organización de eventos y transferencia tecnológica. En el Consejo Científico (47.4% mujeres, incluyendo 3 cuadros) y el Consejo Técnico Asesor (52.3% mujeres, 4 de ellas cuadros), su liderazgo resulta fundamental para la planificación estratégica y el correcto funcionamiento de las actividades científicas institucionales. Esta participación equilibrada evidencia la consolidación de la mujer en espacios tradicionalmente masculinizados, contribuyendo significativamente al desarrollo agropecuario del país.

Tabla 2. *Participación de mujeres en los órganos científicos.*

Órgano	Total, miembros	Mujeres(%)	Cuadros mujeres
Consejo Científico	19	47.4 (9)	3
Consejo Técnico Asesor	65	52.3 (34)	4

Excelencia formativa y contribución al desarrollo agropecuario. La institución ha consolidado un sólido sistema de formación profesional que integra programas de pregrado y posgrado de excelencia, destacándose por su contribución al desarrollo continuo del capital humano. A través de su escuela de formación, que incluye una unidad docente especializada, imparte las carreras de Medicina Veterinaria y Agronomía (Milera *et al.*, 2013), contando con un claustro donde predominan las mujeres (62.5%, 10 de 16 profesores).En los últimos dos años, se han graduado 34 profesionales en Agronomía, con una notable representación femenina (55.9%, 19 egresadas), muchas de las cuales se han incorporado a diversas áreas de la institución.

La ubicación rural de la escuela ha facilitado el acceso a la educación superior, atrayendo estudiantes de diversas localidades como Máximo Gómez y España Republicana, y respondiendo así a las necesidades del municipio Perico, de marcado perfil agrícola. Este modelo educativo se distingue por:

1. **Formación integral**: Combinación teórico-práctica que prepara profesionales competentes.
2. **Enfoque humanista**: Capacidad para interactuar con productores y transferir conocimientos.
3. **Sostenibilidad**: Promoción de prácticas agroecológicas y productividad responsable.

El programa de Maestría en Pastos y Forrajes, con más de 25 años de experiencia y certificación de Excelencia, ha graduado a más de 140 profesionales de todo el país y el extranjero. Destaca su Comité Académico, con predominio femenino (66.7%) y presidido por una mujer, que impulsa:

- Uso de recursos fitogenéticos forrajeros.
- Implementación de fuentes renovables de energía.
- Protección ambiental y bienestar animal.

Esta formación se enriquece con la vinculación directa a proyectos de investigación, garantizando que los estudiantes adquieran conocimientos actualizados y aplicables a los desafíos reales del sector agropecuario cubano. El modelo educativo institucional no sólo cualifica profesionales, sino que fortalece el desarrollo territorial mediante la formación de una fuerza laboral altamente capacitada y comprometida con la sostenibilidad agrícola.

Proyectos de investigación (I+D+i). El desarrollo científico de la institución ha transitado desde la evaluación de variedades de pastos y forrajes hasta el fomento de sistemas sostenibles que permiten intensificar la producción pecuaria, generar servicios ambientales, basados en la gestión e innovación tecnológica para promover el desarrollo territorial y rural, con una concepción agroecológica y agroenergética, en la cual tiene como filosofía contribuir con la seguridad alimentaria del país (Sánchez Cárdenas, 2024).

Se ejecutan 21 proyectos de investigación en los diferentes programas, los cuales pertenecen a sectores estratégicos (Desarrollo Local, Producción de Alimento Animal, Medio Ambiente, Energías Renovables e Informatización), de los cuales nueve son dirigidos por mujeres. De esos proyectos, 18 se encuentran directamente vinculados e impactan en el desarrollo local para la producción, sustitución de importaciones, encadenamientos productivos, la transformación social y la mejora de la calidad de los servicios y el medio ambiente.

El 100 % de los investigadores y profesores se encuentran vinculados a los proyectos de investigación y ejercen sus tareas, en algunos casos, en más de un proyecto. De 139 personas vinculadas a proyectos, 80 son mujeres, cifra que representa el 57,55 % e involucra a varios procesos de la entidad.

Sánchez Cárdenas (2024) explica que la gestión de la ciencia desarrollada por la EEPF-IH a partir del vínculo estrecho existente entre el Ministerio de Agricultura (MINAG), la Asociación Nacional de Agricultores Pequeños (ANAP), el Gobierno local, así como todo el sistema empresarial que lo compone, fortalecen los vínculos con el sector agrario y otros sectores claves para contribuir a la diseminación de los resultados de la ciencia y la innovación que potencien el desarrollo sostenible, unido a las acciones de asesoría, que se realizan a las fincas de los territorios con vistas a introducir las tecnologías. Asimismo, las áreas productivas de la institución, constituyen polígonos demostrativos de tecnologías para estudiantes, productores y directivos a diferentes niveles de dirección.

De los cuatro proyectos internacionales aprobados con términos de referencia, tres son liderados por mujeres, dos de ellos por un cuadro.

Proyecto internacional: Ellas también producen

El proyecto internacional *"Ella también produce: hacia la soberanía alimentaria y el liderazgo femenino en Cuba"*, simplificado como *Ellas también producen*, se implementa en los municipios Perico y Jovellanos. Reúne una alianza entre CARE Internacional Cuba y el Ministerio de Educación Superior (MES) a través de la EEPF-IH; el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA) a través del Centro de Servicios Ambientales Matanzas (CESAM) y el Ministerio de Agricultura (MINAG) a través del Instituto de Investigaciones en Ingeniería Agrícola (IAgric) (García Naranjo, 2022).

El proyecto tiene como objetivo general: Mejorar los sistemas alimentarios sostenibles y equitativos de género para mujeres, hombres y niños de las comunidades más vulnerables de los municipios de Perico y Jovellanos, provincia de Matanzas.

Se encuentra dirigido a comunidades de alta vulnerabilidad como son: España Republicana, Artemisal, El Roque y Coloso (pertenecientes al municipio Perico); y Carlos Rojas, La Ferminia, Carlota e Isabel (municipio de Jovellanos).

En su ejecución, dentro de las principales acciones desarrolladas se encuentran la realización de capacitaciones en género y prácticas agroecológicas, el diseño de las fincas, la campaña de sensibilización de género. El proyecto apuesta por el éxito, para que lleguen más alimentos a las comunidades.

García Naranjo (2022) concibe que las personas de estas comunidades estarán directamente involucradas o apoyarán alrededor de 90 iniciativas, que se implementarán en las cadenas de valor apoyadas por el proyecto (ganado menor, peces de agua dulce, hortalizas y raíces y tubérculos). Los tipos de iniciativas incluirán: fincas de producción, semilleros, viveros, producción de fertilizantes orgánicos, centros de beneficio para agregar valor, minindustrias, jugueras y mercados, principalmente manejados por mujeres (mínimo de 60% de las iniciativas). Este proyecto beneficiará directamente a aproximadamente 6 400 personas al mejorar significativamente la participación de 4280 mujeres y 2120 hombres en los sistemas alimentarios. Se incluyen mujeres y hombres productores, miembros de cooperativas agrícolas y otras que se integrarán en las iniciativas (3 780 mujeres, 1 620 hombres), y entidades locales, autoridades gubernamentales y agrícolas (500 mujeres, 500 hombres) que viven en los territorios más vulnerables de los municipios seleccionados.

Sin dudas, un proyecto que ha permitido la incorporación de las mujeres y su rol de liderazgo en el desarrollo de las iniciativas, creando las condiciones de trabajo adecuadas, así como un cambio de mentalidad de los productores y productoras en la apropiación de los conceptos de igualdad de género.

Sericultura. La Estación cuenta con un grupo de Sericultura que desarrolla tres líneas de investigación: la morera como alimentación del gusano de seda, la crianza del gusano de seda y las aplicaciones derivadas del capullo del gusano de seda.

Después de 28 días de crianza, el gusano hace el capullo de seda, del cual se obtiene el hilo de seda. Cada 200 capullos se pueden producir entre 600 y 800 metros de hilo. Su alimentación es a base de morera.

En entrevista realizada a Daylene Ily Díaz Pino, especialista de esta área, joven, artesana, formada como Ingeniera Agrónoma en la propia institución, dialoga sobre la crianza del gusano, su alimentación, la obtención del hilo y capullos de seda y los diferentes productos que se elaboran, entre ellos, bufandas, gorros, collares, aretes, felpas para el cabello, llaveros, los cuales se venden a precios módicos. Se confecciona papel artesanal para la envoltura de los mismos, a



partir de los residuos (hojas desechables) recogidos en las oficinas. Los productos son comercializados bajo la marca registrada ArtSeda, "seda natural, hecha a mano".

Esta joven se siente enamorada de su trabajo y cuenta con el apoyo incondicional de su familia, quienes, gracias a los conocimientos adquiridos, la ayudan en la crianza del gusano, tanto en su hogar como en los momentos de mayor producción en la Estación.

Con respecto a las hojas de morera, se ha comprobado que han sido altamente efectivas para el control de la glicemia, lipidemia y la hipertensión entre los trabajadores y familiares de la EEPFIH, mejorando la salud de muchas personas. También se ha demostrado su efecto cicatrizante para tratar úlceras gástricas y se ha reconocido por los propios consumidores que mejoran los trastornos digestivos de la acidez. Por otra parte, se ha recomendado el consumo de la infusión de las hojas de morera para mejorar la calidad del sueño (Martín Prieto, *et al.,* 2022).

Los productos artesanales se comercializan en la propia Estación y en ferias que se realizan en diferentes municipios organizadas por el grupo de Desarrollo Local.

Como parte de sus acciones, el grupo ha desarrollado talleres con niños, personas que trabajan en el hogar o tienen alguna discapacidad, arrojando resultados positivos. Se han creado círculos de interés donde participan estudiantes de la escuela primaria "Enrique Hart Dávalos" y el Instituto Politécnico Industrial (IPI) "Fabricio Ojeda", ambos pertenecientes al Consejo Popular España Republicana, para la divulgación y acercamiento a esta actividad milenaria.

Se han montado exposiciones de los productos obtenidos a partir del procesamiento del capullo y de sus beneficios (figura 1A). Se han desarrollado talleres de participación creativa en la confección de objetos y artículos artesanales derivados del capullo de seda. Dentro de los talleres sobresalen: el desgomado y torsión del hilo, el manejo de los telares, la aplicación de tintes naturales y químicos, el diseño y la elaboración de bisuterías, accesorios, prendas de vestir y productos de la medicina natural (Figura 1 B).



Figura 1. *A) Exposición de los productos elaborados con el hilo y capullo de seda, y hojas de morera (infusiones), B) La artesana Daylene Ily Díaz Pino en el proceso de hilado con rueca.*

Las capacitaciones han incluido a artesanos de varias provincias (La Habana, Artemisa, Matanzas, Villa Clara, Sancti Spíritus), con el objetivo de impulsar el empleo de la seda como material de uso común y de producción a nivel local.

Se trabaja la sericultura en un modelo de cadena productiva, donde se vinculan ciencia y producción para garantizar la sostenibilidad a largo plazo, incidiendo permanentemente en la comunidad, con el aporte de conocimientos, ingresos y empleos.

Patio Agroecológico La Luz. El Patio Agroecológico *La Luz*, ubicado en la comunidad *Indio Hatuey*, Central España Republicana, forma parte del Programa de Agricultura Urbana y Suburbana del municipio Perico, pertenece al Movimiento Usuarios del Biogás (MUB) de Cuba y al Programa Nacional de Permacultura de la Fundación Antonio Núñez Jiménez de la Naturaleza y el Hombre.

Mildrey Soca Pérez y su esposo Manuel Martínez Guerrero son los responsables de este pequeño pero productivo patio, el cual abarca un área total de 0,5 ha. Ella, madre, mujer cuadro, Doctora en Medicina Veterinaria, Doctora en Ciencias Veterinarias, Máster en Pastos y Forrajes, Investigadora Titular, Profesora Titular, Académica Titular de la Academia de Ciencias de Cuba, dedica sus esfuerzos para hacer de este, su terruño, un lugar muy peculiar, atractivo, acogedor y fértil, en armonía con la naturaleza. Ambos, con su trabajo sistemático, han convertido este proyecto familiar en Referencia Nacional.

Este sistema de producción diversificada para el abastecimiento familiar, sobre la base de una concepción agroecológica, que aplica principios de la permacultura y la economía circular, posee una alta biodiversidad, con más de 800 especies de plantas (tubérculos, frutales, plantas medicinales, aromáticas y condimentos, variedades de plátanos, vegetales y hortalizas, plantas ornamentales y forrajeras, entre otras) y animales (cerdo criollo, abejas, conejos, cuyes), de alto valor nutritivo para la alimentación humana. La producción de alimentos y energía en el Patio

La Luz, ha tenido su eje central a partir de la implementación de diferentes prácticas agroecológicas, de conjunto con la aplicación de los efluentes del biodigestor, el uso de los microorganismos nativos (IHPlus® BF) y de la materia orgánica, permitiendo la producción de alimentos sanos y diversos para la familia, a partir de un modelo familiar de producción agroenergética diversificada a pequeña escala (Martínez Guerrero & Soca Pérez, 2024).

El biodigestor de campana móvil permite una producción de gas de 3,5 m^3/día (figura 2A). En su orquideario atesoran alrededor de 300 especies de orquídeas, toda una maravilla de la naturaleza, cuidadas con amor y mucha dedicación. Existen 51 colmenas de abejas meliponas, sin aguijón, que producen miel, entre tantos usos, para curar la gripe (Figura 2 B).



Figura 2. *A) Mildrey Soca Pérez junto al biodigestor de campana móvil, B) Colecta de miel de abeja sin aguijón. Fuente. Página de Facebook de la Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey".*

El Patio Agroecológico *La Luz* constituye un espacio de capacitación de la Estación para productores, especialistas nacionales y extranjeros vinculados a la producción de alimentos y energía; contribuye a la formación vocacional para las carreras de perfil agropecuario, a través de los círculos de interés de la escuela primaria y de la secundaria básica y la realización de las prácticas laborales de los estudiantes del politécnico de la comunidad. No obstante, se reciben visitas de estudiantes de toda la provincia.

CONCLUSIONES

Las mujeres en la EEPF-IH ejercen un liderazgo transformador, con enfoque participativo y sostenible, impactando positivamente en la innovación agropecuaria y el desarrollo rural.

Los proyectos liderados por mujeres fortalecen la seguridad alimentaria, la transferencia tecnológica y la inclusión social, especialmente en zonas rurales.

El estudio confirma que las mujeres son agentes clave en la transformación rural, combinando capacidades técnicas, visión comunitaria y resiliencia. Su integración plena en la toma de decisiones no solo es una cuestión de justicia, sino un imperativo para el desarrollo sostenible.

BIBLIOGRAFÍA

Carrión Cabrera, Luisa, Parrado-Álvarez, Oscar L., Ferrer Hecha Varría, Bertha N. & Corona-Rios, Juana I. 2022. La mujer como sujeto social en la actualización del modelo económico y social cubano. Revista Santiago, Numero Especial 75 UO, pp. 315-329. Disponible en: https://santiago.uo.edu.cu/index.php/stgo/article/view/5810?articlesBySimilarityPage=10

Casanova González, C. L., Ferriol Morales, M. & Agüero Contreras, F. 2017. Manifestaciones de la mujer líder agropecuaria. Contribuciones y desafíos para la sostenibilidad y el desarrollo. Revista científica Agroecosistemas, 5 (2), 137-143. Recuperado de http://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/index

Consejo de Estado. 2021. Decreto Ley No. 13 "Sistema de Trabajo con los Cuadros del Estado y del Gobierno y sus reservas", GOC-2021-279-O30.

Coronel Llamas, J. M., Moreno Sánchez, Emilia & Padilla Carmona, María T. 2002. La gestión y el liderazgo como procesos organizativos: contribuciones y retos planteados desde una óptica de género. Revista de Educación, No. 327, pp.157-168. https://idus.us.es/handle/11441/42436

Díaz-Canel Bermúdez, Miguel. 2021. Decreto Presidencial 198/2021.Programa Nacional para el adelanto de las Mujeres. Gaceta Oficial de la República de Cuba.GOC-2021-215-EX14. https://www.gacetaoficial.gob.cu/es/gaceta-oficial-no-14-extraordinaria-de-2021



Federación de Mujeres Cubanas (FMC). 2013. Contribución en ocasión de la presentación del VII y III Informe Combinado de la República de Cuba de la CEDAW. Recuperado de http://tbinternet.ohchr.org/Treaties/CEDAW/Shared%20Documents/CUB/INT_CEDAW_NGO_CUB_13885_S.pdf

García Naranjo, Marcos A., Aragonés López, Carlos, Machado Martínez, Hilda C., González Achón, Laritza & Martín Martín, Giraldo J. 2022. Proyecto Internacional "Ella también produce: hacia la soberanía alimentaria y el liderazgo femenino en Cuba". Memorias de la Convención Producción Animal y Agrodesarrollo 2022.

García, L. 2013. La Influencia del género en los estilos de liderazgo y dirección. Tesis. Facultad de Ciencias de la Empresa, Universidad Politécnica de Cartagena, España. http://repositorio.bib.upct.es:8080/jspui/bitstream/10317/3560/1/tfm306.pdf.

Guach, J. L. & Hevia, Elizabeth. 2018. Las mujeres en el siglo XXI. La experiencia en Cuba. Revista Caribeña de Ciencias Sociales. https://www.eumed.net/rev/caribe/2018/05/ mujeres-sigloxxi-cuba.html.

Jorna Calixto, Ana Rosa, Castañeda Abascal, Ileana & Véliz Martínez, Pedro Luis. 2016. Percepción de habilidades de liderazgo en hombres y mujeres para la dirección en salud en Cuba. Revista Cubana de Salud Pública, 42(1) Recuperado en 09 de mayo de 2025, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864346620160001000008&lng=es&tlng=es.

Martín Prieto, Dayron, Prieto Abreu, Marlene, Díaz Pino, Daylene, Rivero Cáceres, Jaime, Norda Castro, Esther, Camejo Rodríguez, Dianet & Martín Martín, Giraldo J. 2022. La sericultura para contribuir al desarrollo local en Cuba. Memorias de la Convención Producción Animal y Agrodesarrollo 2022.

Martínez Guerrero, Manuel & Soca Pérez, Mildrey. 2024. El Patio La Luz, un sistema agroecológico familiar para la producción de alimentos y energía a pequeña escala. Memorias de la VII Convención Internacional Agrodesarrollo 2024.

Milera, Milagros C., Blanco, Félix & Martín, Giraldo J. 2013. Estación Experimental de Pastos y Forrajes" Indio Hatuey". Cinco decenios dedicados a la ciencia y a la innovación tecnológica para el desarrollo local. Institución Auspiciadora de la Academia de Ciencias de Cuba. Revista Anales de la Academia de Ciencias de Cuba, Vol. 3, No.1.

Sánchez Cárdenas, Saray. 2024. Balance Anual de los Objetivos de Trabajo/Calidad de Ciencia, Tecnología e Innovación. Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey".

IP-47. El papel de la mujer en la economía familiar, una fortaleza para el desarrollo rural y local

The role of women in the family economy, strength for rural and local development

M. Moore Pedroso[*] *y A. M. Hernández Barceló*

Centro de Estudios para la Gestión del Desarrollo (CEGED), Universidad Agraria de La Habana (UNAH), Mayabeque. Cuba

[*]Correspondencia a: marielysmoore@gmail.com

RESUMEN

A lo largo de la evolución de las sociedades, el hombre se ha situado a la cabeza de los negocios familiares, ha sido el elegido para tomar las riendas y decisiones del legado en la empresa familiar hoy día esas costumbres han avanzado un poco. Las empresas familiares constituyen una fortaleza en la economía rural y local, son generadoras de empleos y logran encadenamientos productivos a favor del desarrollo local. Actualmente las mujeres se encuentran a la vanguardia de dichas empresas al ser cotitulares y cofundadoras, y sus decisiones muchas veces, contribuyen a dirimir conflictos que pueden existir dentro de los vínculos laborales, donde el negocio y la familia interconectan. La participación de las mujeres dentro de la empresa sufre aún algunos sesgos machistas, sexistas y de ataques de género, donde se ven obligadas a ocultar sus posiciones, el colectivo de trabajo lejos de darles el lugar que merecen, las apodan con calificativos que denigran su postura de socia dentro de la empresa. Por ello el desarrollo de la presente investigación se plantea como objetivo general: Argumentar los factores socioculturales que inciden en el papel de la mujer dentro de la economía familiar, para ello se emplean métodos y técnicas de obtención de información como: el enfoque dialectico materialista, histórico – lógico, análisis – síntesis y encuestas semi-estructurada los que arrojaron resultados significativos que señalan los valores y la experiencia que las mujeres pueden aportar al negocio familiar contribuyendo al reconocimiento del papel de las féminas lo que constituye un paradigma correcto del enfoque de género.

Palabras clave: *empresa familiar, género, mujer, economía*

ABSTRACT

Throughout the evolution of societies, men have been at the head of family businesses, they have been the ones chosen to take the reins and decisions of the legacy in the family business, today these customs have advanced a little. Family businesses are a strength in the local economy, they generate jobs and achieve productive linkages in favor of local development. Currently, women are at the forefront of these companies as co-owners and co-founders, and their decisions often help to resolve conflicts that may exist within labor relations, where business and family interconnect. The participation of women within the company still suffers from some sexist and sexist biases and gender attacks, where they are forced to hide their positions, the work collective far from giving them the place they deserve, they are called by adjectives that denigrate their position as partners within the company. For this reason, the development of this research has as its general objective: To argue the socio-cultural factors that affect the role of women in the family economy, using methods and techniques for obtaining information such as: the dialectical-materialist, historical-logical approach, analysis-synthesis and semi-structured surveys, which yielded significant results that indicate the values and experience that woman can bring to the business.

Keywords: *Family businesses, gender, women, economy*

INTRODUCCIÓN

Los problemas en torno a la mujer han cobrado en los últimos años, el protagonismo que ellos merecen como objeto de estudio, desprendiéndose de la temática de la familia a la cual la mantenía atada la ideología machista, sutil o evidente, como forma de mantener a la mujer en el ámbito de lo privado. Por otra parte, a pesar de la importancia que se le concede a la familia en la sociedad, relacionar la mujer y la familia, significa limitar al hombre de su derecho y deber de participaren el mantenimiento del hogar y la educación de los hijos en el nivel similar al de la mujer. La educación de los hijos no es una función vinculada necesariamente a uno u otro sexo; pero lo ha realizado fundamentalmente la mujer porque ha permanecido limitada en su participación en el ámbito público. (Avellán & Hernández, 2021)

De esta manera el rol de la mujer en la sociedad se ha visto restringido históricamente. En sus inicios su papel se encontraba en el hogar, en ser el soporte y lograr la unión y armonía familiar para lograrlo se creía que debía dedicarse tiempo completo a esta tarea; era inconcebible que pudiera trabajar y atender a la familia. Así mismo la mujer no contaba con un reconocimiento en estatus al igual que el del hombre y aunque aún se puede percibir que todavía queda mucho por lograr para alcanzar la equidad total, hoy se puede decir que la mujer es libre en comparación con los años anteriores. (García *et al.,* 2021). La mayoría de empresas familiares que conocemos se han conformado siguiendo los esquemas de la familia tradicional, donde a la mujer le había correspondido desempeñar históricamente puestos secundarios. Durante mucho tiempo, las responsabilidades de la mujer fuera de la casa se habían considerado secundarias respecto a sus obligaciones de dirigir y organizar la parte doméstica, emocional y social de la familia.



El papel de la mujer, en este sentido, ha sido subvaluado, cuando la mayoría de las empresas familiares se han construido gracias al empeño, muchas veces el aporte material y el trabajo acompañado del sacrificio de madres, esposas, abuelas, hermanas e hijas. Un esfuerzo a menudo no reconocido socialmente y mucho menos remunerado económicamente. (Johanson *et al.,* 2022)

Los roles de género han cambiado gracias a la aprobación del nuevo Programa Nacional para el Adelanto de las Mujeres en Cuba, el cual fue aprobado definitivamente en el Decreto Presidencial 198, publicado el 8 de marzo de 2021. Tiene como objetivo general promover el avance de las mujeres y la igualdad de derechos, oportunidades y posibilidades, así como profundizar en los factores objetivos y subjetivos que, como expresiones de discriminación, persisten en la sociedad cubana, y obstaculizan un mayor resultado en lo económico, político, social y familiar, con el fin de eliminarlos.

El programa implementa las medidas específicas para eliminar las brechas de género en estas áreas, como promover la participación de las niñas y las mujeres en carreras y liderazgo, eliminar las brechas salariales de género y garantizar la igualdad de oportunidades en el empleo y el avance profesional, proporcionar acceso a servicios integrales de salud sexual y reproductiva, y abordar la violencia de género, aumentar la representación de las mujeres en los procesos de toma de decisiones y en los puestos de liderazgo, apoyar el emprendimiento femenino y el empoderamiento económico de las mujeres pues la sociedad empieza a reconocer formalmente la importancia de la mujer en el mundo laboral y empresarial, donde sus aportaciones siempre han sido relevantes, pero durante décadas han permanecido en un segundo plano. También en la empresa familiar la mujer forma parte, cada vez más, del cuadro directivo y emocional, algo que sin duda enriquecerá y fortalecerá a este tipo de compañías en el futuro. (Johanson *et al.,* 2022)

Por lo referido con anterioridad, se plantea como *Problema científico:* ¿Qué factores socioculturales inciden en el papel de la mujer dentro de la economía familiar?

Formulando los siguientes objetivos de investigación:
Objetivo general: Valorar los factores socioculturales que inciden en el papel de la mujer dentro de la economía familiar.
Objetivos específicos:
1- Sistematizar los referentes teóricos relacionados con la economía familiar, el papel de la mujer en el contexto cubano.
2- Caracterizar el Programa Nacional Adelanto para la Mujer en función del papel de la mujer cubana.
3- Identificar los factores socioculturales que inciden en el papel de la mujer dentro de la economía familiar.

MATARILES Y MÉTODOS

Metodologías de aplicación en la investigación: Investigación acción – participativa. Busca generar conocimientos sobre los factores socioculturales que inciden en el papel de la mujer dentro de la economía familiar, a partir de esto promover la equidad social y las transformaciones en función de las féminas. Para fundamentar teóricamente la investigación llevada a cabo se aplicaron los siguientes métodos de obtención de información de fuentes teóricas y empíricas:

Se empleó el histórico – lógico aplicado para determinar los sustentos teóricos que responden a los antecedentes, evolución y la actualidad de las variables equidad de género, empoderamiento femenino, empresa y economía familiar y desarrollo local. El presente método permitió combinar el estudio legislativo del Programa Adelanto para la Mujer y realizar una técnica empírica el análisis documental lógico para la realización de dicha investigación. También el análisis síntesis a través de este método fue posible analizar teóricamente la economía familiar como un pilar decisivo para el desarrollo local, lo que permitió adoptar una posición crítica para lograr una construcción teórico- conceptual, que sustente el análisis en función de los objetivos de la investigación.

Para la investigación se utilizó una muestra intencional de 20 féminas que comprendían un rango de varias edades laborales y no laborales, con vínculo a las actividades laborales que generan ingresos para su economía familiar, también se incluyeron mujeres jubiladas con el propósito de realizar una pequeña comparación de sus vidas laborales y ahora doméstica.

El total de encuestas fueron 20, aplicadas a mujeres trabajadoras estatales y no estatales, amas de casa y jubiladas del CDR #7 de la Circunscripción 14 Zona de Habitad Cuba, Santa Cruz del Norte en la provincia Mayabeque. Uno de los propósitos de la investigación fue desarrollar un enfoque de perspectivas grupales, a cerca de los diferentes procesos que contiene la economía familiar pero sólo valorando el papel de las mujeres.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Breves consideraciones teóricas sobre la economía familiar y el papel de la mujer

Cuando se estudia a "la empresa", se observan todos los vínculos que tienen lugar en ella, y la presencia cada vez más evidente de las relaciones familiares como el centro en la actividad empresarial. Como plantea "la empresa familiar se encuentra en la intersección entre la familia y la empresa. Existe una relación entre ellas que se entreteje con sus ciclos de vida, crisis, logros y alegrías y cotidianos a la vida". Al hacer referencia a la empresa familiar se trata de aquella en la que la parte esencial de su propiedad está en manos de la familia, y sus miembros actúan de modo decisorio y administrativo, en cada una de las gestiones y direcciones de la misma, existe una estrecha vinculación entre la vida de la familia y la vida de la empresa (Sánchez, 2021), independientemente del tipo societario que se escoja para operar en el mundo mercantil. La concentración de la mayor cantidad de aportaciones al capital se encuentra en manos de la familia y existe una vocación de continuidad para continuar el legado.

En la actualidad la economía familiar posee gran relevancia en los escenarios que impactan tanto en el mercado interno como en los vínculos internacionales. Constituyen un verdadero motor al llevar a cabo no solo el crecimiento económico, sino la generación de empleos y los encadenamientos productivos. Por lo que resulta una de las formas organizativas más importantes para generar emprendimientos y lograr una solidez en la economía familiar.

En el caso particular de la comprensión del concepto de "encadenamiento productivo es importante para la comprensión de las relaciones filiales y, por ende, de las interrelaciones entre los emprendedores en torno a la propuesta de valor y su influencia en la creación de valor agregado en los productos y/o servicios en el sector agropecuario" (Granda, 2022). "Los encadenamientos permiten entender la interdependencia entre sectores por lo que se debe conocer cómo se dispersan los impactos en el sector a través de toda la economía" (Morera, 2022)

Los encadenamientos productivos representan un pilar fundamental en el desarrollo rural y local, articulando de manera coordinada y eficiente las distintas fases que componen la cadena de valor trazada. Su adecuada gestión, basada en la innovación, la calidad, la sostenibilidad y la equidad, es esencial para responder a los desafíos actuales y futuros, y para construir un sistema global más justo, equitativo y sostenible.

En los últimos años ante la lucha constante de las mujeres por su reconocimiento en las diferentes esferas de la sociedad, económicas, de dirección, en la concesión de derechos dentro del hogar familiar, en la política, entre otras; ha generado su participación activa y constante en los negocios familiares, vistas no como un apoyo en la formación y consecuente desenvolvimiento de los mismos, sino en muchas ocasiones a la cabeza del encadenamiento productivo, al tener en sus manos el mayor número de aportaciones al capital.

2. El desarrollo rural y local

Según Rojo & Blanco (2014), el desarrollo rural puede ser entendido como un proceso a partir del cual se reducen o eliminan las condiciones de pobreza rural incluyendo no sólo a los productores [y las productoras] agropecuarios y sus familias, sino al conjunto de la población que reside y trabaja en el ámbito rural no agrario. Con el concepto anterior se explica que el desarrollo rural es un proceso localizado de cambio social y crecimiento económico sostenible, que tiene por finalidad el progreso permanente de la comunidad y de cada individuo integrado en ella.

El desarrollo rural está muy integrado al enfoque de género ya que lograr una equidad entre hombre y mujeres nos permite alcanzar el desarrollo. En la actualidad esto es un tema que afecta al desarrollo rural ya que está visto que las actividades agrarias solo deben ser realizadas por hombres, haciendo ver a las mujeres como seres débiles que no pueden desarrollar ese tipo de actividades. Si a las mujeres se les diera el valor que merecen en la sociedad, esto sería un gran aporte para el desarrollo de nuestras comunidades rurales. Es por esto que el enfoque de género es un tema que debería ser más abordado en las investigaciones sobre las comunidades agrarias rurales.

Según Suárez (2016), el enfoque de género es una herramienta analítica y metodológica que permite integrar las diferentes necesidades, responsabilidades y preocupaciones de mujeres y hombres en cada etapa de su ciclo de vida, de manera que sean relaciones equitativas y justas. Así mismo, reconoce otras desigualdades y discriminaciones originadas por la etnia, origen social y orientación sexual, entre otros factores.

Ahora bien, el desarrollo, como "superación de la pobreza" según algunos estudiosos, debe ser un concepto amplio, con una visión holística del contexto social en que se enmarca, incorporando otra dimensión en su campo de acción: el desarrollo local; el cual sería nulo sin la convergencia de la identidad, la política, la incidencia y la diversidad cultural. Hablar de desarrollo local es hablar de la sociedad, y hablar de la sociedad implica establecer ese vínculo con la naturaleza, que ha sido testigo y escenario por miles de años del desenvolvimiento del hombre.

El modelo de desarrollo sostenible por el que se aboga hoy día implica más a los diferentes actores sociales en la toma de decisiones que influya directamente en su estilo y calidad de vida teniendo en cuenta la realidad objetiva de su entorno. Avanzar hacia modelos de desarrollo sostenibles en la consecución de Municipios Inteligentes requiere de la activa participación de todos los actores sociales implicados en dichos procesos, en los diferentes contextos (Ramos *et al.,* 2017).

Un municipio inteligente que abogue por un desarrollo local sostenible debe estar orientado a trazar nuevas formas de hacer en su cotidianeidad, sobre todo, si esto va a favorecer su crecimiento multidimensional (económico, social, político, cultural, jurídico, informacional, etc.,), todo ello partiendo de un análisis estratégico a partir de un diagnóstico que visualice las mayores fortalezas y debilidades a lo interno, y cuáles podrían ser las amenazas y oportunidades provenientes del ámbito externo. Asimismo, la autonomía y la participación son factores que están en confluencia con el proceso de desarrollo.

3. Caracterización del Programa Nacional Adelanto para la Mujer

"Las políticas de equidad e igualdad, constituyen una herramienta facilitadora del cambio personal y social necesario para que hombres y mujeres puedan avanzar juntos hacia unas relaciones de género que garanticen la igualdad de oportunidades en el acceso al empleo, en las condiciones de trabajo y en el desarrollo de trayectorias profesionales" (Arévalo *et al.,* 2022).

En el contexto de Cuba, la participación de la mujer en la generación de encadenamientos productivos para el desarrollo local desempeña un papel significativo y transformador. Las mujeres cubanas, han demostrado una capacidad excepcional para liderar y contribuir de manera activa, promoviendo así el desarrollo económico y social en sus



comunidades. En este sentido se ha podido constatar desde los proyectos "Encadenamientos productivos de alimentos en Mayabeque. Estrategias de gestión del conocimiento para su conversión en cadenas de valor" y "Sistema de capacitación para los actores de la producción de aves, cerdos y conejos en tres municipios de Mayabeque", en los diferentes escenarios de trabajo como la comunidad de Guayabal perteneciente al municipio de San José de las Lajas, y otros municipios de la provincia como Bejucal, Quivicán, Güines, Madruga y Jaruco se constata que la labor desplegada por la mujer es fundamental y muy a tono con el contexto cubano actual. Desempeñan un rol muy importante en las comunidades rurales donde residen y por ende realizan aportes al desarrollo local de sus municipios, reflejando también una cultura del trabajo en articulación con las prácticas tradicionales y que a través de la formación de capacidades y la gestión del conocimiento han dado lugar a que la representación de las mujeres en las fincas y cooperativas la distingan en su desempeño.

Ahora bien, en fecha del 8 de marzo de 2021, en la Gaceta Oficial extraordinaria No. 14, del Decreto Presidencial 198, el presidente de la República, Miguel Díaz-Canel Bermúdez, aprueba el Programa Nacional para el Adelanto de las Mujeres. El programa está basado en la rigurosa observancia del Estado cubano sobre los acuerdos y compromisos internacionales que respaldan los derechos de las mujeres, y toma en consideración los retos y desafíos emanados de las evaluaciones realizadas al Plan de Acción de la República de Cuba de Seguimiento a la IV Conferencia de la ONU sobre la Mujer.

Objetivo general: Promover el avance de las mujeres y la igualdad de derechos, oportunidades y posibilidades, refrendados en la Constitución de la República de Cuba, así como profundizar en los factores objetivos y subjetivos que, como expresiones de discriminación, persisten en la sociedad cubana y obstaculizan un mayor resultado en lo económico, político, social y familiar, con el fin de eliminarlos.

Objetivos específicos:

1. Lograr con la existencia de un programa gubernamental mayor sistematicidad en el cumplimiento de las acciones conjuntas que promuevan el adelanto de las mujeres por parte de los órganos, los organismos de la Administración Central del Estado, las entidades nacionales y territoriales, las organizaciones e instituciones, así como enfrentar los obstáculos relacionados con la igualdad de género.
2. Promover acciones educativas, formativas y divulgativas, desde la niñez, que conduzcan a fortalecer las relaciones interpersonales basadas en la igualdad, el respeto y la responsabilidad compartida mediante la inserción de temas de género en planes y programas de estudio de todas las formas y niveles de enseñanza.
3. Fomentar en las familias, las comunidades, los medios de comunicación, las organizaciones de masas, políticas y estudiantiles, y en los centros laborales, el debate acerca del tratamiento del papel de las mujeres a nivel público y doméstico.
4. Incorporar el tema de género en todo el sistema de formación y capacitación de cuadros.
5. Asesorar el diseño, la elaboración, la ejecución, el seguimiento y la evaluación de impactos de la legislación, de las políticas públicas y de las estrategias de género o de cualquier otra acción que se aplique con ese fin.

En el caso particular de la presente investigación está encaminada al papel de las féminas en la economía familiar, un pilar fundamental del Programa Nacional para el Adelanto de las Mujeres (PAM) en Cuba. El PAM busca fortalecer la participación activa de la mujer en todos los ámbitos de la sociedad, brindándole las herramientas para ejercer sus derechos y asumir roles de liderazgo.

4. Análisis de los factores socioculturales incidentes en el papel de la mujer dentro de la economía familiar.

Los factores socioculturales que inciden en el papel de la mujer dentro de la economía familiar, permiten un análisis novedoso para los estudios del desarrollo local, pues son elementos de la dimensión social del desarrollo que se contextualiza a la temática relacionada con el género, el empoderamiento femenino y fundamentalmente el papel protagónico de la mujer en el eslabón económico. La aplicación de la técnica de obtención de información del nivel empírico la encuesta semiestructurada, teniendo en cuenta lo aportado por estudiosos como Medina & Bustamante (2023). Esa técnica se utiliza con el fin de conocer estados de opinión, características, condiciones, actitudes y procesos que permiten obtener visiones generales sobre los factores socioculturales.

Se aplicó un cuestionario a 25 mujeres, entre ellas 9 trabajadoras estatales, 11 trabajadoras no estatales, 2 amas de casa y 3 jubiladas del CDR #7 de la Circunscripción 14 Zona de Habitad Cuba, Santa Cruz del Norte en la provincia Mayabeque.

Del número total de encuestadas, el 100% son mujeres, con edades comprendidas desde los 26 a los 67 años, donde las más representativas es el rango que comprende de 26 a 45 años, con 20 trabajadoras, y el rango de 45 a 60 años, con 2 mujeres amas de casa, mientras el rango de 60 a 67 años incluye 3 mujeres jubiladas.

Una de las interrogantes del instrumento estaba encaminada a ¿Cómo eran percibidas hace años atrás las féminas en el seno de familias de grandes negocios en la sociedad cubana? En respuesta a la interrogante una de las jubiladas declara "para nadie resulta un secreto que desde tiempos memoriales las mujeres han sido desprovistas de las ventajas para ocuparse del negocio familiar y han sido relegadas a dar vida a un heredero que siga la sucesión y se encargue de la herencia de la familia y sea el sostén de la misma. Mucho menos se podía pensar en el apellido, donde la razón

social, o sea, la denominación de las empresas, estaban dirigidas a continuar con el linaje masculino; por lo que las mujeres quedaban siempre en un segundo plano y el varón era quien iba a la cabeza, mostrando la destreza en los negocios y el buen manejo del capital; en los diversos escenarios les estaba vetada la posibilidad de opinar a pesar de conocer el asunto o tener criterio, su participación era negada.

Sin embargo, en las arduas luchas por la búsqueda y el reconocimiento de los derechos que por ley les deben ser dados, se demostró que la inteligencia, la capacidad, la destreza, agilidad y el poder decisorio no posee género, por lo que es posible y a la vez oportuno que la mujer tenga poder sobre una empresa, negocio o emprendimiento familiar, más aún para levantar y mantener con constancia la economía familiar. El empuje de las féminas y su fortaleza las realza con el calificativo de mujeres emprendedoras.

Otra de las pregunta del cuestionario aplicado fue dirigida al liderazgo de la mujer dentro del emprendimiento no estatal dígase propietarias de TCP y MiPYMES, donde el 70% de la muestra seleccionada y comprendida en las mujeres trabajadoras estatales y no estatales coincidió con el mismo criterio "para la mujer llegar a ser líder y asumir la dirección del emprendimiento familiar, pasa por un camino largo y angosto en el que transcurre por diversas etapas, desde la iniciación y la participación, hasta la asunción de un papel activo y protagonistas de la actividad económica empresarial, mientras que el otro 30% de las encuestadas piensan que solo podrían ser líder si las posibilidades de alcanzarlos vienes dados en segundas oportunidades, coyunturales, sociales, como la imposibilidad de adopción por un hombre de la familia o no tener descendencia masculina, solo así pudiera pensar en asumir el cargo".

Es de destacar que muchas empresas familiares a lo largo de la evolución de las sociedades se han fundado y desarrollado por el apoyo, el aporte incluso material, los conocimientos y por qué no, el trabajo en jornadas de las mujeres, el que ha sido un papel invisible y subvalorado, donde la mujer ha gozado de una gran importancia para la gestión y administración de la misma, la cual no ha sido reconocida, ni considerada. En muchas ocasiones las mujeres dentro de la empresa o emprendimientos, actuando en calidad de directivas y con posturas cofundadores junto a esposos e hijos, se ve obligada a ocultar los vínculos de parentesco, disociando su identidad, para reivindicar su autoridad y ser líderes empresariales y suprimir el fenómeno de invisibilidad a las que muchas veces son sometidas, confundidas como la mujer del socio mayoritario, o del líder de la empresa (Pavan *et al.,* 2020).

Resulta evidente el cambio de roles dentro del contexto actual que ha tenido la mujer en el sector económico empresarial a lo largo de los años, precisamente porque ha logrado posicionarse y suprimir muchas de las ideas sexistas, machistas y patriarcales de los negocios en la sociedad, demostrando sus amplias capacidades intelectuales, aptitudes y actitudes para el manejo de la economía familiar. Resulta esencial abordar una vez que se ha expuesto todo lo anterior aspectos que demuestren el valor que aportan las mujeres, la influencia y las ventajas competitivas que pueden tener dentro de la empresa familiar, así como el impacto de su desempeño para el logro y mantenimiento de las empresa y los emprendimientos, en conjunto con buenas prácticas familiares; por lo que conlleva mostrar algunas de las desventajas analizadas de estudios que posee la estructura y constitución de la empresa familiar y cómo la participación femenina resulta crucial para la solidez de la misma y evitar el fracaso.

Otra de las cuestiones de análisis de la encuesta fue la identificación del potencial femenino en los emprendimientos, por ello el 80% de la muestra afirman que "si bien las empresas familiares en su estructura gozan de valores que resultan ventajas competitivas como: mayor compromiso y dedicación en el negocio, mayor grado de autofinanciamiento y reinversión de beneficios", pues es evidente lo esencial que resulta el futuro crecimiento de la empresa, mejor orientación en el mercado, mayor vinculación con los clientes y proveedores, los trabajadores laboran más a gusto, gozan del reto de superación constante, búsqueda del progreso económico y social, entre otras.

Por otra parte alguno de los factores de incidencia sociocultural es que las empresas familiares han sido vistas con grandes debilidades donde se entremezclan los asuntos familiares y el capital, identificando en algunos casos posibles debilidades de la empresa familiares se ponen de relieve por los vínculos entre sus miembros, con las funciones propias de la misma, las relaciones de parentesco entre los socios y las leyes económicas y mercantiles que deben regular el correcto funcionamiento de la misma. Por lo cual pueden generarse crisis en el orden financiero, tributario, jurídico, económico, de administración donde se fundan los intereses y las relaciones afectivas de la familia con la posición de los miembros en los puestos directivos y de liderazgo, sin contar con la capacidad requerida para ello, simplemente bajo el sustento de que es el primogénito, el varón y cabeza de familia.

Exponer dichas debilidades es necesario para realzar el papel activo de la mujer en la incorporación de valores íntegros, conocimientos, experiencias dentro de la empresa, que conlleven al mantenimiento y fortaleza de la misma, al impedir la generación de conflictos en las decisiones que obstaculicen el buen funcionamiento. Resulta evidente el papel que cumple la mujer desde la perspectiva de género dentro de una empresa familiar, es innegable que desde el hogar logra incorporar a cada uno de los miembros valores, emociones, sentido de pertenencia, compromiso y amor por cada uno de los logros que consiguen, cuestiones que poco a poco son incorporadas a las empresas familiares, precisamente por la educación que reciben desde el hogar familiar.

El papel activo de la mujer en las empresas familiares contribuye a conformar la economía del hogar y de esta forma incide favorablemente en el desarrollo local y rural. Dentro de las interrogantes finales del cuestionario se precisa caracterizar el papel de la mujer y su aporte al emprendimiento, entre las respuestas tabuladas se encontraron que suelen ser reconocidos atributos, cualificaciones desde el punto de vista subjetivo que no solo se dirigen a la demostración de conocimiento y experiencias materiales y profesionales, sino que tocan otros extremos como puede ser la búsqueda del consenso, la creación y el logro de un ambiente de paz y armonía, ser mediadora y árbitro en los conflictos que se generen en el día a día en las relaciones empresariales, así como la inteligencia emocional y la empatía que puede llegar a reflejar por los miembros de la empresa que la lleven a asumir decisiones imparciales, pero a la vez sensibles y leales a principios familiares y éticos, que resulta una esencial ventaja competitiva en cualquier empresa, al lograr una fortaleza que ofrezca muestras de seguridad en sus relaciones comerciales.



A partir de todo lo reflejado mediante los testimonios de las féminas encuestadas, se evidencia un amplio despliegue de la mujer en su lucha por el reconocimiento de derechos dentro de los negocios familiares, con una participación activa y como vértice esencial para las políticas competitivas de la empresa familiar, destacándose en todo momento como una mujer emprendedora, por lo cual ofrecer una breve mirada al emprendimiento femenino contribuye a fortalecer la economía familiar y todos los criterios de defensa de un correcto manejo del enfoque de género.

CONCLUSIONES

A partir de todo lo expuesto en los epígrafes anteriores, cabe desatacar las ideas conclusivas que resaltan el papel de la mujer como emprendedora y su necesario posicionamiento dentro de la economía familiar. La plena participación de las mujeres en las empresas no estatales y en la comunidad hace bien a los negocios de ahora y del futuro, tanto desde el enfoque familiar, donde la postura y su equilibrio sirven de base para la resolución de conflictos entre temas negociales y la familia, además de realzar su experiencia e inteligencia, como en la actividad de las empresas en sentido general. Direccionar los estudios hacia este tema, conlleva sentar las pautas para un mejor desempeño y reconocimiento de la labor de la mujer en todas las esferas de la sociedad. Constituye el paradigma hacia un correcto enfoque de género.

BIBLIOGRAFÍA

Arévalo, M., Expósito, E. & Gálvez, M. (2022). Empoderamiento de la mujer cafetalera: retos y desafíos para el desarrollo local desde el cooperativismo. *Santiago*, 69-83.

Avellán Herrera, V., & Hernández Junco, V. (2021). Caracterización del proceso de relevo generacional en empresas familiares de países sudamericanos. *Entreciencias: diálogos en la sociedad del conocimiento*, *9*(23).

Garcia, E. A., Cerdeño, V. J. M., & del Cerro, J. S. (2021). Importancia económica de la empresa familiar. Una aproximación desde la política ecoadnómica. *International Review of Economic Policy-Revista Internacional de Política Económica*, *3*(1), 99-118

Granda, M. A. (2022). Propuesta de valor como determinante de una estrategia de desarrollo endógeno. Posibilidades de los encadenamientos productivos para la transformación económica local, en el municipio de Santa Rosa de Osos, en Antioquia (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia).

Johanson, K. P., Cuba, C. K. R., & Peralta, E. C. O. (2022). Ideología de género en perspectiva crítica intercultural. *Revista de filosofía*, *39*(1), 307-318.

Medina, M., Rojas, R., & Bustamante, W. (2023). *Metodología de la investigación: Técnicas e instrumentos de investigación*. Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú.

Morera, N. (2022). Encadenamientos productivos del sector agropecuario en Colombia. *Archivos de Economía*. Dirección de Estudios Económicos. Departamento Nacional de Planeación. Colombia.

Ortiz García, Pilar; Olaz Capitán Ángel. La empresa familiar. Roles y contribución al capital familiar, en: Madrigal Barrón, P. y Carrillo Pascual, E. (Coords.) *Nuevos tiempos, nuevos retos, nuevas sociologías.* Toledo: ACMS, pp. 176-180.

Pavan Bang, Basuthakur, Calabró Andrea, Jo Fedy, Yeung Karmen, McGinness Tom. El poder de la mujer en la empresa familiar. Un cambio generacional en el propósito y la influencia. 2020. pp 3-4.

Ramos, A., Brito, A., & Martínez, R. (2017). La Universidad en la consecución de municipios inteligentes por un Desarrollo Humano Sostenible. 17.

Rojo, F. & Blanco, V. (2014). Guía práctica para técnicos y técnicas rurales. El desarrollo rural desde el enfoque de género. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. Presidencia de la Nación. Unidad Ambientaly Social-UCAR. https://www.argentina.gob.ar

Rueda Galvis, Javier Francisco & Rueda Galvis, Mónica Andrea. 2019. Definición, importancia y análisis de la empresa familiar. Lúmina (20). pp 8-28. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/339767954_Definicion_importancia_y_analisis_de_la_empresa_familiar

Sánchez Pulido, L. (2021). La empresa familiar: Marcos teóricos y estado del arte.

Solares, D., & Block, D. (2021). Mujeres que leen, escriben y calculan para participar en la economía familiar y local. *Avances de Investigación en Educación Matemática*, (19), 55-70.

IP-48. Prácticas ancestrales en sistemas de producción ganadera en diversas regiones del Ecuador: hallazgos preliminares

N. Fierro

Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL), Ecuador

Correspondencia a: ndfierro@utpl.edu.ec

RESUMEN

La ganadería en el Ecuador presenta una diversidad significativa de sistemas productivos, determinados por condiciones ecológicas variadas y un profundo acervo cultural de las comunidades rurales. En este marco, las prácticas ancestrales constituyen un recurso estratégico, integrando técnicas de manejo adaptadas a la variabilidad climática, al uso sostenible del suelo y a la conservación de la biodiversidad. Estos saberes representan una base clave para fortalecer la producción ganadera y avanzar hacia sistemas sostenibles y ambientalmente responsables. Los hallazgos preliminares evidencian que, en diversas regiones del país, los productores aplican conocimientos transmitidos de generación en generación. Entre estas prácticas destacan el manejo adaptativo de pasturas, la selección zootécnica empírica, el aprovechamiento de recursos forrajeros locales y la sincronización de los ciclos productivos con patrones climáticos y culturales. Estas estrategias no solo optimizan la productividad, sino que fortalecen la cohesión comunitaria y la transmisión intergeneracional de saberes. No obstante, la ganadería convencional enfrenta desafíos críticos como la pérdida de biodiversidad, la degradación del suelo, la contaminación hídrica, el uso intensivo de agroquímicos y las emisiones de gases de efecto invernadero derivadas del estiércol y la fermentación entérica. Tales retos evidencian la necesidad urgente de integrar saberes ancestrales y conocimiento científico como base para sistemas ganaderos resilientes. La incorporación de ambas dimensiones ofrece una oportunidad estratégica para mejorar la gestión de predios, reducir impactos ambientales y promover modelos productivos sostenibles. Este enfoque fortalece la seguridad alimentaria, preserva los recursos naturales y revaloriza el patrimonio cultural vinculado a la ganadería, constituyéndose como un modelo replicable en contextos de alta diversidad ecológica y cultural.

Palabras clave: *Ganadería sostenible, prácticas ancestrales, sistemas productivos, conocimiento local, biodiversidad*

ABSTRACT

Livestock farming in Ecuador presents a significant diversity of production systems, determined by varied ecological conditions and the deep cultural heritage of rural communities. Within this framework, ancestral practices constitute a strategic resource, integrating management techniques adapted to climate variability, sustainable land use, and biodiversity conservation. This knowledge represents a key foundation for strengthening livestock production and moving toward sustainable and environmentally responsible systems. Preliminary findings show that, in various regions of the country, producers apply knowledge passed down from generation to generation. These practices include adaptive pasture management, empirical livestock selection, the use of local forage resources, and the synchronization of production cycles with climatic and cultural patterns. These strategies not only optimize productivity but also strengthen community cohesion and the intergenerational transmission of knowledge. However, conventional livestock farming faces critical challenges such as biodiversity loss, soil degradation, water pollution, intensive use of agrochemicals, and greenhouse gas emissions from manure and enteric fermentation. These challenges highlight the urgent need to integrate ancestral knowledge and scientific knowledge as a basis for resilient livestock farming systems. Incorporating both dimensions offers a strategic opportunity to improve farm management, reduce environmental impacts, and promote sustainable production models. This approach strengthens food security, preserves natural resources, and enhances the cultural heritage linked to livestock farming, establishing itself as a replicable model in contexts of high ecological and cultural diversity.

Keywords: *Sustainable livestock farming, ancestral practices, production systems, local knowledge, biodiversity*





IP-49. Proyección de trabajo de la Unidad Básica de Producción Cooperativa (UBPC) Frank País García para alcanzar la diversificación de la producción agropecuaria

Projection of work of the Frank País García Basic Cooperative Production Unit (UBPC) to achieve the diversification of agricultural production

C. Perán Alfonso[1]; J. A. González Paumier[2]; O. Caballero Fournier[2] y B de la C. Acuña Serrano[3]*

[1]UBPC Frank País García, Municipio Manuel Tames, Guantánamo, Cuba, [2] Asociación Cubana de Producción Animal (ACPA) Filial Guantánamo, Cuba, [3] Delegación Provincial MINAG, Guantánamo, Cuba

[*]Correspondencia a: baby68gtmo@gmail.com

RESUMEN

La proyección de trabajo de la UBPC para lograr la diversificación de la producción agropecuaria se visualizó con la estrategia para el fortalecimiento de la base productiva de conjunto con su junta directiva con el objetivo de aumentar la producción de alimento y su sostenibilidad en el tiempo con base agroecológica. Se realizó en la UBPC Frank País García del Municipio Manuel Tames de la provincia Guantánamo, tomando como base el año 2021, la misma estaba en fase de extinción, visualizando toda la estrategia para el fortalecimiento de la base productiva unido a su junta directiva, con acciones de capacitación con el método *aprendiendo-haciendo* y la diversificación de la producción agropecuaria en ecosistema frágil con incremento en la crianza de ganado menor, siembra y producción de los cultivos varios, ejecutando un trabajo sistemático en la protección y conservación del medio ambiente. A partir de la recuperación de áreas con el uso de barrera vivas y muertas, siembras en contorno, policultivos, uso de materia orgánica y fomento de la base alimentaria, logrando la diversificación-integración-autosuficiencia y acciones que han permitido resaltar resultados técnicos-productivos-sociales con talleres de sistematización de la estrategia elaborada, alcanzando impacto económico-social-productivo con la creación del módulo pecuario con más de 200 animales, incremento de cultivos con siembra diversificada: viandas, granos, hortalizas, frutales, esto permitió las ventas a trabajadores, familiares, comunidad y unidades de consumo social. La producción diversificada con la aplicación de técnicas agroecológicas es una alternativa ventajosa para la producción de alimentos con mejores rendimientos y bajos costos para el autoabastecimiento, desarrollo local para alcanzar la soberanía alimentaria en un ecosistema frágil.

Palabras clave: *integración, autosuficiencia, modulo pecuario, ecosistema frágil, UBPC*

ABSTRACT

The UBPC's work projection to achieve the diversification of agricultural production was visualized with the strategy for strengthening the productive base together with its board of directors with the objective of increasing food production and its sustainability over time based on agroecology. It was carried out at the Frank País García UBPC in the Manuel Tames Municipality of the Guantánamo Province, taking the year 2021 as a base, which was in the extinction phase, visualizing the entire strategy to strengthen the productive base together with its board of directors, with training actions using the learn-by-doing method and the diversification of agricultural production in a fragile ecosystem with an increase in the raising of small livestock, planting and production of various crops, carrying out systematic work in the protection and conservation of the environment. Through the recovery of areas with the use of living and dead barriers, contour planting, polycultures, use of organic matter and promotion of the food base, achieving diversification-integration-self-sufficiency and actions that have allowed to highlight technical-productive-social results with workshops for systematizing the developed strategy, achieving economic-social-productive impact with the creation of the livestock module with more than 200 animals, increasing crops with diversified planting: root vegetables, grains, vegetables, fruit trees, this allowed sales to workers, family members, the community and social consumption units. Diversified production with the application of agroecological techniques is an advantageous alternative for food production with better yields and low costs for self-sufficiency, local development to achieve food sovereignty in a fragile ecosystem.

Keywords: *integration, self-sufficiency, livestock module, fragile ecosystem, UBPC*

DESARROLLO

El trabajo se realizó en la Unidad Básica de Producción Cooperativa (UBPC) Frank País García del Municipio Manuel Tames de la Provincia Guantánamo, tomando como base el año 2021 donde la cooperativa estaba en fase de extinción con un nivel de desmotivación de los trabajadores e incumplimiento de los principales indicadores, además de la fuerte presión de productores aledaños para adquirir sus mejores tierras. Se trabajó en la visualización de una estrategia para el fortalecimiento de la base productiva de conjunto con la junta directiva, con acciones de capacitación con el método *aprendiendo-haciendo*. Teniendo en cuenta la misión y visión de la cooperativa se estableció una proyección de trabajo a corto, mediano y largo plazo, creando las condiciones para lograr la diversificación-integración-autosuficiencia. Para ello se realizaron talleres de sistematización, entre otras acciones.

RESULTADOS

Con las acciones realizadas se logró la diversificación de las producciones agropecuarias en un ecosistema frágil con incremento en la crianza de ganado menor, siembra y producción de los cultivos varios, ejecutando un trabajo sistemático en la protección, conservación del medio ambiente a partir de recuperación de áreas con el uso de barrera vivas y muertas, siembras en contorno, asociaciones de cultivos, aplicación de materia orgánica y fomento de la base alimentaria logrando la diversificación-integración-autosuficiencia y otras acciones que han permitido resaltar resultados técnicos-productivos -sociales con talleres de sistematización de la estrategia elaborada, alcanzando impactos con la creación del módulo pecuario (vacuno, aves, conejos, ovinos, caprinos y un coto porcino), con más de 200 animales, además del incremento de cultivos con la siembra diversificada de tomate, lechuga, boniato, yuca, ñame, malanga, maíz, maní, entre otros, lo que permitió las ventas a trabajadores, familiares, comunidad y unidades de consumo social (hogar materno municipal, círculos infantiles y Sistema de Atención a las Familias).

Teniendo en cuenta el trabajo realizado a nivel de cooperativa, la junta directiva tomó la iniciativa de realizar una sistematización, evaluar las acciones de trabajo ejecutadas en un periodo, hacer un alto para comprender nuestras prácticas y construir una teoría de la realidad del medio rural, utilizando algunas herramientas metodológicas para recuperar el proceso vivido como el abordaje desde la perspectiva histórica en trabajo grupal con acompañamiento de la comunidad.

La siguiente tabla muestra los indicadores productivos tomando como base el año 2021 donde la cooperativa estaba en fase de extinción con un nivel de desmotivación de los trabajadores e incumplimiento de los principales indicadores y con el desarrollo de la estrategia de la cooperativa hasta el 2024 se lograron estos resultados, siendo un punto de partida para alcanzar en el 2027 la soberanía alimentaria y nutricional.

Tabla 1. *Indicadores productivos de la cooperativa.*

Indicadores	UM	2021			2024		
		Plan	Real	%	Plan	Real	%
Carne vacuna	t	1.2	1.3	108	5.6	4.4	78
Leche vacuna	ML	7.5	6.8	90	13.4	16.5	123
Huevos	U	-	-	-	-	3500.0	-
Carne porcina	t	-	-	-	2.5	2.5	100
Carne ovino/caprino	t	-	-	-	1.8	1.8	100
Viandas	t	10.2	10.5	102	92.6	94.5	102
Granos	t	6.1	5.8	95	12.7	13.1	103
Hortalizas	t	3.1	3.1	100	17.9	21.3	119
Cítrico	t	1.8	1.6	95	3.0	4.1	137
Frutales	t	45.6	55.3	121	148.8	150.1	101
Producción de leña	m^3	-	-	-	-	60.0	-
Producción de miel	t	-	0.12			12.8	

CONCLUSIONES

El trabajo integrado de la junta y sus cooperativistas permitió la estabilidad de los resultados alcanzados.

La producción diversificada con la aplicación de técnicas agroecológicas es una alternativa ventajosa para la producción de alimentos con mejores rendimientos y bajos costos para el autoabastecimiento, desarrollo local para alcanzar la soberanía alimentaria en un ecosistema frágil.

Se logró con los resultados insertar a los actores de la comunidad e identificarse con el desarrollo de la cooperativa, siendo partícipe en diferentes acciones para la transformación y apoyo a la seguridad alimentaria.



IP-50. Transformación de finca familiar biodiversificada en escenario educacional

Transformation of a biodiversified family farm into an educational setting

O. Orta Dorta[1]; K. Hidalgo Salomón[2]; Y. Vega Reyes[2]; Y. Ayala Galindo[2] y M. Méndez Mendoza[2]*

[1]CCS Porfirio Álvarez Báez, Textilera, municipio Güines, Mayabeque, Cuba

[2]Instituto de Ciencia Animal, Carretera Central km 47 ½, San José de las Lajas, Mayabeque

[*]Correspondencia a: khsalomon@gmail.com

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue diseñar una propuesta para la conversión de la Finca Familiar Diversificada "Finca Ayala", perteneciente a la CCS "Porfirio Álvarez Báez" de la ANAP en Güines, Mayabeque, en Unidad Docente Agropecuaria. Esta tiene un área de 67 ha. y se dedica a la producción diversificada de cultivos, frutales, semillas y animales. Se realizó un diagnóstico de su funcionalidad y las fuentes de información primaria fueron la observación estructurada, entrevistas semiestructuradas y la aplicación de encuestas de interés para la investigación. Se determinó que las áreas agrícolas mantienen condiciones favorables para la implementación de prácticas agroecológicas y el uso de suelo a que se dedica fundamentalmente, existe un incremento de la biodiversidad en especies vegetales como animales. Se comercializan las producciones de toros de ceba, ovinos, cerdos, miel de abejas, así como, las de cultivos varios y frutales. Además, se aplican las bases para la implantación de programas de Manejo Integrado de Plagas y se implementan de los diferentes subprogramas de Agricultura Suburbana. Se relacionó cada indicador del diagnóstico con las condiciones que se requieren para la creación de una Unidad Docente Agropecuaria y así se conformó la propuesta diseñada que se establece como un procedimiento de trabajo que permitió su conversión.

Palabras clave: *conversión, diversificada, funcionalidad, docente*

ABSTRACT

The objective of this work was to design a proposal for the conversion of the Diversified Family Farm "Finca Ayala," belonging to the "Porfirio Álvarez Báez" CCS of the ANAP in Güines, Mayabeque, into an Agricultural Teaching Unit. The farm covers an area of 67 hectares and is dedicated to the diversified production of crops, fruit trees, seeds, and livestock. A diagnostic of its functionality was conducted, using structured observation, semi-structured interviews, and surveys relevant to the research as primary sources of information. It was determined that the agricultural areas maintain favorable conditions for the implementation of agroecological practices and, given the land use to which it is primarily dedicated, there is an increase in biodiversity in both plant and animal species. Production of fattening bulls, sheep, pigs, honey, as well as various crops and fruit trees are marketed. In addition, the foundations for the implementation of Integrated Pest Management programs and the implementation of the various Suburban Agriculture subprograms are applied. Each diagnostic indicator was linked to the conditions required for the creation of an Agricultural Teaching Unit, and thus the designed proposal was formed, which is established as a working procedure that allowed for its conversion.

Key words: conversion, diversified, functionality, teaching

DESARROLLO

La experiencia cubana ha demostrado que la adopción de tecnologías agroecológicas en las comunidades rurales puede reportar beneficios productivos, y a la vez conservar los recursos naturales. Este tipo de tecnologías deben caracterizan las Unidades Docentes Agropecuarias, por tal razón, el objetivo del presente trabajo fue diseñar una propuesta para la conversión en Unidad Docente Agropecuaria a la Finca Familiar Diversificada "Finca Ayala", como escenario del Instituto de Ciencia Animal, para lograr una mayor integración de los componentes del sistema, de manera tal que, a través de la intervención de los estudiantes aumente la eficiencia biológica general, se mantenga la capacidad productiva y autosuficiente del agroecosistema.

Para ello, se trabajó con un grupo multidisciplinario conformado por investigadores, profesores y estudiantes del Instituto de Ciencia Animal, Instituto Nacional de Ciencia Agrícola y Universidad Agraria de la Habana. La propuesta se conformó con la línea de base elaborada a partir de los datos y documentos generados por la aplicación de métodos y técnicas de investigación y por los resultados del diagnóstico realizado a la finca. Se consideró además como temas transversales, la capacitación de los productores y el intercambio de experiencias con otros productores. Se tuvieron en cuenta, los criterios emitidos por los sujetos que intervienen en los procesos, con el fin de minimizar los aspectos negativos detectados y contribuir al mejor desempeño de la finca.

RESULTADOS

El modelo de finca integral estuvo basado en prácticas de conservación y uso sostenible de la biodiversidad. El contraste con los sistemas convencionales y de monocultivo, permitió aprovechar los recursos internos de la finca de forma sostenible al usar principalmente tecnologías de bajo costo y de fácil adopción. Además, estos sistemas permitieron desarrollar y fortalecer los conocimientos y las habilidades de los agricultores, dando especial valor a la mano de obra familiar. Se establecieron procedimientos de trabajo para diagnosticar la finca a través de métodos de investigación con la intervención de los estudiantes. Se elaboró una guía de trabajo para la evaluación y ejecución de acciones y de buenas prácticas agroecológicas durante el proceso de producción, contribuyendo de esta forma a mitigar el impacto negativo que provocan los procesos agrícolas al medioambiente. Se actualizó la ejecución de buenas prácticas, que propició el incremento de los rendimientos de la producción y la mejora de la calidad del medioambiente donde radica la finca, así como su influencia educativa en los futuros profesionales de pre y posgrado.

CONCLUSIONES

De manera general, los resultados demostraron que la intervención de la Ciencia y la Educación en los escenarios productivos pueden contribuir de forma positiva en ambas direcciones. Sin embargo, el verdadero reto es la permanencia y sostenibilidad de la finca, para que el escenario sea un módulo educacional demostrativo de referencia.





IP-51. Impacto de las prácticas agroecológicas en el logro de una producción diversificada y sostenible Finca "El Guayacán"

Impact of agroecological practices on achieving diversified and sustainable production at the "El Guayacán" Farm

M. Rodríguez Guerra[1]; A. Regalado[1] y B de la C. Acuña Serrano[2]*

[1]CCSF. "Enrique Campos Caballeros", La Jabilla, Guantánamo. Cuba

[2]Delegación Provincial de la Agricultura. Carretera a Santiago de Cuba, Km 1.5. Guantánamo, Cuba

[*]Correspondencia a: baby68gtmo@nauta.com.cu

RESUMEN

La entrega de tierra en usufructo llegó precisamente para ampliar las posibilidades productivas en el país y lograr hacer producir aquellas tierras ociosas, que con la preparación y explotación adecuada contribuye de manera muy significativa a aumentar los resultados productivos en la esfera agropecuaria. Con la integración de la familia que participan de forma sistemática en el trabajo de la finca, nos dimos a la tarea de aplicar prácticas agroecológicas para poner en explotación este terreno y poder sembrar diferentes tipos de cultivos y crianza animal, de esta forma lograr una mayor variabilidad de las producciones y una mayor sostenibilidad de la finca. Este trabajo está basado en la transformación de un área ociosa llena de marabú la cual se entregó por la Resolución 300, hoy es una finca agroecológica en una zona con suelo salino, donde hubo la necesidad de proteger el medio ambiente y recursos como el agua, el suelo y mejorar las condiciones sociales de la comunidad. La finca posee un área de 2.10 ha, cultivable 1.5 ha y potrero 0.5 ha. Posee un espejo de agua (canal de desagüe que pasa a un costado de la finca). Los resultados evidencian que con la utilización de las distintas prácticas agroecológicas se obtienen mejores volúmenes de producciones, hay diversificación de la producción, productos sanos, sostenibles, mayor uso de los recursos locales, menor dependencia de los insumos del exterior, lográndose incrementos sostenidos en la producción, la biodiversidad, mayor bienestar de la familia y la comunidad.

Palabras clave: *diversificación, medio ambiente, abonos orgánicos, biodiversidad.*

ABSTRACT

The land grant was specifically designed to expand the country's productive potential and bring idle lands into production. With proper preparation and management, these lands contribute significantly to increasing agricultural production. With the family's systematic involvement in the farm's work, we implemented the following agroecological practices to bring this land into use and allow for the planting of different types of crops and animal husbandry, achieving greater variability in production and greater farm sustainability. This work is based on the transformation of an idle area filled with marabou, which was granted by Resolution 300, into an agroecological farm in an area with saline soil. There was a need to protect the environment and our resources, such as water and soil, and improve the social conditions of the community. The farm has an area of 2.10 hectares, 1.5 hectares of which are cultivable and 0.5 hectares of which are pasture. It has a water mirror (a drainage canal that runs alongside the farm). The results show that the use of different agroecological practices results in higher production volumes, diversified production, and produces healthy, sustainable products, greater use of local resources, and less dependence on external inputs. This results in sustained increases in production, biodiversity, and greater well-being for families and communities.

Key words: *diversification, environment, organic fertilizers, biodiversity*

INTRODUCCIÓN

La finca se encuentra enclavada en el Consejo Popular "La Jabilla" del Municipio Guantánamo de la provincia Guantánamo, con un área de 2.10 ha, cultivable 1.5 ha y potrero 0.5 ha. Posee un espejo de agua (canal de desagüe que pasa a un costado de la finca), el área dedicada a elaborar abonos orgánicos se encuentra en la calle del cultivo del plátano, una nave de cerdo con 20 cabezas, una nave de ovino-caprino con 21 cabezas, un patio de gallina, patos y guanajos, se producen además cultivos varios para la venta al estado, así como otros renglones productivos para el autoconsumo familiar. Un círculo de interés de 14 niños, de ellos 12 niñas y 2 niños y un taller de artesanía con 8 campesinas.

DESARROLLO

Los cultivos fundamentales que se producen en la finca son calabaza, quibombo, habichuela, frijol y plátanos. Además de contar con árboles frutales como guayaba, guanábana, coco, aguacate y limón.

Problemas que presentaba la finca:

- Suelos salinos
- Insuficiencia de materia orgánica
- Suelos pedregosos con baja fertilidad
- Nula biodiversidad
- Escasez de agua y terreno lleno de malezas (Marabú)

A continuación se relacionan algunas prácticas agroecológicas más utilizadas en la finca, estas conllevaron a obtener buen rendimiento y conservación del medio ambiente:

- Reforestación
- Cortinas rompevientos
- Asociaciones de cultivos
- Mínima labranza
- Rotaciones de cultivos
- Policultivos
- Producción de alimento animal
- Compost
- Empleo de tracción animal
- Construcción de barreras vivas
- Incorporación de residuos de cosechas
- Abonos Orgánicos
- Construcción de cercas vivas
- Uso de plantas repelentes (Árbol Nim)
- Diversificación de cultivos y animales

Se propusieron las siguientes tareas:

- Dar tratamiento a la tierra entregada y convertirla en un suelo fértil, a través de las diferentes practicas agroecológicas.
- Hacer una mejor utilización del suelo mediante las rotaciones de cultivos así como policultivos.
- Trasmitir a la nueva generación los conocimientos necesarios para la conservación del medio ambiente. Con la creación del circulo de interés "Las semillitas del futuro".
- Utilización y reciclaje de algunos materiales en la confección de objetos de valor mediante la creación del Taller de Artesanía integrado por las esposas de campesinos de la comunidad.
- Poner al descubierto la aplicación de Equidad de Género, el papel de la mujer como protagonista en la sociedad y más en el sector campesino.

Beneficios Económicos:

- Obtención de un suelo más fértil y mejor estructurado mediante la aplicación de los abonos orgánicos y otras prácticas agroecológicas (minimización de gastos).
- Obtención de una mayor producción así como diversificación en la obtención de las producciones (obtención de mayores ingresos para el bienestar familiar).
- Reducción de gasto de combustible, compras de fertilizantes y otros productos ya que se producen en la misma finca (abonos orgánicos y medios biológicos).

Beneficios Sociales:

Creación de una fuente de empleo para las esposas e hijas de los campesinos y otras mujeres de la comunidad. Mayor vinculación del sector de educación, mejora de la relación de trabajo con la creación del círculo de interés "Semillitas del Futuro" donde está integrado por hijos de campesinos y campesinas de la Comunidad.

Beneficios Ambientales:

Mejora del suelo y protección del mismo mediante diferentes prácticas agroecológicas. Utilización de medios biológicos contra las plagas y enfermedades en los cultivos.

CONCLUSIONES

Los resultados evidencian que con la utilización de las distintas prácticas agroecológicas durante todo el periodo se obtienen altos volúmenes de producciones, hay diversificación de la producción, se obtienen productos sanos, sostenibles, hay un mayor uso de los recursos locales, una menor dependencia de los insumos del exterior, lográndose incrementos sostenidos en la producción, la biodiversidad, mayor bienestar de la familia y la comunidad.



IP-52. Manejo sostenible en la finca agroecológica ”La Ofelia” del municipio San Antonio del Sur en Guantánamo

Sustainable management on the agroecological farm "La Ofelia" in the municipality of San Antonio del Sur in Guantánamo

R. Cobas Durand[1]; B de la C. Acuña Serrano[2] y A. Asencio Fournier[2]*

[1]CCSF Mariana Grajales, Valle de Caujerí, Municipio San Antonio del Sur, Guantánamo, Cuba

[2]Delegación Provincial de la Agricultura, Guantánamo, Cuba

Carretera a Santiago de Cuba, Km 1.5. Guantánamo, Cuba

[*]Correspondencia a: baby68gtmo@gmail.com

RESUMEN

El trabajo se realizó en la finca agroecológica "La Ofelia", CCSF Mariana Grajales, Valle de Caujerí, Municipio San Antonio del Sur provincia Guantánamo. La sostenibilidad se basa en el principio de asegurar las necesidades del presente sin comprometer las necesidades de las generaciones futuras, siempre sin renunciar a la protección del medioambiente, el crecimiento económico y el desarrollo social. En los momentos actuales la producción de alimentos se ha convertido en uno de los principales problemas a resolver de forma rápida, para satisfacer las crecientes necesidades de los trabajadores, su familia y población en general. En la finca se trabaja en dos sistemas de producción: agroforestal (AF) este predomina en la mayor parte de la finca, todos los cultivos están asociados a los árboles de coco y palmiche y agrosilvopastoril (ASP) en dos zonas del área dedicadas a los frutales del mango y guayaba netamente donde se pastorean los ovejos y cerdos. Se obtuvo como resultado la aplicación de una agricultura orgánica (no química), combinada (policultivos), natural (conservacionista), agroecológica (enfoque más integral), agroforestal (agricultura en base a árboles), con un manejo y uso del suelo adecuado. La aplicación de técnicas agrícolas basadas en principios agroecológicos favorece el desarrollo de la biodiversidad de plantas mejorando la conservación del suelo al mantenerlo cubierto y alcanzar una agricultura diversificada y sostenible.

Palabras clave: *agroforestal (AF), agrosilvopastoril (ASP), sistemas de producción*

ABSTRACT

The work was carried out on the "La Ofelia" agroecological farm, CCSF Mariana Grajales, Caujerí Valley, San Antonio del Sur Municipality, Guantánamo Province. Sustainability is based on the principle of meeting the needs of the present without compromising the needs of future generations, while always ensuring environmental protection, economic growth, and social development. Currently, food production has become one of the main problems requiring rapid resolution to meet the growing needs of workers, their families, and the general population. The farm operates using two production systems: agroforestry (AF), which predominates in most of the farm, with all crops associated with coconut and palm nut trees, and agrosilvopastoral (ASP), which is present in two areas of the farm dedicated to mango and guava fruit trees, where sheep and pigs graze. The result is the application of organic (non-chemical), combined (polyculture), natural (conservationist), agroecological (a more holistic approach), agroforestry (tree-based agriculture), and land management and use. The application of agricultural techniques based on agroecological principles favors the development of plant biodiversity, improving soil conservation by keeping it covered and achieving diversified and sustainable agriculture.

Keywords: *agroforestry (AF), agrosilvopastoral (ASP), production systems*

DESARROLLO

El trabajo se realizó en la finca agroecológica "La Ofelia", del Consejo Popular Mariana Grajales, Valle de Caujerí, Municipio San Antonio del Sur de la provincia de Guantánamo. La misma posee un área de 8,5 ha (guayaba, mango, plátano, cultivos varios, coco, soya, sorgo, caña, ateje blanco, palmiche, mapen, King grass, Tithonia, espejo de agua y corrales porcinos), donde se ejecutan dos sistemas de producción (Agroforestal y Agrosilvopastoril).

RESULTADOS

Sistemas de producción ejecutados

Sistema agroforestal (SAF): permite incrementar o mantener la producción y la productividad de los sistemas agrícolas, reducir los insumos y, en consecuencia los costos de producción, así como diversificar la producción mediante el aprovechamiento de los árboles y otras especies leñosas, este predomina en la mayor parte de la finca ya que, todos los cultivos están asociados a los árboles de coco y palmiche, beneficiando positivamente la dieta familiar y la generación de ingresos.

Sistemas agrosilvopastoril (SASP): Se refieren al manejo integrado del conjunto de procesos productivos al interior de la finca, así como a las prácticas de conservación relacionadas con el aprovechamiento de los recursos naturales. Este se aplica a dos zonas del área dedicada a los frutales del mango y la guayaba netamente dentro de los cuales se pastorean los ovejos y cerdos**,** siendo estrategias de producción que integran distintos componentes en la búsqueda de mejorar el uso del suelo, la productividad y la sostenibilidad económica, ambiental y social.

Se alcanzaron los objetivos que perseguimos con la ejecución de estos sistemas: **c**onversión de un sistema forestal en agroforestal, preservar la biodiversidad, conservar o propiciar un microclima, diversificación de la producción, aumentar la productividad animal y vegetal, integrar la producción forestal con la producción agropecuaria, mitigar los efectos perjudiciales del sol, el viento y la lluvia sobre el suelo, regular la escorrentía y minimizar las pérdidas de suelo, tener solvencia tanto en la época de lluvia como en la seca, aplicación de materia orgánica y su influencia sobre el suelo, la práctica adecuada en la preparación del suelo contribuyó a incrementar la diversidad de plantas y a una mejora notable en la calidad de la biomasa para la alimentación de los cerdos.

Ventajas de los sistemas

Agroforestales (AF): producción de una gran variedad de productos para la venta y autoconsumo, flujo de ingresos estable y sostenido a través del tiempo, menor riesgo para los agricultores con poco capital, mantenimiento de la fertilidad natural del suelo debido al incremento de la materia orgánica y mejoramiento de las propiedades físicas del suelo.
Agrosilvopastoriles (ASP): integrado por árboles, cultivos, agricultura y ganadería, se intercala la producción agrícola con el pastoreo, mejora la seguridad alimentaria y el ingreso del productor.

Con la ejecución de los sistemas anteriormente expuesto podemos afirmar que la agricultura en nuestra finca es: agricultura orgánica (no química), combinada (policultivos), natural (conservacionista), agroecológica (enfoque más integral) y agroforestal (agricultura en base a árboles).

Prácticas de una agricultura sostenible: rotación de cultivos bajo cubierta para evitar la erosión, reponer los nutrientes en el suelo, uso eficiente del agua y disminución de la necesidad de herbicidas.

Manejo y uso del suelo: la mejor manera de alimentar y proteger el suelo es aplicar regularmente materia orgánica o compost y mantenerlo cubierto con plantas, asegurando su adecuada nutrición y protección para garantizar cosechas beneficiosas para la alimentación de la familia y la generación de ingresos.

Acciones contra la erosión: siembra perpendicular a la pendiente o en contorno, establecimiento de barreras vivas, uso de cultivos protectores de cobertura, aplicaciones de materia orgánica, cortinas rompevientos, labranza mínima, combinaciones de siembras en asociaciones beneficiosas para proteger el suelo.

Terrazas planas: las barreras tanto vivas como muertas se han convertido en unas de las prácticas de conservación del suelo de esta finca, teniendo en cuenta los desniveles pronunciados de la topografía del terreno, donde las especies arbóreas principalmente frutales tales como Mango, Guayaba, Aguacate, Guanábana, Anón de ojo y otros se han colocados en varios estratos conformando verdaderas barreras. Se asociaron varias especies teniendo en consideración su comportamiento y productividad. Uno de los objetivos es contribuir en el tiempo a la formación de terrazas planas con las consideraciones favorables para los cultivos temporales y anuales. Además se controla la erosión del suelo al contener el arrastre de la capa vegetal que se produce por el efecto del agua lluvia, favoreciendo de este modo la retención de la humedad en el suelo. Todo lo cual permite incrementar la productividad y mantener la sostenibilidad de esta finca.

CONCLUSIONES

La aplicación de técnicas agrícolas basadas en principios agroecológicos favorece el desarrollo de la biodiversidad de plantas mejorando la conservación del suelo al mantenerlo cubierto y alcanzar una agricultura diversificada y sostenible.





IP-53. Resultados productivos en cerdas en un sistema de producción mixto en la CCSF Lino de las Mercedes Álvarez. Municipio Niceto Pérez, Guantánamo

Productive results in sows in a mixed production system at the Lino de las Mercedes Álvarez CCSF, Niceto Pérez Municipality, Guantánamo

A. de la Cruz González[1*] *y A. Asencio Fournier*[2]

[1]CCSF "Lino de las Mercedes Álvarez". Municipio Niceto Pérez. Guantánamo

[2]Delegación Territorial de la Agricultura. Carretera a Santiago de Cuba Km 1.5, Guantánamo. Cuba

[*]Correspondencia a: alexaasencioacuna@gmail.com

RESUMEN

Las grandes dificultades por las que atraviesa el país para garantizar las importaciones estables de materias primas para producir alimentos concentrados limitan considerablemente la producción de carne. El municipio Niceto Pérez es montañoso, donde las posibilidades de siembra de cultivos como la soya, sorgo y girasol son escasas, casi nulas, aún más donde está enclavada la finca de referencia. El trabajo se realizó en la CCSF Lino de las Mercedes Álvarez del municipio Niceto Pérez en la Finca del productor Alexeide de la Cruz. Para la realización del mismo se analizó el resultado obtenido en la finca con las reproductoras hibridas (criollas x Yorkshire), las cuales se cruzaron con sementales de la raza Duroc. Se analizó el sistema de manejo, alimentación y los indicadores de reproducción y producción de carne, utilizando el manejo de sistema productivo semi-intensivo (reproducción extensiva y precebas y ceba intensiva estabulada). La alimentación utilizada es salcocho compuesto por alimentos locales (plátano, yuca, boniato, residuos agrícolas), como fuente proteica Moringa y el palmiche como aporte energético, además se adiciona al forraje del árbol del Nim para combatir enfermedades. En los resultados productivos se obtuvo 98% de efectividad con 8.5 crías por parto, viabilidad de 92%, se obtuvo una producción de 3.2 t de carne con la utilización de alimentos alternativos. Se concluye que el uso de alimentos locales constituye una alternativa sostenible con bajos insumos para la producción de carne de cerdo a pequeña escala en condiciones de montaña.

Palabras clave: *alimentos locales, viabilidad, efectividad, crías por parto*

ABSTRACT

The country's significant difficulties in ensuring stable imports of raw materials for producing concentrated feed significantly limit meat production. The Niceto Pérez municipality is mountainous, where the planting possibilities for crops such as soybeans, sorghum, and sunflowers are scarce, almost nonexistent, even more so where the reference farm is located. The work was carried out at the Lino de las Mercedes Álvarez CCSF in the Niceto Pérez municipality on the farm of producer Alexeide de la Cruz. To carry it out, the results obtained on the farm with hybrid breeding sows (criollo x Yorkshire), which were crossed with Duroc breed stallions, were analyzed. The management system, feeding and reproduction and meat production indicators were analyzed, using a semi-intensive production system (extensive reproduction and pre-fattening and intensive fattening in stalls. The feed used is salcocho composed of local foods (plantain, cassava, sweet potato, agricultural waste) as a protein source (Moringa) and palm kernel as an energy source, in addition to adding neem tree forage to combat diseases. In the productive results, 98% effectiveness was obtained with 8.5 pups per delivery, viability of 92%, obtaining a production of 3.2 t of meat with the use of alternative feeds. It is concluded that the use of local feedstocks constitutes a sustainable, low-input alternative for small-scale pork production in mountain conditions.

Keywords: *local foods, viability, effectiveness, offspring per birth*

INTRODUCCIÓN

El trabajo se realizó en la CCSF Lino de las Mercedes Álvarez del municipio Niceto Pérez en la Finca del productor Alexeide de la Cruz. Para la realización del mismo se analizó el resultado obtenido en la finca con las reproductoras hibridas (criollas x Yorkshire), las cuales se cruzaron con sementales de la raza Duroc. Se analizó el sistema de manejo, alimentación y los indicadores de reproducción y producción de carne, utilizando un manejo de sistema productivo semi-intensivo (reproducción extensiva y precebas y ceba intensiva estabulada. La alimentación utilizada fue salcocho compuesto por alimentos locales (plátano, yuca, boniato, residuos agrícolas), como fuente proteica moringa y el palmiche como aporte energético, además se adiciona al forraje árbol del Nim para combatir enfermedades.

DESARROLLO

La definición de las estrategias más adecuadas para la producción de carne de cerdo en zonas montañosas y los recursos disponibles es una problemática compleja y difícil, actualmente una premisa fundamental es la utilización de alimentos locales como la yuca, plátano burro, boniato, palmiche y plantas proteicas forrajeras (moringa y tithonia).

Ventajas de los cultivos utilizados en la alimentación

- Yuca: permite reducir los niveles de sustancias anti nutricionales y permite combinar la fuente de energía de la raíz con la proteína de las hojas, además de una alta producción de biomasa presenta la ventaja de su adaptación a diferentes condiciones ambientales y su resistencia al estrés.
- Plátano: constituye una buena fuente de alimentación para el cerdo y se lo puede utilizar sin ninguna restricción en todo el ciclo de su vida, aporta energía, favorece la digestión, y el buen funcionamiento del metabolismo.
- Boniato: es muy palatable y digestible.
- Palmiche: como fuente de energía es alrededor del 85%, teniendo una digestibilidad de la materia seca del 58.9% y de la fibra 50.7% siendo una excelente fuente nacional de energía que se obtiene con bajos costos que sustituye una parte importante de los cereales importados.
- Moringa: es considerada como una fuente de proteína con bajo costo de producción y alto valor nutricional.

Estos resultados obedecen al manejo de las reproductoras en sistema extensivo y desde el destete de las crías a los 40 días hasta la ceba final en sistema intensivo, la ceba con 240 días de edad con un peso de 91.0 kg. Otro elemento importante es que el destete se realiza por camada de hermanos.

Tabla 1. *Comportamiento de los indicadores reproductivos y productivos.*

Indicadores	UM	Cantidad
Existencia promedio de reproductoras	Cabezas	8
Efectividad de la monta	%	98.0
Crías por parto	Uno	8.5
Viabilidad	%	92
Peso crías al destete (40 días)	kg	10
Peso final precebas	kg	18.0
Peso final ceba	kg	91.0
Ganancia media diaria GMD en ceba	gramos	304
Producción de carne acumulada	t	3.2

CONCLUSIONES

El uso de alimentos locales constituye una alternativa sostenible con bajos insumos para la producción de carne de cerdo a pequeña escala en condiciones de montaña, logrando una producción de carne de 3.2 t (toneladas).



IP-54. Monitoreo del comportamiento bovino como herramienta para la sostenibilidad y resiliencia de los sistemas ganaderos en Camagüey. Estudio prospectivo

M.L. Pérez-Castro Basulto

Delegación Provincial del MINAG, Camagüey

Correspondencia a: maluvet0019@gmail.com

RESUMEN

La ganadería lechera en Camagüey, Cuba, enfrenta desafíos relacionados con la sostenibilidad, la eficiencia productiva y la equidad. Este estudio prospectivo propone un marco metodológico para la aplicación de tecnologías de ganadería de precisión, mediante el uso de collares inteligentes Nedap Smarttag Neck, en cuatro fincas representativas de la provincia. Se monitorearán 200 vacas lecheras, registrando en tiempo real variables clave como tiempo de rumia, alimentación, inactividad y alertas de celo. El análisis de estos datos permitirá identificar patrones de comportamiento, detectar tempranamente problemas de salud y optimizar la eficiencia reproductiva. Se espera que la integración de estos sistemas facilite la toma de decisiones basada en datos, promueva el manejo individualizado, reduzca pérdidas productivas y contribuya a la sostenibilidad ambiental a través de un uso más eficiente de los recursos. Este enfoque innovador busca fortalecer la resiliencia y la equidad en los sistemas ganaderos de Camagüey, sirviendo como modelo para la modernización de la ganadería en contextos similares.

Palabras clave: *equidad, ganadería de precisión, collares inteligentes, vacas lecheras, patrones de comportamiento.*

INTRODUCCIÓN

La ganadería lechera en la provincia de Camagüey enfrenta desafíos importantes relacionados con la sostenibilidad ambiental, la eficiencia productiva y la equidad entre productores. En este contexto, la innovación tecnológica, como la ganadería de precisión basada en collares de monitoreo que registran el comportamiento y celo de las vacas, representa una oportunidad para mejorar la gestión del ganado. Estas tecnologías permiten obtener datos en tiempo real sobre variables clave como el tiempo de rumia, alimentación, inactividad y alertas de celo, que pueden ser utilizados para optimizar la salud animal, la reproducción y el uso eficiente de recursos naturales. Sin embargo, la falta de datos precisos limita la capacidad para implementar estrategias de manejo adaptativo que contribuyan a la sostenibilidad y resiliencia de los sistemas ganaderos, así como a la conservación de los bosques y servicios ecosistémicos asociados.

Además, la provincia de Camagüey, al igual que el resto de Cuba, se caracteriza por la presencia de dos estaciones bien definidas: la temporada de lluvias (de mayo a octubre) y la temporada seca (de noviembre a abril). Esta estacionalidad influye directamente en la disponibilidad y calidad de los forrajes, el manejo del agua y las condiciones de confort animal, factores que impactan en la salud, el comportamiento y la productividad de las vacas lecheras (Alvarez *et al.,* 2015).

Este trabajo propone un esquema para el análisis y aplicación futura de estos datos, con el objetivo de potenciar la innovación tecnológica en la ganadería camagüeyana.

Objetivo

Proponer un marco metodológico y analítico para el uso de datos de monitoreo de comportamiento y celo en vacas lecheras, con el fin de mejorar la sostenibilidad, resiliencia y equidad de los sistemas ganaderos en la provincia de Camagüey, mediante la integración de tecnologías de ganadería de precisión.

Marco teórico y antecedentes

Ganadería de Precisión y Monitoreo en Sistemas Lecheros

La ganadería de precisión es una innovación tecnológica que utiliza sensores y dispositivos inteligentes para monitorear en tiempo real variables fisiológicas y comportamentales del ganado, como el tiempo de rumia, alimentación, inactividad y detección de celo. Esta tecnología permite optimizar la salud, el bienestar y la productividad animal, además de mejorar la eficiencia en el uso de recursos y reducir impactos ambientales (Bewley *et al.,* 2010; Rutten *et al.,* 2013).

El monitoreo del comportamiento animal mediante collares inteligentes ha demostrado ser una herramienta eficaz para la detección temprana de problemas reproductivos y sanitarios, lo que contribuye a mejorar la eficiencia reproductiva y la producción lechera (Bewley *et al.,* 2010). Además, la ganadería de precisión facilita la toma de decisiones basadas en datos objetivos, lo que favorece la sostenibilidad y resiliencia de los sistemas productivos.

Sostenibilidad, Resiliencia y Servicios Ecosistémicos en Ganadería

Los sistemas ganaderos sostenibles buscan equilibrar la producción con la conservación de los recursos naturales y la provisión de servicios ecosistémicos, como la captura de carbono, la conservación del suelo y la biodiversidad (Montes de Oca *et al.,* 2021). En regiones como Camagüey, donde la ganadería convive con ecosistemas boscosos, es fundamental adoptar prácticas que reduzcan la presión sobre estos recursos.

La integración de tecnologías de precisión en sistemas silvopastoriles y ganaderos puede mejorar la eficiencia productiva y al mismo tiempo conservar los servicios ecosistémicos, aumentando la resiliencia frente al cambio climático y promoviendo la equidad entre productores mediante el acceso a herramientas innovadoras (FAO, 2016).

Contexto Cubano: Ganadería y Agricultura de Precisión

En Cuba, la ganadería ha experimentado una transición hacia modelos más sostenibles y tecnificados, con énfasis en el fortalecimiento de cooperativas y la mejora de la productividad lechera y cárnica (FIDA, 2016). La introducción de tecnologías de agricultura y ganadería de precisión es una prioridad para optimizar el uso de recursos y mejorar la seguridad alimentaria.

La agricultura de precisión en Cuba, aunque en etapas iniciales, ha mostrado avances significativos en el uso de tecnologías satelitales, sensores y sistemas de información geográfica para mejorar la producción agropecuaria. En ganadería, centros de investigación como el Centro de Investigaciones para el Mejoramiento Animal de la Ganadería Tropical (CIMAGT) trabajan en la conservación de recursos zoogenéticos y la aplicación de biotecnologías para mejorar la eficiencia reproductiva y productiva (FAO, 2017).

El proyecto internacional "Mejora del potencial de producción de leche de vaca mediante la introducción de un programa de manejo de la salud de los rebaños lecheros en la región centro-oriental de Cuba" llevado a cabo en Camagüey, ha implementado sistemas de ganadería de precisión para monitorear el comportamiento y celo en vacas lecheras, con resultados prometedores para la sostenibilidad y resiliencia del sector.

Este proyecto se enmarca en la colaboración internacional entre la Universidad de Camagüey y el Consejo Interuniversitario Flamenco (Bélgica), que ha permitido implementar por primera vez en Cuba collares Nedap Smarttag Neck para la detección automática de celo y monitoreo del comportamiento en vacas lecheras. Estos dispositivos, instalados en fincas de Jimaguayú, Najasa y Vertientes, representan un avance hacia la ganadería de precisión en la provincia con mayor potencial ganadero del país.

Estacionalidad y manejo ganadero en Camagüey

La marcada estacionalidad del clima en Cuba, y especialmente en la provincia de Camagüey, condiciona de manera significativa la dinámica productiva de los sistemas ganaderos. El clima tropical de la región se caracteriza por dos estaciones bien diferenciadas: una temporada de lluvias (mayo-octubre), que coincide con el mayor crecimiento de los pastizales, y una temporada seca (noviembre-abril), donde decrece la producción de biomasa y se incrementan las limitaciones en la disponibilidad de forraje y agua (Centro del Clima, 2016; Soto *et al*., 2014a). Esta variabilidad estacional obliga a ajustar el manejo del pastizal y la estrategia reproductiva, recomendándose concentrar la mayor parte de los partos durante el periodo lluvioso para sincronizar la curva de lactancia con la máxima oferta de pasto, optimizando así la eficiencia bioeconómica y el uso sostenible de los recursos disponibles. La implementación de modelos de producción lechera estacional, adaptados a estas condiciones, puede contribuir de manera significativa a incrementar los rendimientos productivos y la resiliencia de los sistemas ganaderos en Camagüey, permitiendo una mejor respuesta ante las fluctuaciones ambientales y las restricciones de recursos

Descripción de los indicadores y su importancia

Los datos obtenidos mediante collares inteligentes que registran tiempo de rumia, alimentación, inactividad y alertas de celo son herramientas clave para mejorar la gestión sanitaria, reproductiva y ambiental en sistemas ganaderos. A continuación se detalla cómo cada uno de ellos contribuye a la mejora y sostenibilidad productiva y ambiental.

Tiempo de rumia: es un indicador fundamental del bienestar y la salud digestiva. La rumia consiste en la regurgitación y remasticación rítmica de la digesta ruminal, proceso esencial para la descomposición de las partículas de alimento y su paso eficiente a través del tracto digestivo (Welch, 1982; Schirmann *et al*., 2012). El tiempo de rumia en vacas lecheras oscila entre 493 y 550 minutos diarios (Pahl *et al.,* 2016). Una reducción significativa puede indicar problemas digestivos, estrés o enfermedades subclínicas, permitiendo la detección temprana y la intervención oportuna (Rutten *et al*., 2013; Dellait, 2023). Por lo tanto, detectar estas alteraciones permite intervenir oportunamente, evitando el deterioro de la salud y la consecuente caída de la producción de leche.

Tiempo de alimentación: permite evaluar la ingesta y comportamiento alimentario, fundamental para optimizar la nutrición. Generalmente, el tiempo de alimentación de las vacas oscila entre 181-190 min/día (Crossley *et al.,* 2018). Cambios en el patrón o la duración de la alimentación pueden reflejar problemas en la calidad o disponibilidad del alimento, o bien enfermedades que afectan el apetito (Beauchemin, 2018; Crossley *et al.,* 2018). Monitorear este indicador ayuda a ajustar la dieta y el manejo nutricional para mantener el bienestar y la productividad



Tiempo inactivo: este indicador puede asociarse tanto a periodos de descanso como a posibles problemas de salud o de bienestar si es excesivo. El tiempo inactivo promedio en vacas lecheras es de aproximadamente 9 horas diarias (Ben Meir *et al.,* 2018). Un aumento o disminución inusual puede señalar estados afectivos negativos, aburrimiento, estrés o incluso patologías, lo que permite mejorar las condiciones de manejo y confort animal (Fureix y Meagher, 2015; Hintze *et al.,* 2020).

Alertas de celo: son cruciales para mejorar la eficiencia reproductiva, ya que permiten detectar el momento óptimo para la inseminación. La duración del ciclo estral en vacas es de aproximadamente 21 días, y la detección precisa del estro incrementa las tasas de inseminación y preñez, disminuyendo el intervalo parto-concepción (Baruselli *et al.*, 2018; Bekara y Bareille, 2019; Hafez y Hafez, 2013).

Todo esto traerá como resultado los siguientes aspectos:

1. Ajuste del Manejo y Alimentación

   La información detallada del comportamiento individual permite diseñar planes de manejo personalizados, ajustando la alimentación y el cuidado según las necesidades específicas de cada vaca. Esto evita el uso excesivo o insuficiente de insumos, optimizando la eficiencia productiva y económica.

2. Reducción de Pérdidas Productivas

   Al detectar problemas de salud y reproducción de forma temprana, se minimizan las pérdidas asociadas a bajas en la producción de leche, costos veterinarios elevados y descarte prematuro de animales. Esto contribuye a un sistema ganadero más rentable y sostenible.

3. Optimización del Uso de Recursos y Conservación Ambiental

La mejora en la eficiencia productiva derivada del monitoreo reduce la necesidad de ampliar áreas de pastoreo o de producir más alimento, disminuyendo la presión sobre los recursos naturales como el suelo y el agua. Esto es especialmente importante en regiones como Camagüey, donde la ganadería coexiste con ecosistemas boscosos que proveen servicios ecosistémicos esenciales, como:

- Captura de carbono: La conservación de bosques y pasturas mejora la absorción de CO2, mitigando el cambio climático.
- Regulación hídrica: Los ecosistemas forestales contribuyen a la conservación del agua y la prevención de la erosión.
- Biodiversidad: Mantener áreas boscosas favorece la fauna y flora local, que a su vez sostiene la salud del agroecosistema.

Metodología

Área de Estudio

El presente estudio se desarrollará en cuatro fincas lecheras ubicadas en la provincia de Camagüey, Cuba, seleccionadas por su representatividad en diferentes municipios con potencial ganadero y diversidad en sistemas productivos. Las fincas son:

Finca La Marina (Municipio Jimaguayú): integrante de la CCS Ignacio Agramonte, reconocida por superar los planes de producción de leche y carne en la región. Esta finca cuenta con un área de más de 14.0 ha de silvopastoreo.

Finca La Victoria (Municipio Jimaguayú): pertenece a la CCS Evelio Rodríguez. La finca ha implementado un sistema eficiente de abasto de agua que mejora el bienestar animal y contribuye a la sostenibilidad ambiental. Esta finca cuenta con un área de 26.0 ha de silvopastoreo.

Finca El Maguey (Municipio Najasa): perteneciente a la CCS Carlos Guerras Vives, ubicada en un municipio con tradición ganadera, donde se promueven sistemas silvopastoriles para mejorar la producción y conservación ambiental. Esta finca cuenta con un área de más de 15.0 ha de silvopastoreo.

Finca La Clarita (Municipio Vertientes): perteneciente a la CCS Pedro Martínez Brito. Situada en un municipio con actividad agropecuaria relevante, orientada a la producción lechera y conservación de suelos, acorde con las políticas ganaderas provinciales.

Es importante destacar que el estudio abarcará ambas estaciones climáticas, permitiendo analizar el comportamiento animal y la eficiencia reproductiva bajo condiciones contrastantes de disponibilidad de recursos forrajeros y agua. Esta aproximación permitirá identificar variaciones estacionales en los indicadores monitoreados y ajustar las estrategias de manejo de acuerdo con las particularidades de la temporada de lluvias y la temporada seca.

Población y Muestra

Para el monitoreo se seleccionaron 200 vacas lecheras, distribuidas equitativamente entre las cuatro fincas, con 50 animales por finca. La selección consideró vacas en diferentes etapas productivas para obtener una muestra representativa del comportamiento y estado reproductivo del rebaño.

Instrumentos y Recursos Tecnológicos

Se utilizaron collares inteligentes Nedap Smarttag Neck, dispositivos diseñados para el monitoreo continuo y en tiempo real del comportamiento y salud de las vacas. Cada collar está equipado con sensores de movimiento (acelerómetros 3D) que registran:

- Tiempo dedicado a la alimentación.
- Tiempo de rumia.
- Tiempo inactivo.
- Alertas automáticas de celo mediante algoritmos que detectan patrones característicos del estro.

Los collares transmiten datos mediante radiofrecuencia a antenas receptoras instaladas en las fincas, permitiendo la recopilación y análisis de información en tiempo real. Además, cuentan con memoria interna para almacenar datos cuando el animal está fuera del rango de transmisión, garantizando la integridad de la información.

Procedimiento

1. Instalación de collares: se colocaron los collares en las vacas seleccionadas, asegurando una correcta posición para obtener datos precisos y confiables.
2. Monitoreo continuo: durante el período de estudio, se registrarán las variables de comportamiento y alertas de celo de forma ininterrumpida.
3. Recolección y almacenamiento de datos: la información será transmitida a las estaciones base en cada finca y almacenada en una base de datos para su posterior análisis.
4. Análisis de datos: se realizará un análisis descriptivo para calcular promedios, rangos y variabilidad de las variables por finca y en conjunto. Se compararán los patrones de comportamiento entre fincas y se identificarán posibles anomalías o indicios de problemas de salud o reproducción.
5. Interpretación y aplicación: Los resultados permitirán ajustar planes de manejo y alimentación, así como optimizar la detección de celos para mejorar la eficiencia reproductiva y la sostenibilidad del sistema ganadero.

El monitoreo continuo se realizará durante las dos estaciones climáticas, registrando los datos de comportamiento y reproducción tanto en la temporada de lluvias como en la seca. Esto facilitará la comparación de los patrones observados y la identificación de necesidades específicas de manejo para cada periodo, contribuyendo a la adaptación del sistema ganadero a la variabilidad estacional.

Análisis Estadístico

Se emplearán herramientas estadísticas básicas, como análisis de varianza (ANOVA) para comparar variables entre fincas, y análisis de correlación para explorar relaciones entre comportamiento y alertas de celo. Dada la naturaleza exploratoria del estudio y el tamaño de la muestra, se priorizará la interpretación cualitativa y la identificación de tendencias relevantes para la gestión ganadera.

Para evaluar el efecto de la estacionalidad, se realizará un análisis comparativo de las variables monitoreadas entre la temporada de lluvias y la temporada seca. Se empleará un análisis de varianza (ANOVA) de medidas repetidas para determinar diferencias significativas en los patrones de rumia, alimentación, inactividad y frecuencia de alertas de celo entre ambas estaciones. Además, se explorarán posibles interacciones entre la estacionalidad y las características específicas de cada finca. Los resultados permitirán identificar tendencias estacionales relevantes y proponer recomendaciones de manejo adaptadas a cada periodo climático.

Resultados Esperados

Se espera que la estacionalidad climática influya en los patrones de comportamiento y reproducción de las vacas lecheras. Durante la temporada seca, la reducción en la disponibilidad de forraje y agua podría afectar negativamente el tiempo de alimentación y rumia, así como aumentar los periodos de inactividad. Por el contrario, en la temporada de lluvias se anticipa un comportamiento más activo y una mayor eficiencia reproductiva, aunque pueden incrementarse



los riesgos sanitarios asociados a la humedad. El análisis diferenciado por estación permitirá ajustar las estrategias de manejo y optimizar la toma de decisiones en función del contexto climático.

El uso de los collares inteligentes Nedap Smarttag Neck permite obtener datos precisos y continuos sobre el comportamiento de las vacas lecheras en las cuatro fincas estudiadas. Específicamente, se anticipa:

- Caracterización detallada del comportamiento: identificación de patrones normales y atípicos en tiempos de rumia, alimentación e inactividad, lo que facilitará la detección temprana de posibles problemas de salud.
- Mejora en la detección del celo: las alertas automáticas proporcionadas por los collares permitirán optimizar la inseminación, aumentando la tasa de preñez y reduciendo los intervalos entre partos.
- Diferencias entre fincas: se podrán identificar variaciones en el comportamiento y eficiencia reproductiva relacionadas con las condiciones particulares de cada finca, lo que permitirá ajustar estrategias de manejo específicas.

Contribución a la sostenibilidad: al optimizar el manejo del ganado mediante información precisa, se espera una reducción en el uso excesivo de recursos (alimentos, agua, medicamentos), disminuyendo la presión sobre los ecosistemas locales y promoviendo la conservación de servicios ecosistémicos en Camagüey.

Recomendaciones de política y extensión

Las recomendaciones para impulsar la ganadería de precisión en Cuba se centran en siete ejes clave:

1. Incentivos y financiamiento: establecer líneas de crédito y subsidios para que cooperativas y pequeños productores accedan a tecnologías de monitoreo.
2. Capacitación: Crear programas de formación continua y fincas demostrativas para la enseñanza práctica.
3. Desarrollo tecnológico local: apoyar la investigación para adaptar tecnologías a las condiciones cubanas y promover la fabricación nacional de componentes.
4. Extensión y acompañamiento: fortalecer los servicios de extensión y crear plataformas digitales para soporte técnico e interpretación de datos.
5. Integración de políticas: incluir la ganadería de precisión en los planes de desarrollo agropecuario y sostenibilidad nacionales y provinciales.
6. Equidad y acceso inclusivo: asegurar que pequeños productores, mujeres y jóvenes rurales tengan acceso equitativo a estas tecnologías.
7. Difusión y sensibilización**:** realizar campañas de comunicación y documentar casos de éxito para inspirar su adopción.

Limitaciones

Las limitaciones para implementar la ganadería de precisión en Cuba son múltiples y afectan su efectividad y sostenibilidad. Destacan:

1. Insuficiente base alimentaria y forrajera, con pastos limitados y de baja calidad, agravados por sobrepastoreo y degradación de suelos.
2. Déficit de insumos y recursos tecnológicos, debido a altos costos, escasa disponibilidad de equipos y tecnologías, y falta de infraestructura básica como electricidad y conectividad.
3. Limitaciones en capacitación y extensión, con falta de formación sistemática para interpretar datos y gestionar la producción con estas tecnologías.
4. Restricciones económicas y burocráticas, que dificultan la inversión y la innovación por la crisis económica, trabas legales y centralización.
5. Problemas estructurales y de seguridad, como deterioro de infraestructura, robos y sacrificios ilegales que desincentivan la inversión tecnológica.
6. Cultura tecnológica limitada, pues la ganadería tradicional es extensiva y de subsistencia, lo que requiere un cambio cultural y fortalecimiento técnico.

A pesar de estas barreras, Cuba cuenta con una red científica y experiencias de innovación que pueden apoyar la superación de estos retos para avanzar hacia una ganadería más eficiente y sostenible.

CONCLUSIONES

La implementación de tecnologías de ganadería de precisión, como los collares Nedap Smarttag Neck, representa una herramienta innovadora y eficaz para mejorar la gestión sanitaria, reproductiva y productiva en sistemas ganaderos de la provincia de Camagüey. El monitoreo continuo y detallado del comportamiento de las vacas permitirá:

- Detectar de manera temprana problemas de salud y estrés, mejorando el bienestar animal y reduciendo pérdidas productivas.
- Optimizar la eficiencia reproductiva mediante la identificación precisa del celo, incrementando la rentabilidad y sostenibilidad del sistema.
- Ajustar el manejo y alimentación de forma individualizada, promoviendo un uso racional de los recursos y contribuyendo a la conservación ambiental.

Este enfoque tecnológico, integrado en fincas representativas de diferentes municipios, contribuirá a fortalecer la resiliencia y equidad de los sistemas ganaderos locales, alineándose con los objetivos de sostenibilidad y conservación de los bosques y servicios ecosistémicos en la región.

BIBLIOGRAFÍA

Alvarez, A., et al. (2015). Effect of seasonality on milk production in tropical livestock systems. Cuban Journal of Agricultural Science, 49(2), 145-152.

Baruselli, P. S., *et al.* (2018). Control del ciclo estral y sincronización de la ovulación en bovinos. Revista Brasileira de Reprodução Animal, 42(1), 1-12.

Beauchemin, K. A. (2018). Invited review: Current perspectives on eating and rumination activity in dairy cows. Journal of Dairy Science, 101(6), 4762-4784.

Bekara, M. E., & Bareille, N. (2019). Estrategias reproductivas en ganado bovino lechero. Veterinaria México OA, 6(1), 1-15.

Ben Meir, Y., *et al.* (2018). Inactivity in dairy cows: A systematic review. Applied Animal Behaviour Science, 205, 1-11.

Bewley, J. M., *et al.* (2010). Precision dairy farming: Opportunities, challenges, and considerations. Journal of Dairy Science, 93(4), 1230-1238.

Centro del Clima. (2016). Informe climático nacional.

Crossley, R. E., *et al.* (2018). Eating and rumination behaviour in dairy cows: A review. Animal, 12(2), 419-430.

Dellait, M. (2023). Precision dairy monitoring: Applications and perspectives. Dairy Global, 10(2), 24-29.

FAO. (2016). Ganadería sostenible y servicios ecosistémicos. FAO Knowledge Repository.

FAO. (2017). Recursos zoogenéticos en Cuba. FAO Knowledge Repository.

FIDA. (2016). Desarrollo rural y ganadería en Cuba. Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola.

Fureix, C., & Meagher, R. K. (2015). Inactivity in captive animals: A review. Applied Animal Behaviour Science, 171, 8-24.

Hafez, E. S. E., & Hafez, B. (2013). Reproducción animal. 7ma edición. Editorial Médica Panamericana.

Hintze, S., *et al.* (2020). Inactivity in farm animals: Causes and consequences. Frontiers in Veterinary Science, 7, 1-12.

Montes de Oca, Y., *et al.* (2021). Servicios ecosistémicos y ganadería sostenible en Cuba. Pastos y Forrajes, 44(3), 1-12.

Pahl, C., *et al.* (2016). Rumination activity of dairy cows: Relationships with metabolic and production parameters. Animal, 10(7), 1217-1223.

Rutten, C. J., *et al.* (2013). Sensors to support health management on dairy farms. Journal of Dairy Science, 96(4), 1928-1952.

Schirmann, K., *et al.* (2012). Rumination and feeding behavior of dairy cows: New developments in monitoring and management. Journal of Dairy Science, 95(10), 5810-5823.

Soto, S., Guevara, R., Guevara, G., De Loyola, C. J., Bertot, J. A., Senra, A. F., & Curbelo, L. M. (2014a). Reflexiones acerca de la adopción y extensión de un modelo de producción de leche estacional en Camagüey, Cuba. *Pastos y Forrajes*, 37(1), 1-13

Welch, J. G. (1982). Rumination, particle size and passage from the rumen. Journal of Animal Science, 54(4), 885-894.



IP-55. Sistematización de experiencias en la UBPC Frank País García del Municipio Manuel Tames Provincia Guantánamo

Systematization of experiences at the Frank País García UBPC in the Manuel Tames Municipality, Guantánamo Province

O. Caballero Fournier[1]; C. Perán Alfonso[2]; Y. Brooks Lescaille[1]; J. A. González Paumier[2] y B. de la C. Acuña Serrano[3]*

[1]UBPC Frank País García, Municipio Manuel Tames, Guantánamo, Cuba

[2]Asociación Cubana de Producción Animal (ACPA) Filial Guantánamo, Cuba

[3]Delegación Provincial MINAG. Calle Carlos Manuel, esquina Aguilera No. 852. Guantánamo, Cuba

[*]Correspondencia a: odalyscaballerofournier@gmail.com

RESUMEN

La sistematización es un esfuerzo intencional para comprender nuestra práctica y transformarla, esto significa comprender qué se hizo, cómo se llevó a cabo, entender las distintas etapas del proceso, los elementos determinantes y por qué se produjeron, por qué se dio una experiencia o la práctica de esa manera y no de otra. El trabajo se realizó en la UBPC Frank País García del municipio Manuel Tames provincia Guantánamo, mediante la obtención de información primaria, entrevistas informales abiertas, en taller participativo con equidad de género, invitando los diferentes actores de la comunidad, con el método aprender - haciendo, privilegiando los espacios de construcción colectiva y de trabajo grupal, para el desarrollo de habilidades y destrezas para sistematizar una experiencia de la estrategia en la UBPC, se utilizaron algunas herramientas metodológicas para sistematizar buenas y malas prácticas en su radio de acción, espacio que permitió mirar su propia experiencia, generar conocimientos en busca de mejorar el quehacer cotidiano,en el campo de la educación popular y de trabajo en procesos sociales. Se precisaron los resultados del trabajo grupal con la recuperación del proceso vivido utilizando las herramientas: abordajes desde la perspectiva sociológica, se evaluaron 30 actores ejerciendo mayor influencia en la cooperativa: ACPA, Proyecto Cuba Sí, Banco, Comunidad, Delegado circunscripción, Delegación MINAG y menor influencia: ACTAF y CTC e histórica se evaluaron indicadores productivos, salario medio, ventas e ingresos trimestrales en 2024. El análisis de la experiencia permitió a los cooperativistas y actores participantes la integración y conexión entre ellos, sólo así se logra el éxito.

Palabras clave: *cooperativa, actores, trabajo grupal, visualización*

ABSTRACT

Systematization is an intentional effort to understand and transform our practice. This means understanding what was done, how it was carried out, the different stages of the process, the determining elements and why they occurred, and why an experience or practice occurred one way and not another. The work was carried out at the Frank País García UBPC in the Manuel Tames Municipality, Guantánamo Province, through obtaining primary information, open informal interviews, in a participatory workshop with gender equity, inviting different actors from the community, with the method (learning - doing), privileging the spaces of collective construction and group work, for the development of skills and abilities to systematize an experience of the strategy in the UBPC, using some methodological tools to systematize good and bad practices in its radius of action, space that allowed to look at its own experience generate knowledge in search of improving daily work, in the field of popular education and work in social processes. Specifying the results of the group work with the recovery of the process experienced using the tools: approaches from the sociological perspective, 30 actors exercising greater influence in the cooperative were evaluated (ACPA, Cuba Sí Project, Bank, Community, District Delegate, MINAG Delegation) and lesser influence (ACTAF and CTC) and historical productive indicators, average salary, sales and income were evaluated quarterly in 2024. The analysis of the experience allowed the cooperators and participating actors because integration and relationships are necessary, only in this way can success be achieved.

Keywords: *cooperative, actors, group work, visualization*

DESARROLLO

El trabajo se realizó en la UBPC Frank País García del municipio Manuel Tames provincia Guantánamo, con un trabajo de facilitación donde se realizaron jornadas presenciales mediante la obtención de información primaria, entrevistas informales abiertas, en taller participativo con equidad de género, invitando a los diferentes actores de la comunidad,con el método (aprender - haciendo), se priorizaron los espacios de construcción colectiva y de trabajo grupal, para el desarrollo de habilidades y destrezas para sistematizar una experiencia de la estrategia en la UBPC en 2024 y la recuperación del proceso vivido utilizando materiales como papelógrafo, marcadores, tarjetas, entre otros.

224-IP

Experiencia: estrategia de la cooperativa

Objeto: periodo 2024

Objetivo: evaluar las acciones de trabajo de la cooperativa.

Eje: resultados del trabajo grupal de los cooperativistas en las acciones de la estrategia.

Recuperación del proceso vivido: ordenamiento y clasificación de la información.

Interpretación crítica: análisis y síntesis.

Precisando los resultados del trabajo grupal con la recuperación del proceso vivido utilizando las herramientas: abordajes desde la perspectiva sociológica e histórica.

RESULTADOS

Para el abordaje desde la perspectiva sociológica se formó un equipo de trabajo al azar donde se hizo un análisis de la experiencia desde la visión social, se relacionaron los actores, factores y decisores que se encuentran cercanos:

Ejercieron mayor influencia: ACPA, Proyecto Cuba Sí, Banco, Comunidad, Delegado circunscripción, Delegación MINAG, se sienten atendidos y cooperan cada año, trabajan, aportan y comparten con nosotros la realidad en la que trabajamos y vivimos.

Ejercieron menor influencia: ACTAF y CTC, por lo que se debe hacer un plan de acción para acercarlos ya que, son actores que pueden contribuir desde la ciencia al mejoramiento de las producciones agroecológicas y el desarrollo de la gestión e integración de la cooperativa.

Ambos en su momento ejercieron influencia en el desarrollo del proceso productivo en la cooperativa.

En el abordaje desde la perspectiva histórica se evaluaron indicadores productivos, salario medio, ventas e ingresos trimestrales en 2024. Los participantes valoran los indicadores económicos y productivos en el tiempo evaluado, con niveles bajo, medio, alto, obteniendo la visibilidad del resultado, mostrando el IV trimestre un mejor comportamiento de los indicadores.

Tabla 1. *Abordaje desde la perspectiva histórica. A (alta), M (media), B (baja)*

Indicadores	Año 2024			
	I Trimestre	II Trimestre	III Trimestre	IV Trimestre
Salario medio	B	B – M	M	M – A
Diversificación producción	B – M	M – B	M – A	A
Leche	M	M	M	M
Carne vacuna	A	A	A	M
Carne porcina	B	B	M	A
Miel de abeja	B	B	M	M
Carne ovino-caprino	B	B	B – M	M
Viandas Totales	B	B – M	M	M – A
Hortalizas	B	B – M	M	M – A
Ventas totales	B	B – M	M – A	A
Ingreso por ventas totales	B	M – B	M – A	A

La actitud abierta y dispuesta de los participantes para asumir, cada vez mejor y con mayor agilidad lo vivido: ”No podemos y no debemos vivir para sistematizar, sistematicemos para mejorar nuestras vidas”.

CONCLUSIONES

El trabajo unido de la junta, sus cooperativistas, usufructuarios y actores logró la estabilidad de los resultados alcanzados. Dotando a los participantes de herramientas metodológicas que les permitió sistematizar experiencias a partir de los resultados alcanzados, proyectando acciones concretas para el mejoramiento de sus prácticas.

El análisis de la experiencia permitió a los cooperativistas y actores participantes la integración y conexión entre ellos, sólo así se logra el éxito.



IP-56. Ciencia ciudadana para la conservación comunitaria de los recursos fitogenéticos

Citizen science for community plant genetic resources conservation

O. L. Parrado Alvarez[1]; L. Carrión Cabrera; O. Loyola Hernández[1]; G. Hernández Carrillo [2] y M. A. Díaz López[3]*

[1]Universidad de Camagüey Ignacio Agramonte Loynaz. Carretera Circunvalación Norte, entre Camino Viejo a Nuevitas y Avenida Ignacio Agramonte. CP: 74650. Camagüey, 53-63

[2]UCTB Estación Territorial de Investigaciones de Granos, Vertientes

[3]Estación Experimental de Viandas Tropicales Camagüey

[*]Correspondencia a: agrisost2017@gmail.com

RESUMEN

Se evaluaron las potencialidades de la ciencia ciudadana y el uso de herramientas digitales en actividades de investigación, docencia y extensión agraria en Cuba. Mediante un enfoque de investigación-acción participativa, se implementaron acciones de formación presenciales y virtuales, cursos de posgrado en modalidad híbrida, y la creación de proyectos en plataformas digitales como iNaturalist. Se desarrollaron formularios estandarizados para la caracterización de la variabilidad de recursos fitogenéticos, basados en listas de descriptores, y se aplicaron herramientas de diagnóstico de fincas, como Tape Tool, así como estrategias para la prevención y reducción de pérdidas y desperdicios de alimentos. Los resultados muestran que estas acciones han fortalecido la colecta, caracterización y documentación de recursos fitogenéticos, contribuyendo a la conservación comunitaria. Asimismo, se evidencia el impacto positivo del uso de tecnologías digitales en la articulación entre investigadores, productores y estudiantes, especialmente en el marco de la Especialidad en Red de Recursos Fitogenéticos y Semillas. La ciencia ciudadana, potenciada por las tecnologías de la información y las comunicaciones, emerge como un proceso sistemático, participativo y abierto que integra actores institucionales y comunitarios en la solución de problemas agrarios. Se destaca su rol para la creación de la Red de Productores para la Diversificación de Fincas Ganaderas, en el contexto del Proyecto ProLayf. Las conclusiones indican que, desde principios del siglo XX, Cuba ha promovido la colaboración entre científicos y no especialistas, proceso que ha evolucionado cualitativamente desde 1960 y se revitaliza hoy con herramientas digitales, consolidando un modelo de gestión del conocimiento inclusivo y transformador.

Palabras clave: *soberanía alimentaria, seguridad alimentaria, agrobiodiversidad, conservación comunitaria, pérdidas y desperdicios de alimentos extensión agraria*

ABSTRACT

This study assesses the potential of citizen science and digital tools in agricultural research, teaching, and extension activities in Cuba. Using a participatory action research approach, capacity-building initiatives were implemented through online and hybrid courses, iNaturalist project development, standardized forms for phenotypic characterization based on descriptor lists, farm diagnostics using tools like Tape Tool, and strategies for food loss and waste reduction. Results show that digital tools have enhanced the collection, characterization, and documentation of plant genetic resources, supporting community-based conservation. Furthermore, these tools have strengthened collaborative networks among researchers, farmers, and students, particularly within the Specialization Program in Plant Genetic Resources and Seeds. Citizen science, mediated by information and communication technologies, is identified as a systematic, participatory, and open innovation process that integrates scientific institutions, educational entities, and communities to address societal challenges. Its application proves particularly effective in supporting the Network of Farmers for Livestock Farm Diversification under the ProLayf Project. The findings highlight a historical trajectory in Cuba, where collaboration between scientists and non-specialists in agriculture has evolved since the early 20th century, reaching a qualitative leap from the 1960s onward. Today, digital tools are reinvigorating this collaborative model, positioning citizen science as a key component of an inclusive, science-based governance system for sustainable agricultural development.

Key words: *food sovereignty, food security, agrobiodiversity, community conservation, losses and waste, agricultural extension*.

INTRODUCCIÓN

La participación popular sustento necesario para el desarrollo de la ciencia y la innovación, pues resulta imprescindible el diálogo entre científicos y personas no especialistas. En la Ley 148 de Soberanía Alimentaria y Seguridad Alimentaria y Nutricional con una visión más integral y abarcadora define las dimensiones y principios que rigen el derecho a la alimentación (Asamblea Nacional del Poder Popular, 2022, pág. 2099) comprende la accesibilidad, disponibilidad, estabilidad, sostenibilidad y adecuación de los alimentos, y se rige por los principios de: a) Participación intersectorial, interinstitucional, interdisciplinaria, transdisciplinaria, multiactoral, multinivel y popular lo que confirma la necesidad de fortalecer la participación popular en los procesos de ciencia e innovación en un contexto mediado por las tecnologías

de la información y las comunicaciones, en este sentido el enfoque de ciencia ciudadana y sus herramientas metodológicas en la solución de problemas relacionados con la seguridad alimentaria y nutricional .

En el mundo el primer uso registrado de la ciencia ciudadana aparece en el Oxford English Dictionary (OED) y también en el MIT Technology Review de febrero de 1989 a partir de esa fecha existen muchas definiciones que están en dependencia del contexto, objetivos, principales actores y hacia quienes se dirige e. Involucramiento de personas no especialistas (voluntarios) con científicos en la recolección de datos y programas de monitoreo Ryan (2018) y Reynolds et al 2020

Acerca de la aplicación de la ciencia ciudadana en la agricultura en los últimos cinco años se destacan como forma de extensión para movilizar a los campesinos hacia la sostenibilidad, las contribuciones de Billaud, et al (2021). ¸Ebitu, L., et al (2021); Mourad, K. A., et al (2020) y Ryan, S. et al (2018); sobre el potencial de la ciencia ciudadana Bremera, et al (2019) y Merciu, F. C et al (2023) acerca de la agricultura sostenible y la adaptación al cambio climático ;Olteanu Raimond, A.M, et al (2018) relacionado con un modelo experimental para integrar la ciencia ciudadana y la comunidad en la valoración de la cobertura y uso de la tierra; Howard, L., et al (2022) en el monitoreo e especies invasoras; Isaac, M. et al (2019) aplicación en el monitoreo de caracteres útiles en los cultivos; INCREASE (Intelligent Collections of food-legume genetic resources for European agrofood systems) que promueve la participación ciudadana en la colecta, caracterización de los recursos fitogenéticos de leguminosas en la Unión Europea Bellucci, et al (2021), Self-evaluation and Holistic Assessment of climate Resilience of farmers and Pastoralists (SHARP) (FAO, 2015).

En Cuba existen evidencias de la participación de científicos y personas no especialistas desde la segunda década del siglo XX y su desarrollo ulterior después del triunfo de la Revolución hasta la actualidad por lo que existe una importante herencia de ciencia y practica en esta dirección.

En este artículo se valoran las potencialidades de la ciencia ciudadana y las experiencias en el uso herramientas digitales en acciones de investigación, docencia y extensión agrícola.

MATERIALES Y MÉTODOS

Con un enfoque de investigación acción participativa, se desarrollan acciones de creación de capacidades mediante cursos en línea y semipresenciales, creación de proyectos en iNaturalist, creación de formularios para caracterización de variabilidad según listas de descriptores y herramientas de diagnóstico de fincas como Tape Tool (FAO, 2019) y prevención y reducción de pérdidas y desperdicios de alimentos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En Cuba, la integración de los científicos con personas voluntarias no especialistas tiene sus raíces en el estudio de las variedades cubanas de boniato (Roig & Martínez Fortún, 1916) que se constituye en el primer acercamiento a la variabilidad del germoplasma cubano de boniato, en base 208 a materiales remitidos desde 25 localidades por 19 colectores (que eran profesores de las Escuelas de Agricultura, comerciantes, o personas interesadas) aporta además la primera clasificación de cultivares locales, incluye cultivares introducidos y tiene gran valor actual parar recuperar materiales perdidos y desarrollar estudios de ciencia ciudadana en este campo, experiencia similar en el estudio del germoplasma de yuca se desarrolló por la Estación Experimental Agronómica de Santiago de Las Vegas (Cunliffe, 1916).

Las bases de desarrollo de la ciencia en Cuba están declaradas en el discurso premonitorio de Fidel Castro Ruz El 15 de enero de 1960 en la Sociedad Espeleológica de Cuba (Castro, 1960), donde expresó que:

El futuro de nuestra patria tiene que ser necesariamente un futuro de hombres de ciencia, tiene que ser un futuro de hombres de pensamiento, porque precisamente es lo que más estamos sembrando; lo que más estamos sembrando son oportunidades a la inteligencia

En los más de 60 años de Revolución se ha seguido esta idea y al calor de las trasformaciones estructurales como respuestas al criminal bloqueo al que estamos sometidos, las respuestas se han dado en la participación ciudadana en la solución de los problemas acuciantes en diferentes campos de la producción y los servicios mediante movimientos de masa como el Fórum de Piezas de Repuestos, Las Brigadas Técnicas Juveniles (BTJ) , La Asociación e Innovadores y Racionalizadores (ANIR), el Movimiento Agroecológico de Campesino a Campesino (MACAC) y la labor de Asociaciones como la Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales (ACTAF) y la Asociación Cubana de Producción Animal (ACPA) que han promovido la relación de los campesinos con los científicos en la solución de los problemas de la agricultura cubana.

En Cuba las experiencias en el desarrollo de la vinculación de los científicos con personas que no se dedican a esta actividad en campos específicos no son nuevas, vienen desarrollándose en diversas ramas del conocimiento desde hace varias décadas bajo otras denominaciones como la de investigación participativa en apoyo a programas de monitoreo de biodiversidad, encaminadas fundamentalmente a apoyar estudios de conservación en aves (Borroto Rodríguez, I et al (2011) y Moreno, I., et al (2009) , Rodríguez, et al (2010); Martínez Cruz, M. et al (2017) sobre el Fitomejoramiento Participativo.

Son importantes contribuciones a la promoción y desarrollo de sistemas de innovación local el Programa de innovación agrícola local (PIAL) que abre oportunidades laborales y económicas y mejora la calidad de la alimentación de mujeres y hombres, que dependen de la producción agropecuaria como medio de vida, al promover un proceso descentralizado

y participativo de innovación agropecuaria con énfasis en lo local, conforme con las prioridades nacionales. En su desarrollo ulterior se ha establecido el Sistema de Innovación Agropecuario Local (SIAL), una propuesta de gestión participativa de la innovación y el desarrollo en el nivel territorial, que busca principalmente fortalecer el sistema cubano de innovación vigente, mediante la conceptualización e implementación de un modelo vivencial, construido con el propósito de impulsar el desarrollo local con recursos propios, en particular en el ámbito agroalimentario.

La Universidad de Camagüey lidera el Proyecto de Creación del Instituto Internacional de Investigaciones en Inteligencia Artificial en la Universidad de Estudios Internacionales de Hebei que está enfocado hacia la investigación y el desarrollo de aplicaciones en las áreas de biotecnología y biomedicina, medioambiente, calidad de vida del adulto mayor, ciudades inteligentes, agricultura de precisión, fabricación inteligente y constituye una fortaleza para el desarrollo de este programa, y el proyecto "Mejora del potencial de producción de leche de vaca mediante la introducción de un programa de manejo de la salud en los rebaños lecheros" Con el financiamiento aportado por el Consejo Interuniversitario Flamenco-Cooperación Universitaria para el Desarrollo, de Bélgica.

En la provincia se desarrolla por la UIC el Proyecto Co-Lab (Laboratorios de Innovación para la Transformación Digital de la Cultura) para promover la innovación ciudadana, que convierta al ciudadano en protagonista y productor de sus propias soluciones.

Se han establecido políticas públicas y legislaciones en el marco de la soberanía alimentaria seguridad alimentaria y nutricional (Asamblea Nacional del Poder Popular, 2022), (Consejo de Ministros, 2022) y la gestión de gobierno con ciencia e innovación (Díaz-Canel Bermúdez, et al, 2020) entre otros.

Teniendo en cuenta los elementos anteriores se conceptualiza la ciencia ciudadana en Cuba como: proceso complejo de investigación e innovación abierta, sistemática y participativa, mediado por las herramientas digitales que es componente del sistema de gestión de gobierno con ciencia e innovación e integra los actores de las instituciones de ciencia, las instituciones formadoras y la población hacia la solución de problemas de la sociedad (Parrado et al 2024)

Utilización de aplicaciones para móviles en actividades de ciencia ciudadana.

En la última década, en el campo metodológico de los estudios de los recursos fitogenéticos se han desarrollado herramientas que posibilitan la incorporación de las bondades de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y el correspondiente análisis espacial, en sus diferentes versiones (Sistema de Información Geográfica para el Análisis de Datos de Distribución de Especies) (Scheldeman & van Zonneveld, 2011) y CAPFITOGEN (Parra Quijano, et al , 2012). Esto da pautas para utilizar herramientas digitales que permitan la georreferenciación de los diferentes objetos de estudio.

MGRS UTM GPS

La aplicación MGRS UTM GPS (Fig.1) es una de las tantas que permite georeferenciar puntos, tomar notas de los objetos georeferenciados, añadir imágenes desde la cámara o galería, crea una base de datos de cada uno de los puntos en una hoja de Excel en formato csv que posibilita su exportación, además entre es importante su pequeño tamaño (7 MB aproximadamente), permite el trabajo sin conexión y en conexión posibilita el cálculo de áreas.

Se ha aplicado en acciones de prospección y colecta en el área de recursos fitogenéticos, caracterización de fincas con diversos objetivos, en los proyectos "Gestión del conocimiento para la prevención y reducción de pérdidas y desperdicios de alimentos a escala local" (Programa Nacional Producción de alimentos y su agroindustria), "Fitomejoramiento Participativo de raíces, tubérculos, hortalizas y granos" (Programa Territorial Producción sostenible de alimentos con encadenamiento productivo) y "Apoyo a la seguridad alimentaria y nutricional en dos municipios de Camagüey con enfoque de género y generacional"- CAPROCA. En actividades de docencia de pregrado y posgrado así como en actividades de capacitación tanto en línea como presencial.

Epicollect5

Esta herramienta digital tiene amplia aplicación en diferentes áreas de la actividad agropecuaria y en los procesos de formación. Wongphonboon, S. (2019), Islam, (2014), Diez Castillo, (2023) y Aanensen et al (2014).

Epicollect5 es una aplicación móvil y web para la recolección de datos gratuita y fácil organizada por la Universidad de Oxford. Disponible en aplicación web y móvil para la generación de formularios (cuestionarios) para la recopilación de datos. (textos, imágenes, audios, videos) se recopilan (incluyendo GPS y medios de comunicación) utilizando múltiples dispositivos y todos los datos se pueden ver en un servidor central (a través de mapa, tablas, gráficos). Los datos se pueden exportar en formato CSV, evita la utilización de papel en la realización de cuestionarios, pues se ejecuta desde un dispositivo móvil (Tablet o teléfono celular).

Se puede trabajar sin conexión y luego sincronizar los datos obtenidos en trabajo a distancia de los estudiantes de pregrado y pos grado, Informe de prácticas de campo, Colectas de especies silvestres y cultivadas como complemento a la información de herbario, cuestionarios de diferente naturaleza.

Se ha aplicado en la caracterización del desempeño agroecológico de fincas con la herramienta TAPE (FAO, 2019), cuestionarios sobre pérdidas y desperdicios de alimentos en las fincas, percepción de pérdidas y desperdicios de alimentos; caracterización de especies cultivadas utilizando listas de descriptores para aguacate y mango (Fig. 2) colecta de parientes silvestres de los cultivos, colecta de especies vegetales y para el manejo del Jardín Botánico de Camagüey.



Figura 1. ***Derecha****: Prospección de mango. Lat/Long: 20.7887592,-77.9480812. Altitud: 28.51 m s.n.m.m Fecha/hora: 2021-05-15 15:45:02. Nota: Cultivar local "mango piña", Finca Canaan, productor José Fernández Feteira, Cooperativa de Créditos y Servicios "Antonio Maceo", Santa Cruz del Sur, Camagüey, Cuba. Características esenciales. Árbol procedente de semilla, con ramificación baja a 1 m del suelo. Produce establemente en mayo y junio. Frutos con fuerte aroma, masa compacta y poca fibra adherida a la semilla.* ***Izquierda****: LatLong: 21.2751172,-78.0796467. Altitud: 88.78 m s.n.m.m. Fecha/hora: 2023-11-21 15:21:20. Nota: Visita de la Comisión Nacional y Provincial de Soberanía Alimentaria Seguridad Alimentaria y Nutricional al municipio Vertientes. Campo de calabaza, se observan plantas de "campanilla morada" (Ipomoea trifida (Kunth) G.Don.). Fotos: Oscar L. Parrado Alvarez.*

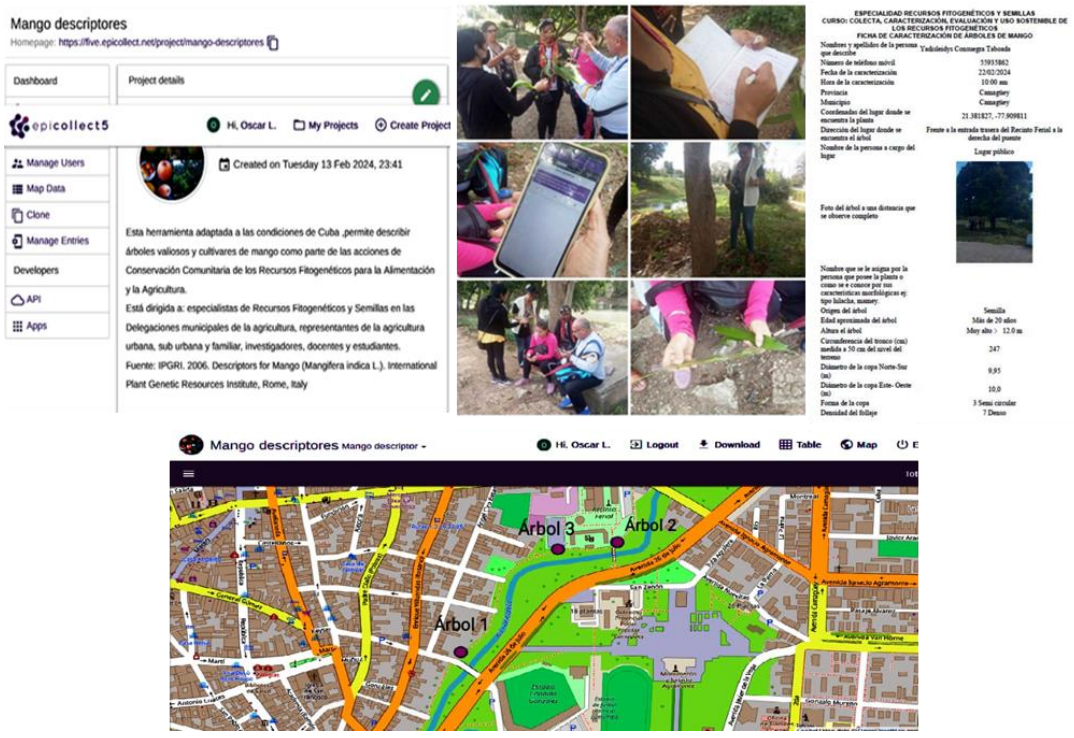


Figura 2. A) Epicollect5. Proyecto Descriptores de Mango. Fuente : https://five.epicollect.net/project/mango-descriptores. B) Estudiantes de la Especialidad recursos Fitogenéticos y Semillas utilizan la herramienta Epicollect5 en la caracterización de árboles de mango. Fotos de Oscar L .Parrado Alvarez. C) Epicollect5. Fragmento de la ficha de árbol de mango caracterizado. Fuente https://five.epicollect.net/project/mango-descriptores. D) Epicollect5. Mapa con la ubicación de una muestra los árboles de mango caracterizados por los estudiantes de la Especialidad recursos Fitogenéticos y Semillas.Fuente : https://five.epicollect.net/project/mango-descriptores



Plataforma iNaturalist

iNaturalist, es una iniciativa conjunta de la California Academy of Sciences y National Geographic Society, disponible para computadoras de escritorio y dispositivos móviles que incluye registros de 173 127 796 observaciones pertenecientes a 463 635 especies, provenientes de 7 304 347 personas inscritas. Se ha trabajado en el proyecto "Ipomoeas de Cuba" que recoge 39 observaciones de 24 especies aportadas por 149 observadores e identificadas por 59 personas. Cada observación recoge información georeferenciada, con datos fenológicos, imágenes y cualquier otra información que aporte el observador. En el mundo se aplica como una herramienta eficaz en procesos de educación ambiental hacia diferentes públicos y también en procesos de pregrado y pos grado.

GBIF

El Sistema Global de Información sobre Biodiversidad–GBIF por sus siglas en inglés–es una red internacional e infraestructura de datos financiada por los gobiernos del mundo para dar a cualquiera, en cualquier lugar, acceso abierto a datos sobre todas las formas de vida en la Tierra.

En relación con Cuba, cuenta con 1 843 360 registros de presencia, 1 200 995 registros publicados, 51 129 registros georeferenciados procedentes de 1 290 conjuntos de datos de 46 países y y 407 publicadores, del total de registros 43 355 provienen de observaciones de calidad provenientes de iNaturalist. El Reino Plantae cuenta con más de 300 000 registros de presencia, provenientes en su mayoría del New York Botanical Garden (61 697) y Distribution of Cuban Plants (49 741). Esta información es muy útil en, estudios ecogeográficos utilizando herramientas como DIVAGis, Maxent y Capfitogen. Se ha empleado en estudios de Parientes Silvestres de Cultivos como boniato, malanga, distribución de especies de halófitas sub utilizadas y pitahayas comestibles del género *Selenicereus*.

La ciencia ciudadana desde el posgrado en la Universidad de Camagüey

Se ha diseñado e impartido el curso: Ciencia ciudadana. Aplicación de herramientas digitales en la actividad docente, científica y extensionista (Parrado Alvarez, 2023) relacionada con la agrobiodiversidad y su uso sostenible con 2 créditos en la modalidad semipresencial (96 horas, de ellas 24 presenciales). El curso favorece las sinergias entre los proyectos que se desarrollan y la preparación de personas para transferir el empleo de estas herramientas a otras actividades profesionales. El sistema de conocimientos considera los siguientes aspectos: Ciencia ciudadana, ejemplos de su aplicación en Cuba. Aplicación de herramientas digitales en la actividad de recursos fitogenéticos, docente, científica y extensionista. Aplicaciones basadas en GPS que permiten el trabajo con los SIG: iNaturalist. MGRS UTM GPS, Climob, Maps Me y otras aplicaciones de cámara fotográfica vinculadas con GPS. Aplicaciones para diseño, empleo y evaluación de encuestas. Epicollet5.

Se desarrolló de forma híbrida en la Universidad de Camagüey, la Universidad de Oriente y la Universidad de Ciencias Pedagógicas Enrique José Varona el curso Aplicación de la ciencia ciudadana con herramientas digitales para la conservación comunitaria de los recursos fitogenéticos, la docencia y la investigación (Parrado, 2023), con una matrícula de 14, 19 y 42 cursistas respectivamente.

En lo concerniente a la capacitación se desarrolló una acción dirigida a investigadores de la UCTB Estación Territorial de Investigaciones de Granos, Vertientes Camagüey y la UCTB Suelos, en las que participaron 15 investigadores que conocieron y reconocieron la necesidad de profundizar en estos temas para perfeccionar integración de la investigación, la extensión y la capacitación con un enfoque de ciencia ciudadana.

Red de Productores para la Diversificación de Fincas Ganaderas una opción para la investigación-capacitación-extensión en el Proyecto ProLayf

Las experiencias en la RedFitogen (Red de Ciencia Ciudadana para la Conservación Comunitaria de Recursos Fitogenéticos) hacen sinergia con el Proyecto de Desarrollo Sostenible de Fincas Diversificadas con Ganadería Vacuna en Camagüey, articuladas estratégicamente, potencian la sostenibilidad agropecuaria en Cuba. Su sinergia se fundamenta en:

Enfoque multidimensional compartido: abordan la sostenibilidad desde sus dimensiones económica, ambiental y social, el proyecto ganadero busca tipificar fincas según estos criterios, RedFitogen aporta metodologías participativas para:

- mapear biodiversidad forrajera local (pastos, leguminosas) mediante apps como Epicollect5, MGRS UTM GPS y otras plataformas como iNaturalist y GBIF;

- documentar el comportamiento de variedades vegetales resilientes al cambio climático, cruciales para la alimentación animal;

- crear bancos comunitarios de semillas nativas de especies leguminosas para la alimentación animal y otras especies que fortalezcan los "recursos alimenticios locales" como parte de la identificación de variantes tecnológicas y prácticas de manejo de recursos locales, residuales y agua para aumentar la sostenibilidad de las fincas y

- diagnóstico social de las fincas.

Tecnologías accesibles y capacitación transversal: la plataforma tecnológica de RedFitogen (WhatsApp, Telegram, iNaturalist) se integra con las acciones del proyecto ganadero:

- monitoreo colaborativo: reporte en tiempo real de indicadores como: calidad de suelos y agua; efectividad de las tecnologías y manejo de residuales entre otros aspectos de interés;

- capacitación en modalidad híbrida: RedFitogen aporta su experiencia en cursos virtuales/presenciales, Talleres, Días de Campo, Escuelas de Campo y el intercambio sincrónico y asincrónico con los productores mediante el diálogo del conocimiento empírico espontáneo con el conocimiento científico mediado por la práctica en las fincas para contribuir a la introducción de prácticas agropecuarias y tecnologías con un acompañamiento más cercano a los productores aprovechando los recursos tecnológicos disponibles en las áreas siguientes:

  - manejo de residuales;

  - autodiagnóstico, diseño, seguimiento y evaluación de las transformaciones en las fincas;

  - conservación in situ de recursos genéticos de especies forrajeras y cultivos y

  - uso de herramientas digitales para diagnóstico de fincas. Herramienta TAPE

Fortalecimiento del capital social: ambas iniciativas coinciden en empoderar a comunidades rurales como agentes de cambio:

  - RedFitogen involucra a jóvenes agroecólogos, campesinos y universidades en la recopilación de datos;

  - el proyecto ganadero prioriza la "inserción de jóvenes y mujeres" y el "aprovechamiento sostenible de recursos" como parte del impacto en el acompañamiento de las familias, aumento de los beneficios económicos familiares, el empoderamiento de las mujeres y la participación en la toma de decisiones en los espacios de gobernanza.

Beneficios estratégicos de la articulación:

  - optimización de recursos: Compartir infraestructura (motos para seguimiento, plataformas digitales).

  - sostenibilidad a largo plazo: las comunidades capacitadas por RedFitogen mantendrán el monitoreo ambiental tras finalizar el proyecto ganadero.

  - replicabilidad: El modelo híbrido (ciencia institucional + datos ciudadanos) puede extenderse a otras provincias, tal como plantea como parte de la propuesta de generalización.

La articulación entre RedFitogen y el proyecto de fincas ganaderas trasciende la colaboración puntual: es un modelo de gobernanza ambiental participativa. Mientras el proyecto aporta estructura técnica y metodologías validadas, la red ciudadana garantiza:

- legitimidad local: las soluciones nacen de diagnósticos comunitarios.

- innovación abierta: tecnologías accesibles (apps, mensajería) democratizan el conocimiento.

- resiliencia: la agrobiodiversidad documentada por los campesinos(as) y la sistematización de sus prácticas empíricas unidas l conocimiento científico es un "seguro" ante crisis climáticas.

CONCLUSIONES

En Cuba desde inicios de siglo XX se han relacionado investigadores con personas no especialistas en el desarrollo de investigaciones agrícolas, que tienen su desarrollo cualitativamente superior a partir de 1960 y en la actualidad se potencian con el desarrollo de las tecnologías de la información y las comunicaciones

Se conceptualiza la ciencia ciudadana en Cuba como un proceso complejo de investigación e innovación abierta, sistemática y participativa, mediado por las herramientas digitales que es componente del sistema de gestión de gobierno con ciencia e innovación e integra los actores de las instituciones de ciencia, las instituciones formadoras y la población hacia la solución de problemas de la sociedad.

Se evidencia que la aplicación de herramientas digitales en estudios relacionados con la aplicación de la ciencia ciudadana en la agricultura facilita los procesos de investigación-capacitación-extensión vinculados a la Red de Productores para la Diversificación de Fincas Ganaderas.

AGRADECIMIENTOS

A la Agencia Francesa del Desarrollo (AFD), Unión Europea y al Proyecto "*Contribución al desarrollo sostenible de fincas diversificadas con ganadería vacuna de Camagüey para un futuro más verde*".





BIBLIOGRAFÍA

Aanensen, D. M., Huntley, D. M., Menegazzo M., Powell, C. I., Spratt, B. G. 2014, November 26. EpiCollect+: linking smartphones to web applications for complex data collection projects. https://www.researchgate.net/publication/269282176_EpiCollect_Linking_smartphones_to_web_applications_for_complex_data_collection_projects

Aanensen, D. 2010, September 9. EpiCollect. http://www.spatialepidemiology.net/Aanensen_EpiCollect.pdf.

Asamblea Nacional del Poder Popular. 2022. Ley 148/2022 Ley de Soberanía Alimentaria Seguridad Alimentaria y Nutricional. GOC 2022-0754-O77. La Habana

Ballard, H. L., Dixon, C. G. H., & Harris, E. M. 2017. Youth-focused citizen science: Examining the role of environmental science learning and agency for conservation. *Biological Conservation*, *208*, 65-75. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.05.024

Ballard, H. L., Robinson, L. D., Young, A. N., Pauly, G. B., Higgins, L. M., Johnson, R. F., & Tweddle, J. C. 2017. Contributions to conservation outcomes by natural history museum-led citizen science: Examining evidence and next steps. Biological Conservation, *208*, 87-97. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.08.040

Barnard, P., Altwegg, R., Ebrahim, I., & Underhill, L. G. 2017. Early warning systems for biodiversity in southern Africa – How much can citizen science mitigate imperfect data? Biological Conservation, *208*, 183-188. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.09.011

Bellucci, E., & Aguilar, O. M. 2021. The INCREASE project: Intelligent Collections of food-legume genetic resources for European agrofood systems. The Plant Journal, 108, 646–660. https//:doi.org:10.1111/tpj.15472.

Billaud, O, Vermeersch, R-L, Porcher, E. 2021. Citizen science involving farmers as a means to document temporal trends in farmland biodiversity and relate them to agricultural practices. J Appl Ecol.; 58: 261–273. https://doi.org/10.1111/1365-2664.13746

Borroto Rodríguez, I., Xóchilt Ayón G. 2011. *Proyecto Los árboles, las aves en la ciudad y yo.* Museo Nacional de Historia Natural. La Habana, Cuba.

Burgess, H. K., DeBey, L. B., Froehlich, H. E., Schmidt, N., Theobald, E. J., Ettinger, A. K., HilleRisLambers, J., Tewksbury, J., & Parrish, J. K. 2017. The science of citizen science: Exploring barriers to use as a primary research tool. *Biological Conservation*, *208*, 113-120. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.05.014

Castro Ruz, F. 1960. Discurso pronunciado por el Comandante en Jefe Fidel Castro Ruz en el Acto Celebrado por la Sociedad Espeleológica de Cuba, en la Academia de Ciencias, el 15 de enero de 1960. http://www.fidelcastro.cu/es/discursos/discurso-pronunciado-en-el-acto-celebrado-por-la-sociedad-espeleologica-de-cuba-en-la

Chandler, M., Rullman, S., Cousins, J., Esmail, N., Begin, E., Venicx, G., Eisenberg, C., & Studer, M. 2017. Contributions to publications and management plans from 7 years of citizen science: Use of a novel evaluation tool on Earthwatch-supported projects. Biological Conservation, *208*, 163-173. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.09.024

Consejo de Estado. 2019. Decreto-Ley No. 387/2019 De la De la conservación, mejoramiento y uso sostenible de los Recursos Zoogenéticos, GOC-2020-483-O50, Gaceta Oficial No. 50 Ordinaria de 16 de julio de 2020. La Hbana: Ministerio de Justicia.

Consejo de Ministros. 2022. Decreto 67 de la Ley de Soberanía Alimentaria y Seguridad Alimentaria y Seguridad Alimentaria y Nutricional.GOC-2022-754-O77. La Habana.

Cunliffe, R. S. 1916. Yuca Su cultivo, variedades, Contenido de Almidón y Fabricación. Boletín No. 34. La Habana: Estación Experimental Agronómica Santiago de las Vegas

Díaz-Canel Bermúdez, M., Núñez Jover, J., & Torres Paez, C. C. 2020. Ciencia e innovación como pilar de la gestión de gobierno: un camino hacia los sistemas alimentarios locales. COODES Cooperativismo y Desarrollo, 83, 1-21, http://coodes.upr.edu.cu/index.php/coodes/article/view/372.

Diez Castillo, Agustín A. 2023. Prospectando Epicollect5: una herramienta de ciencia abierta para el aprendizaje colaborativo Version 1. Zenodo. https://doi.org/10.5281/zenodo.8119426

Ebitu, L., Avery, H., Mourad, K. A., & Enyetu, J. 2021. Citizen science for sustainable agriculture – A systematic literature review. Land Use Policy, 103, 105326. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105326

Gray, S., Jordan, R., Crall, A., Newman, G., Hmelo-Silver, C., Huang, J., Novak, W., Mellor, D., Frensley, T., Prysby, M., & Singer, A. 2017. Combining participatory modelling and citizen science to support volunteer conservation action. Biological Conservation, *208*, 76-86. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.07.037

Haklay, M., Dörler, D., Heigl, F., Manzoni, M., Hecker, S., & Vohland, K. 2021. Chapter2 What Is Citizen Science? The Challenges of Definition. En K. Vohland, A. Land-Zandstra, L. Ceccaroni, R. Lemmens, J. Perelló, M. Ponti, y otros, The Science of Citizen Science págs. 13-34.

Hijmans, R. J., Guarino, L., & Mathur. 2012. DIVA-GIS versión 7.5. Manual.

Howard, L., van Rees, C. B., Dahlquist, Z., Luikart, G., & Hand, B. K. 2022. A review of invasive species reporting apps for citizen science and opportunities for innovation. NeoBiota, 71, 165–188 2022. https://doi.10.3897/neobiota.71.79597.

Isaac, M. E., & Martin, A. R. 2019. Accumulating crop functional trait data with citizen science. Scientific Report, 15715. https://doi.org/10.1038/s41598-019-51927-x.

Islam, Md. Aminul. 2014, June 2. EpiCollect: A Web-based Mobile Data Collection Tool for Veterinary Epidemiology. http://bdvets.org/BDvet_iNewsletter/v2i2/p3-5_EpiCollect.pdf.

Martínez Cruz, M., Ríos Labrada, H., Ortiz Pérez, R., Miranda Lorigados, S., Acosta Roca, R., Moreno Moreno, I., Ponce Brito, M., de la Fé Montenegro, C. F. & Martin, L. 2017. Metodología del Fitomejoramiento Participativo FP en Cuba. *Cultivos Tropicales*, *384*, 132-138. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362017000400018&lng=es&tlng=es.

Merciu, F. C.; Teodorescu, C. 2023. Agricultural Citizen Science and Sustainable Regional Development. Agriculture, 13, 1180. https://doi.org/10.3390/agriculture13061180.

Moreno, I., Ríos, H, & Puldón, V.. 2009. El Fitomejoramiento Participativo y la selección participativa de variedades de arroz. Cultivos Tropicales, *302*, 00. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362009000200005&lng=es&tlng=es.

Mourad KA, Hosseini SH, Avery H. 2020. The Role of Citizen Science in Sustainable Agriculture. *Sustainability*. 1224:10375. https://doi.org/10.3390/su122410375

Newman, G., Chandler, M., Clyde, M., McGreavy, B., Haklay, M., Ballard, H., Gray, S., Scarpino, R., Hauptfeld, R., Mellor, D., & Gallo, J. 2017. Leveraging the power of place in citizen science for effective conservation decision making. Biological Conservation, *208*, 55-64. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.07.019

Olteanu-Raimond, A.M.; Jolivet, L.; Van Damme, M.D.; Royer, T.; Fraval, L.; See, L.; Sturn, T.; Karner, M.; Moorthy, I.; Fritz, S. 2018.An Experimental Framework for Integrating Citizen and Community Science into Land Cover, Land Use, and Land Change Detection Processes in a National Mapping Agency. Land 8, 7, 103.

Ortiz M. 2012, May 29. Epicollect. https://www.eeri.org/wp-content/uploads/Epicollect-website-demo.pdf

Ortiz Pérez HR, Acosta Roca R, Ruz Reyes R, la O Arias M et al. 2021. Sistema de innovación con un enfoque participativo en la gestión del desarrollo local. Vía sostenible para aumentar la producción de alimentos, Semilla 113: e1095. http://www.revistaccuba.cu/index.php/revacc/article/view/1095

Parrado Alvarez, O. L. 2023.Programa de curso de posgrado. Ciencia ciudadana. Aplicación de herramientas digitales en la actividad docente, científica y extensionista relacionada con la agrobiodiversidad y su uso sostenible. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Camagüey Ignacio Agramonte Loynaz

Parrado Álvarez, O. L., Loyola Hernández, O., Caballero Puente, R., Súarez, D., & Gómez Calderín, M. 2024a, noviembre 5. Lista preliminar de descriptores para *Salicornia bigelovii* Torr. Zenodo. https://doi.org/10.5281/zenodo.14038698

Parrado Álvarez, O. L., Loyola Hernández, O., Caballero Puente, R., Súarez, D., & Gómez Calderín, M. 2024b, noviembre 5. Lista preliminar de descriptores para *Salicornia ambigua* Torr. Zenodo. https://doi.org/10.5281/zenodo.14038698

Parrado Alvarez, O. L., Loyola Hernández, O., Méndez, I. E. & González Sivilla, R., 2024. La ciencia ciudadana en la conservación y uso sostenible de especies de halófitas subutilizadas. Libro de Memorias del XVII Encuentro de Botánica "Johannes Bisse in Memoriam". Universidad de Camagüey "Ignacio Agramonte Loynaz". https://dx.doi.org/10.1310/RG.2.2.0036.44484

Plataforma de Seguridad Alimentaria y Nutricional SAN Cuba. 2020. Política de Seguridad Alimentaria: https://plataformacelac.org/politica/248

Reynolds, C., Oakden, L., West, S. E., Pateman, R., & Elliott, C. 2020. Citizen science and food: A review. Research Report. Food Standards Agency, 1-56. https://eprints.whiterose.ac.uk/173807/.

Rodríguez, Patricia, Antonio Rodríguez, Raúl Acosta y Eneider Pérez. 2010. Proyecto "Estudio de aves en la ciudad" ¿Hacemos Ciencia Ciudadana en Cuba? Ponencia del II Taller Cubano de Ornitología.

Roig, J. T., & Martínez Fortún, G. 1916. *Las variedades cubanas de Boniato. Boletín No. 33.* La Habana: Estación Experimental Agronómica Santiago de las Vegas

Ryan, S. F., Adamson, N. L., Aktipis, A., Andersen, L. K., Austin, R., Barnes, L., Beasley, M. R., Bedell, K. D., Briggs, S., Chapman, B., Cooper, C. B., Corn, J. O., Creamer, N. G., Delborne, J. A., Domenico, P., Driscoll, E., Goodwin, J., Hjarding, A., Hulbert, J. M., … Dunn, R. R. 2018. The role of citizen science in addressing grand challenges in food and agriculture research. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, *285*1891, 20181977. https://doi.org/10.1098/rspb.2018.1977

Scheldeman, X., & van Zonneveld, M. 2011. Manual de Capacitación en Análisis Espacial de Diversidad y Distribución de Plantas . Roma: Bioversity International.

Sullivan, B. L., Phillips, T., Dayer, A. A., Wood, C. L., Farnsworth, A., Iliff, M. J., Davies, I. J., Wiggins, A., Fink, D., Hochachka, W. M., Rodewald, A. D., Rosenberg, K. V., Bonney, R., & Kelling, S. 2017. Using open access observational



data for conservation action: A case study for birds. Biological Conservation, *208*, 5-14. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.04.031

Vohland, K., Ceccaroni, L., Perelló, J., Samson, R., Land-Zandstra, A., Lemmens, R., y otros. 2021. The Science of Citizen Science. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-58278-4.

Wongphonboon, S. 2019. Epicollect5 application for data collection. Journal of Science and Technology, Rajabhat Maha Sarakham University, *22*, 18–26. Retrieved from https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/jstrmu/article/view/245777

IP-57. Eficiencia técnica de sistemas ganaderos vacunos en la región Jimaguayú-Camagüey

J. J. Pereda Mouso[1]; R. Cobo Cuna[2]; L. M. Curbelo Rodríguez[1] y R. M. Pedraza Olivera[1]*

[1]Centro de Estudios de Producción Animal (CEDEPA). Universidad de Camagüey, Circunvalación Norte Km 5 ½, Camagüey, Cuba.

[2]Instituto de Ciencia Animal (ICA), Carretera Central km. 47½. San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

[*]Correspondencia a: jorgeperedamouso@gmail.com

RESUMEN

La investigación se realizó con el objetivo de determinar la eficiencia técnica de sistemas ganaderos vacunos en la región Jimaguayú-Camagüey. El trabajo se extendió por un período de cinco años, con una muestra constituida por 90 fincas en estudio. Se inició con un diagnóstico rural rápido, el que fue actualizado anualmente en correspondencia con los cambios ocurridos en los sistemas productivos a partir de un seguimiento realizado a las fincas a través de visitas periódicas. Se adaptó una planilla en la que se incluyeron variables físicas, productivas, económicas y ambientales. Las variables en estudio fueron divididas según las dimensiones que caracterizaron los sistemas productivos, se utilizó el análisis de componentes principales para determinar su relación, las dimensiones obtenidas se correspondieron con las áreas, los insumos y la diversificación productiva, en relación a los casos, fueron clasificados en cuatro categorías según las dimensiones mencionadas. Para la determinación de las fronteras de eficiencia se usó el Análisis Envolvente de Datos. La eficiencia técnica se determinó según dimensiones obtenidas y categorías de fincas. La eficiencia técnica de sistemas ganaderos vacunos fue alta para todas las categorías de las dimensiones, áreas e insumos. En el caso de la diversificación, fue baja en la categoría media-baja, pero en el resto de las categorías se comportó de modo similar a las otras dimensiones.

Palabras clave: *dimensiones, categorías, eficiencia técnica, ganadería.*

ABSTRACT

The research was conducted to determine the technical efficiency of cattle farming systems in the Jimaguayú-Camagüey region. The study spanned a five-year period, resulting in a sample corresponding to 90 farms under study and five years of evaluation. The work began with a rapid rural assessment, which was updated annually to reflect changes in production systems based on farm monitoring conducted through periodic visits. A spreadsheet was developed that included physical, productive, economic, and environmental variables. The study variables were divided according to the dimensions that characterized the production systems. Principal component analysis was used to determine their relationship. The dimensions obtained corresponded to areas, inputs, and productive diversification. The cases were classified into four categories according to the aforementioned dimensions. Data Envelopment Analysis was used to determine the efficiency frontiers. Technical efficiency was determined based on farm size and farm categories. The technical efficiency of cattle farming systems was high for all categories of area and input dimensions. In the case of diversification, it was low in the medium-low category, but in the remaining categories, it behaved similarly to the other dimensions.

Key words: *dimensions, categories, technical efficiency, livestock.*

INTRODUCCIÓN

En los últimos años han existido importantes transformaciones encaminadas a fortalecer las formas de producción cooperativas, como estructura de organización de la agricultura cubana. Al respecto Casimiro (2016) señaló que, independiente a las transformaciones realizadas y el predominio en cuanto a productividad y eficiencia de una u otra forma cooperativa, la realidad del país se ha caracterizado por importar gran cantidad de alimentos, para lo que se ha invertido alrededor de 2.000 millones de dólares por año, con una tendencia al incremento por el alza de los precios en el mercado internacional. También cabe destacar la dificultad cada vez mayor de adquirir algunos alimentos, debido a su uso como fuente de biocombustibles, al deterioro de los ecosistemas donde se producen de forma intensiva y poco racional (Cassman, 2008). Además Cuba presenta la imposibilidad de acceder a opciones de pago y mercados confiables y negociables, que le permitan establecer acuerdos a mediano y largo plazo para los productos, los precios y los plazos de pagos, debido, entre otras causas al embargo a que está sometida. De lo anterior, se desprende el imperativo de desarrollar nuevas estrategias para avanzar hacia una agricultura más adecuada a las potencialidades y realidades de los ecosistemas, más endógena, ajustada a la realidad socioeconómica, técnico-productiva y ambiental existente en el país (Martín y Casimiro, 2016).

Se añade, además, la necesidad de autonomía para las diferentes formas de propiedad, donde los vínculos con el estado sean más indicativos que directivos, se fortalezcan las relaciones entre las cooperativas, el mercado y la industria, de manera que se diversifiquen las fuentes de insumos e ingresos, con incrementos de los niveles de producción y oferta. (Nova 2016).



En el contexto señalado se desarrolla el proyecto "Contribución al desarrollo sostenible de fincas diversificadas con ganadería vacuna de Camagüey para un futuro más verde" (PRO LAIF), que esta orientado a promover la adopción de medidas que optimicen los procesos productivos en el sector agropecuario, como parte del modelo de gestión que se desarrolla en el país y permitan incrementar y diversificar la producción de alimentos sobre bases sostenibles a corto, mediano y largo plazo. Al considerar lo expuesto la investigación tuvo el objetivo de determinar la eficiencia técnica de sistemas ganaderos vacunos en la región Jimaguayú-Camagüey. Los resultados aportaron información para la organización y propuestas de intervención en las fincas beneficiadas por el proyecto señalado.

MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología empleada estuvo basada en el uso de las técnicas del Análisis Envolvente de Datos (AED) y la determinación de las fronteras de eficiencia entre variables de entradas y salidas, para diferentes entidades con similares características (Cobo *et al.* 2015).

El escenario de trabajo lo constituyó la región Jimaguayú-Camagüey, para la investigación se seleccionó una muestra constituida por 90 fincas, que cumplieron los siguientes criterios: constituir sistemas con producciones anuales estables previo al estudio; haber sido beneficiadas por las nuevas resoluciones en relación al uso y tenencia de tierras en la agricultura (Decreto ley 259 y/o 300), tener como principio la diversificación productiva, basada en la integración ganadería–cultivo; dedicar un 50 % o más de su área total a la producción ganadera, donde se incluyan, además de la vacuna, otras especies de importancia económica, como cerdos, ovinos, caprinos, conejos y aves.

Para la caracterización se realizó un diagnóstico rural rápido, el que fue actualizado anualmente en correspondencia con los cambios ocurridos en los sistemas productivos (adquisición de nuevas tierras, introducción de tecnologías, insumos, animales, cultivos, etc.), con un seguimiento a las fincas realizado a través de visitas periódicas (período no mayor a tres meses). El trabajo se extendió por un período de cinco años. Para la captación de los datos se adaptó una planilla en la que se incluyeron variables físicas, productivas, económicas y ambientales.

En una primera etapa las variables en estudio fueron divididas según las dimensiones que caracterizaron los sistemas productivos de la región en estudio, las que se correspondieron con las áreas, los insumos y la diversificación productiva, en relación a las fincas, fueron clasificadas en cuatro categorías según las dimensiones mencionadas. Las categorías fueron denominadas media baja, media y media alta y alta, en correspondencia con los valores medios que las formaron. Para la clasificación se utilizó el análisis de conglomerados k-means, que particiona en grupos disjuntos. El análisis generó grupos de fincas, de tal modo que las ubicadas dentro del mismo grupo fueron similares entre sí y las ubicadas en diferentes grupos, fueron distintas, se utilizó de referencia los estudios hechos por Pereda *et al.* (2017).

En una segunda etapa fue determinada la eficiencia técnica según dimensiones obtenidas y categorías de fincas. La metodología empleada estuvo basada en el uso de las técnicas del Análisis Envolvente de Datos (AED) y la determinación de las fronteras de eficiencia entre variables de entradas y salidas, para diferentes entidades con similares características (Cobo *et al.*, 2015). Para los análisis fueron seleccionados indicadores de entrada, los que se distribuyeron según dimensiones que caracterizaron los sistemas de producción ganaderos en la región, para los de salidas, fueron tomados aquellos de respuesta bioeconómica representativos de los sistemas en estudio. La tabla 1 muestra los indicadores utilizados según dimensiones.

Tabla 1. *Indicadores de entrada y salidas utilizados en los análisis de eficiencia técnica.*

Dimensiones	Indicadores de entrada	Indicadores de salida
Áreas	Área de pastos total, área de forrajes total y número de cuartones	Producción de carne vacuna, otras producciones pecuarias, diversidad de la producción, ingreso bruto, margen bruto, valor agregado, productividad del trabajo y proteína producida
Insumos	Costo total de producción, energía utilizada, intensidad de trabajo, utilización de concentrados, utilización de forrajes, carga global	
Diversificación	Área cultivos varios, utilización de residuos, utilización de fertilizantes orgánicos, riqueza de especies	

Para el procesamiento de los datos se utilizó el programa Frontier Analyst Versión 4.2, para el AED.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la figura 1 los casos aparecen ubicados según rangos de eficiencia técnica para la dimensión áreas. El modelo agrupó un número menor de casos para los rangos comprendidos entre el 31% y 60% de eficiencia. Estos representaron un 3 %, 8%, 9% y 5 % para las categorías de media-baja, media, media-alta y alta, respectivamente. Por el contrario, el mayor porcentaje se agrupó por encima del 61 % de eficiencia técnica, e incluyó con el 100 %, un 34 % en la categoría media-baja; un 22% en la media; un 26% en la media-alta y un 26% en la categoría alta. Los resultados mostraron valores altos de eficiencia técnica, independientes a las áreas que presentaron.

Los niveles de eficiencia técnica alcanzados se relacionaron con las características presentadas por las fincas, con más del 90% de sus áreas utilizadas, que les permitió dedicar gran parte a la producción de pastos, con diferentes niveles de cuartones, forrajes y áreas para otras actividades, que incluyeron los cultivos varios. En correspondencia con lo obtenido Jurado *et al.* (2023), al evaluar la eficiencia técnica y el potencial de mejora de sistemas con ganadería, señalaron una relación entre las fincas con altos ingresos, mayor extensión, más cobertura en pasturas, en bosques y combinan actividad ganadera de leche con cultivos tradicionales, no obstante, resaltaron que podrían tener más ingresos con menos hectáreas en pasturas y cultivos.

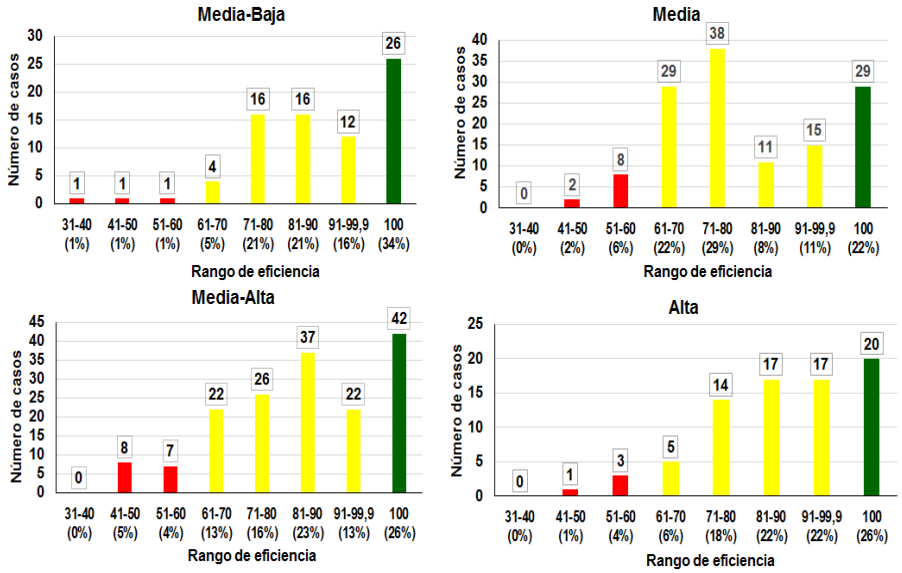


Figura 1. *Casos según rango de eficiencia técnica para la dimensión áreas.*

Al analizar la categoría insumos (figura 2), se observó que el mayor porcentaje se ubicó en rangos con valores que oscilaron entre el 61% y el 100% de eficiencia, lo cual indicó la utilización eficiente de los indicadores de entradas (insumos) en relación a las salidas productivas que tuvieron. Los casos analizados fueron resultantes de un proceso de transformación, donde se integraron estrategias técnicas y productivas diferentes, con un manejo integral, que incluyó la utilización de los recursos naturales combinados con el uso racional de determinadas cantidades de insumos provenientes de fuentes extras al sistema de producción, aspectos determinantes para su eficiencia. En la medida que se observó un crecimiento en relación con la utilización de mayores insumos por categorías, los casos se agruparon en rangos de eficiencias mayores, con una mejor eficiencia técnica. Así se demostró la relación que existió entre la utilización de insumos y la eficiencia técnica, para las categorías evaluadas. Los resultados demostraron las ventajas que tuvieron los insumos sobre la respuesta de los sistemas estudiados. No obstante, resulta importante valorar el tipo de insumos, así como la dependencia en relación con su origen, representada, en muchos casos, por fuentes extras a los sistemas que les impide aprovechar en su totalidad las potencialidades qué pueden existir en las fincas y afectar su sostenibilidad.

En la figura 3, se pudo apreciar que los casos en estudio se agruparon en los rangos de eficiencia más altos, en la medida que la dimensión diversificación fue mayor. La categoría media-baja se distribuyó en nueve rangos de eficiencia, donde se incluyen valores muy bajos. En relación a los casos, el mayor porcentaje se agrupó en los rangos que estuvieron por debajo del 60 %, que representaron el 59 % de la muestra. Sin embargo, por encima del 60 % de eficiencia estuvo el 41 %, donde se incluyó solo un 17 % como eficiente. A diferencia de la anterior, la categoría media integró por debajo del 60 % de eficiencia el 24 % de la muestra. Por su parte, el 77 % restante, superaron el 60 %, donde se incluyeron los casos seleccionados como eficientes (20 % de la muestra). Para la categoría media-alta, a partir del 41 % de eficiencia y hasta el 60 %, estuvo el 27 % de la muestra. Por su parte el 73 % se ubicó por encima del 60 % de eficiencia, con un 11 % eficiente. Por último, la categoría alta agrupó todos sus casos en rangos que fueron desde el 71% al 100 % de eficiencia, con un 82 % con el 100% de eficiencia.

Los análisis realizados permitieron determinar la eficiencia técnica alcanzada, según categorías, para las dimensiones de la intensificación productiva, además, aportaron elementos en relación a indicadores determinantes para la adecuación de los procesos de intensificación a la mejor respuesta en términos de eficiencia técnica, según las dimensiones áreas, insumos y diversificación.

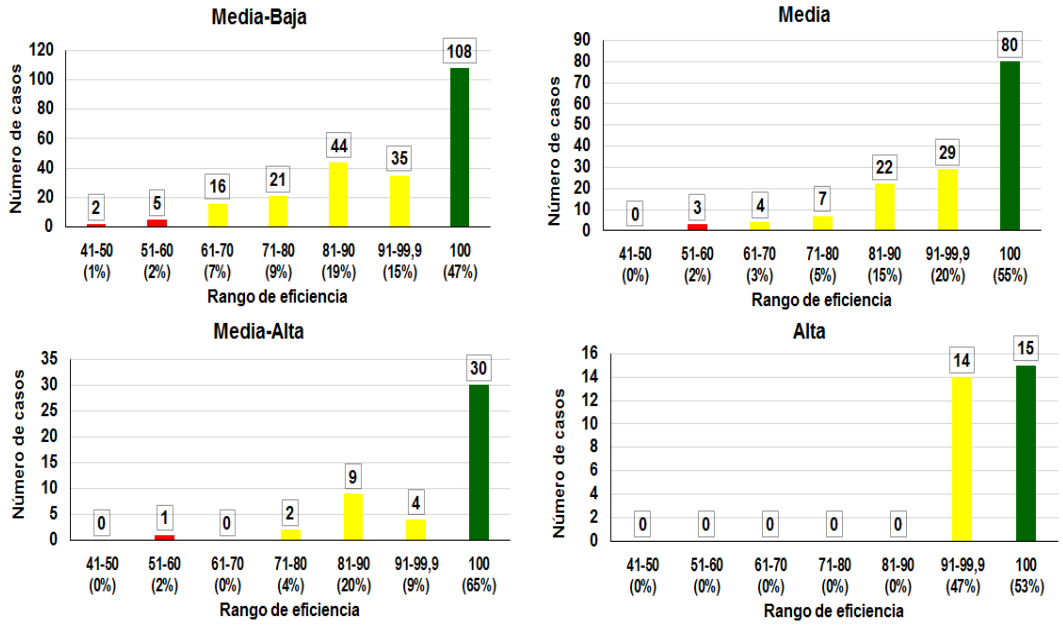


Figura 2. *Casos según rango de eficiencia técnica para la dimensión insumos.*

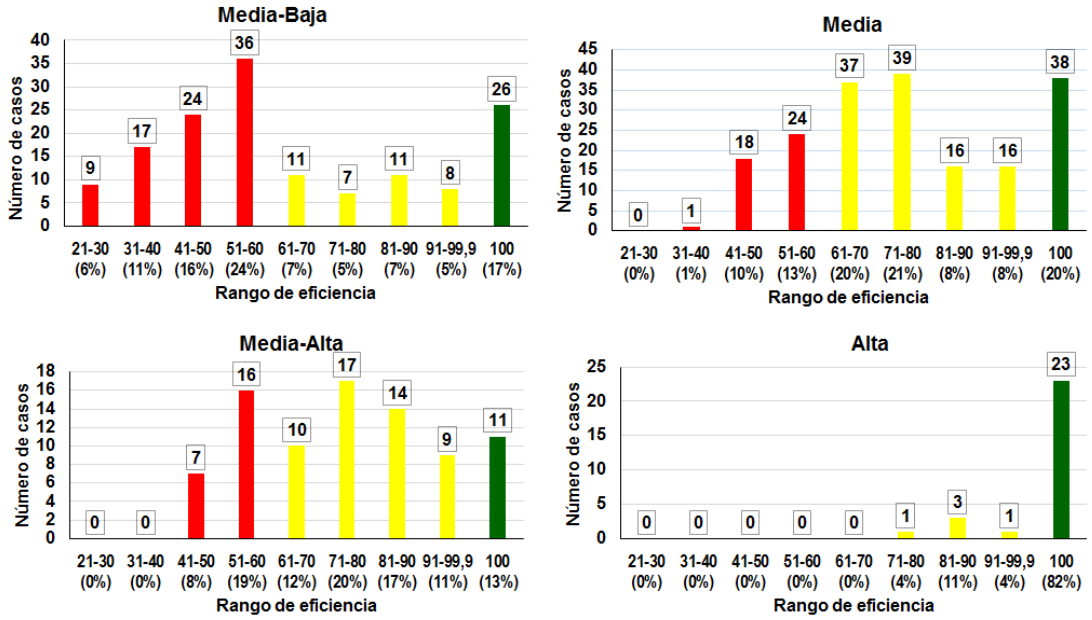


Figura 3. *Casos según rango de eficiencia técnica para la dimensión diversificación.*

CONCLUSIONES

La eficiencia técnica de sistemas ganaderos vacunos fue alta para todas las categorías de las dimensiones áreas e insumos, en el caso de la diversificación fue baja en la categoría media-baja, pero en el resto de las categorías se comportó de modo similar a las otras dimensiones.

BIBLIOGRAFÍA

Casimiro, L. y Casimiro, J.A. 2016. Metodología para medir la resiliencia socioecológica de una finca familiar. Desarrollo rural y agricultura familiar sostenible para el bienestar humano. Memorias IV Convención Internacional Agrodesarrollo. Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey. Matanzas, pp. 277-281

Cassman, K.G. 2008. Biocombustibles, seguridad alimentaria e intensificación ecológica de los sistemas agrícolas. Archivo Agronómico Nº 12. ISSN 1666 – 7115, pp. 1-8

Cobo, R.; Torres, V.; García, A. y Borroto, O. 2015. El análisis económico de la producción de leche en entidades cubanas a partir de modelos económicos matemáticos. SATHIRI, No.8 p. 150

Funes-Monzote., F.R. 2008. Farming like we're here to stay. The mixing farming alternative for Cuba. PhD Thesis. Wageningen University. The Netherland. 211 p.

Jurado, A. G., Pardo, Y. Y., & Hernández, C. E. 2023. Tipificación de sistemas agropecuarios familiares y la seguridad alimentaria en el piedemonte amazónico colombiano. Revista Facultad de Ciencias Económicas. 31(1), pp 31–51.

Martín, G. y Casimiro, L. 2016. Potencialidades para el desarrollo sostenible de la agricultura cubana sobre bases agroecológicas. Gestión sostenible de tierras de uso agrícola y pecuario. Memorias IV Convención Internacional Agrodesarrollo 2016, Matanzas, Cuba. pp. 451-453

Nova, A. 2016. Economía de la transición agroecológica, en Funes, F. y Vásquez, L. (eds). Avances de la agroecología en Cuba. Primera edición. Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey. Matanzas, Cuba. pp. 47-57

Pereda, J. J., Curbelo, L. M., Pardo, G., Vázquez, R., & Figueredo, R. 2017. Clasificación de fincas lecheras según dimensiones de la intensificación productiva en un nuevo modelo de gestión. Rev. prod. anim. 29 (2), 50-56.





IP-58. Fomento del bienestar animal en la finca familiar "Los Buenos", Las Tunas, Cuba

Promoting animal welfare at the "Los Buenos" family farm, Las Tunas, Cuba

U. Bueno Ligurbia[*]*; J.L. Rivero y Y. Garcés Franco*

Finca familiar "Los Buenos", Estación de Pastos y Forrajes y Asociación Cubana de Producción Animal Las Tunas

[*]Correspondencia a: acpa@dlg.ltu.minag.gob.cu

RESUMEN

El trabajo se desarrolla en la finca familiar "Los Buenos" perteneciente a la CCS Josué País García, del municipio Las Tunas. Con un área de 19 hectáreas, ubicada en la comunidad El Parnaso, del Consejo popular número 12, sobre un suelo Pardo con carbonato típico. El objetivo es establecer tecnologías apropiadas que favorezcan permanentemente el Bienestar animal. La capacitación se basó en el principio: Compartiendo ciencias y conocimientos. Se intenciona establecer sistemas que diversifiquen la producción agraria, integren ganadería con agricultura y logren la soberanía alimentaria nutricional para la familia y los animales sobre bases agroecológicas en armonía con la naturaleza para proteger el medio ambiente. De la superficie disponible se dedican 12.0 hectáreas a la ganadería en pastoreo, 5.0 hectáreas a los cultivos varios y 2.0 hectáreas a instalaciones y vías de acceso. Las producciones se diversifican, constituyendo los renglones más importantes la producción de carne bovina en pie, carne de cerdo criollo en pie, ovino-caprino, cultivos varios, frutales y Silvopastoreo. La finca ha logrado establecer un modelo orientado a manejar la ganadería de Las Tunas, con más ciencia, innovación y comunicación.

Palabras clave: *finca familiar, bienestar animal, diversificación, integración, naturaleza.*

INTRODUCCIÓN

La ganadería en Las Tunas, como rama productiva se caracteriza por su complejidad técnica, donde los resultados están gobernados por las condiciones edafoclimáticas. En las circunstancias actuales, el manejo de la finca requiere de una capacitación permanente sobre las tecnologías apropiadas que puedan contribuir a la sostenibilidad y eficiencia de la producción ganadera. La asesoría técnica en los pilares básicos de la ganadería tropical (Genética, Alimentación, Salud, Manejo y Reproducción), permitirá un mejor desempeño en la economía de la finca familiar. Un manejo que proporcione bienestar a los animales, mejora su comportamiento productivo (García-Trujillo 1996). El empleo del Sistema silvopastoril sobre bases agroecológicas, armoniza con los procesos naturales, restaura equilibrios perdidos y promueve otros nuevos que pueden ser una opción eficaz para la explotación agropecuaria (Rivero 2007).

Castro (2002) señaló: Sólo la ciencia, la técnica y la productividad por hectárea podrán enfrentar el grandioso desafío que tiene por delante un planeta que se empobrece y cuya tierra agrícola y agua potable disminuye año por año. No puede haber verdadera soberanía, sostenibilidad y prosperidad sin capacidades de conocimientos, ciencia, tecnología e innovación (Diaz-Canel, 2021).

En este sentido, el objetivo del trabajo es establecer tecnologías apropiadas que favorezcan permanentemente el Bienestar animal.

MATERIALES Y MÉTODOS

La Finca "Los Buenos" ubicada en la comunidad el Parnaso, vinculada a la CCS Josué Paíz García, en el municipio Las Tunas utiliza prácticas avanzadas que relacionamos: Cero labranzas para la rehabilitación de pastizales promisorios e incremento de la Arborización multipropósito, a través de semillas de gramíneas y leguminosas colocadas en el rumen de los bovinos; Control biológico del Marabú (*Dichrostachys cinerea*), donde interviene el hombre, las cabras y los cerdos criollos; Ensamblaje de una Batería de carbón vegetal para el aprovechamiento de la energía magnética (cruces de Hart-Mann); Establecimiento de un apiario para una polinización permanente en especies maderables, frutales, granos, hortalizas y oleaginosas; Manejo de un vivero forestal que permite la multiplicación acelerada de una Arborización Multipropósito(AMP); Establecimiento de un Lombricario, que multiplica la Lombriz Híbrido Roja californiana (LHRC), para la producción de humus. Protección a los polinizadores universales (Abejas, Zunzunes, Murciélagos, Mariposas y Abejorros) y Ubicación de los abrevaderos al sol, para minimizar el efecto por dominancia y sumisión que ocurre en la jerarquía de Rebaños.

<u>Tecnologías apropiadas que utiliza la Finca Familiar en función de la Sostenibilidad y la Eficiencia.</u>

- Regionalización de los pastos (REGPAST)
- Sistema Silvopastoril sobre bases agroecológicas, para una alimentación bovina sostenible
- Balance Forrajero y Alimentario

- Promoción de Fuentes Renovables de Energía en el medio rural (FRE). Tracción animal, Molino a viento, Energía solar.
- Pilares Básicos de la Ganadería Tropical (Genética, Alimentación, Salud, Manejo y Reproducción)
- Conservación de alimentos para el período de crisis forrajera (Heno en pirámide, ensilajes, áreas de compensación, Harinas de plantas proteicas)
- Procedimientos para estimar la Carga Animal adecuada en la finca ganadera.
- Formulaciones para la Fabricación de Bloques Multinutricionales (BMN)
- Multiplicación de Microorganismos Nativos (MN- IHplus).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Paniagua (2019) indicó que la Ciencia está en el suelo, es la clave para la productividad en las fincas, debe ser rico en nutrientes y en materia orgánica (5 a 13 %). Los suelos se enriquecen al protegerlos de los efectos directos del sol y del viento.

Esta vez se logra hacer uso de los conocimientos científicos y las experiencias prácticas que se han validado con éxitos (Regionalización de cultivos, Producción de semillas, Silvopastoreo, Balance Alimentario). Un Sistema Silvopastoril, como el que se establece en estas condiciones edafoclimáticas, puede aportar importantes beneficios: reducción de la deforestación, bienestar animal, rehabilitación de tierras degradadas y producción de bienes de alta calidad (carne, leche, frutales, maderas, pieles, mieles, leña).

En la tabla 1 se presentan diferentes especies de postes nacientes (vivos) que aportan biomasa comestible a la alimentación animal, a través de excelentes rebrotes con alto valor biológico (10 t de MV/Km/año). Además aparecen las principales arbóreas proteicas con potencial para ser usadas en la alimentación animal (tabla 2).

Tabla 1. *Especies de postes nacientes (vivos) que aportan biomasa comestible a la alimentación animal, a través de excelentes rebrotes con alto valor biológico (10 t de MV/Km/año)*

Nombre común	Nombre científico	Forma de propagación
Júpito o Bien vestido	*Gliricidia sepium, Kth.*	semillas y estacas
Moringa o Paraíso francés	*Moringa oleifera, Lam.*	semillas y estacas
Almácigo o Indio desnudo	*Bursera simaruba, L.*	estacas
Jobo	*Spondias mombin, L.*	semillas y estacas

Paretas (2024) precisó que la meta final es producir bien y en forma sostenida para favorecer el progreso del ganadero, el entorno social y natural, apoyado en la autoridad de argumento colectivo, en vez del gastado y dañino argumento de la autoridad.

Tabla 2. *Fomento de arbóreas proteicas con potencial para ser usadas en la alimentación animal*

Nombre común	Nombre científico	Forma de propagación
Leucaena	*Leucaena leucocephala, Lam.*	semillas
Moringa	*Moringa oleifera, Lam.*	semillas y estacas
Morera	*Morus alba, Lin.*	semillas y estacas.
Tithonia	*Tithonia diversifolia, Hemsl.*	semillas y estacas
Trichanthera	*Trichanthera gigantea(H. et B.)*	estacas
Cratylia	*Cratylia argentea.*	semillas y esquejes

Guásima	*Guazuma ulmifolia, Lam.*	semillas
Güira	*Crescentia cujete, L.*	semillas y margullos
Algarrobo de olor	*Albizia lebbeck.*	semillas
Gandul	*Cajanus cajan, Millsp*	semillas

Finalmente la Arborización Multipropósito (AMP) lograda en la finca familiar "Los Buenos" se muestra en la tabla 3.

Tabla 3. *Arborización Multipropósito (AMP) lograda en la finca familiar "Los Buenos"*

No	Especies	No. árboles	No	Especies	No. árboles
1	Aguacate (*Persea americana, mill*)	50	19	Guinda(*Phytecellobium dulce,Benth*)	50
2	Ají de Cabaiguan(*Parmentiera edulis,D.C)*	2	20	Güira (*Crescentia cujete, L.*)	6
3	Algarrobo del país (*Samanea samán, Merr.)*	86	21	Jambolán *(Syzygium cuminii, Skeels*)	30
4	Anón (*Annona squamosa. L.)*	12	22	Jubabán(*Trichilia hirta.L.)*	31
5	Almácigo (*Bursera simaruba,L*)	20	23	Júpito(*Gliricidia sepium,Kth.*)	24
6	Ateje americano(*Cordia sp*)	10	24	Leucaena (*Leucaena leucocephala,L.)*	32
7	Ateje común *(Cordia collococca,L.)*	5	25	Limón (*Citrus limón Burm,)*	1
8	Bambú(*Bambusa tuldoides,Munro)*	3	26	Mango (*Mangifera indica. L.*)	70
9	Caoba hondureña (*Swietnia machophylla, King)*	5	27	Marañón(*Anacardium occidentale,Lin.)*	8
10	Ceiba(*Ceiba pentandra,L*)	3	28	Mamoncillo(*Melicocca bijuga,Lin.)*	5
11	Cerezo del país(*Malpighia punicifolia,L*).	4	29	Morera (*Morus alba, Lin.*)	10
12	Chirimoya(*Annona cherimolia, Mill*)	8	30	Níspero (*Achras sapota,Lin)*	5
13	Ciruela (*Spondias purpurea, L.)*	11	31	Naranja agria (*Citrus x aurantium)*	2
14	Cocotero (*Cocos nucifera L.*)	35	32	Palma real (*Roystonea regia, Cook.*)	10
15	Guanábana (*Annona muricata, L.)*	12	33	Piñón botija (*Jatropha curcas, Lin.)*	5
16	Guano de cana(*Sabal florida,Becc)*	20	34	Pomarrosa(*Syzygium jambos,*L)	3
17	Guásima (*Guazuma ulmifolia, Lam.*)	130	35	Quebracho (*Ehretia tinifolia,L.*)	17

18	Guayaba (*Psidium guajava, Lin.*)	12	36	Tamarindo (*Tamarindus indica, Lin.*)	1
-	Total de árboles en la finca.	950	37	Tylo (*Moringa oleifera. Lam*)	20
-	Arboles / hectáreas.	50	-	----------	-------

CONCLUSIONES

La Finca ha logrado una economía familiar ascendente a partir de los Sistemas de Diversificación de la producción agraria, Integración de la Ganadería con la Agricultura y la Autosuficiencia alimentaria soberana y nutricional para el campesino y sus animales.

También se ha podido establecer un modelo orientado a manejar la Ganadería de Las Tunas, con más Ciencia, Innovación y Comunicación.

RECOMENDACIONES

Retornar al suelo el 25% de las ganancias que provienen de la Finca Familiar, a través de Materia Orgánica, Humus, Sombra, Drenaje, Subsolado, Batería de Carbón Vegetal, Leguminosas, Sistemas Silvopastoriles, Corrección de Cárcavas, Compostaje, Lombricultura y Microorganismos Nativos.

BIBLIOGRAFÍA

Castro, F.C. 2002. Periódico Granma. Septiembre 28/09/2002.

Díaz-Canel, M. 2021. Sistema de gestión del gobierno, basado en ciencia e innovación para el desarrollo sostenible en Cuba. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Té cnicas. Santa Clara, Cuba.

García –Trujillo, R. 1996.Los Animales en los Sistemas Agroecológicos. Bases etológicas del manejo de los animales. Capítulo. 1. Conceptos Básicos.pag.1.

Paniagua, J.J. 2019. Curso de Agricultura y Ganadería Orgánica. Finca Orgánica "Tierra de Sueños". Zarcero, Costa Rica (17-24 noviembre/2019).

Paretas J. J. 2024. Resumen. Modelo de Gestión para el Manejo de la Ganadería de Las Tunas.

Rivero, J.L. 2007. Potencialidades de la *Leucaena leucocephala* para la producción de leche en la provincia de Las Tunas. Tesis presentada en opción al título de Master en Pastos y Forrajes. Indio Hatuey. Matanzas. Cuba.

Roig, J.T.1975. Diccionario Botánico de nombres vulgares cubanos. Cuarta Edición. Universidad de Oriente. Facultad de Ciencias Agropecuarias.

Valdés, L.R. 2013. Procedimiento para Estimar la Carga Adecuada en Unidades y Fincas Ganaderas. La Habana, Cuba. Instituto de Investigaciones de Pastos y Forrajes. Ministerio de la Agricultura.





IP-59. Caracterização da produção agrária familiar na Aldeia do Maholeco, Município da Cacula, Angola

Characterization of family agricultural production in the Maholeco Village, Municipality of Cacula, Angola

M. Cativa Chivangulula[1]; R. de Oliveira Major[1]; J. Kaculete Katimba[2] y J.N. Mário Chivangulula[3]*

[1]Instituto Politécnico da Huila, Universidade Mandume Ya Ndemufayo

[2]Empresa Carrinho

[3]Complexo Escolar 1250 Nossa Senhora Dos Pastorinhos - Lar Otchio

[*]Correspondencia a: madureira2006@yahoo.es

RESUMO

A agricultura familiar envolve atividades agrícolas compartilhadas pela família e está ligada a diversas áreas do desenvolvimento rural. Uma característica marcante do sector é a produção diversificada que inclui produção agrícola, florestal, pesqueira, pastoril e apícola. Objectivou-se com este trabalho fazer a Caracterização da produção familiar. Através da revisão bibliográfica, discute-se sobre o conceito da agricultura familiar, da situação da agricultura familiar em Angola, a sua história, o papel da agricultura familiar na economia nacional, assim como o seu contributo para a segurança alimentar e a sua importância para a sustentabilidade agroalimentar. A pesquisa assenta numa análise tanto qualitativa como quantitativa com base nos dados primários recolhidos, na qual participaram 31 agregados familiares da aldeia Maholeco, Município da Cacula, Angola. Para tal, elaborou-se um questionário com objectivo de analisar a produção familiar desta aldeia. Em função da análise dos resultados, verificou-se nesta pesquisa, que na aldeia em estudo as culturas predominantes são: o milho, massambala e feijão, mas com maior destaque a cultura de massambala. No entanto, houve maior produtividade na cultura do milho da variedade melhorada, mas com realce em campos de produtores que possuem gados bovinos nas suas unidades produtivas.

Palavras-chaves: *Agricultura Familiar, Produtividade, Segurança Alimentar, Sustentabilidade Agroalimentar.*

ABSTRACT

Family farming involves agricultural activities shared by the family and is linked to various areas of rural development. A striking feature of the sector is its diversified production, which includes agricultural, forestry, fishing, pastoral, and beekeeping. The objective of this study was to characterize family farming. Through a literature review, the concept of family farming is discussed, along with the situation of family farming in Angola, its history, the role of family farming in the national economy, as well as its contribution to food security and its importance for agri-food sustainability. The research is based on both qualitative and quantitative analysis based on primary data collected, in which 31 households from the Maholeco village, Cacula Municipality. To this end, a questionnaire was developed to analyze family production in this village. Based on the analysis of the results, it was found that the predominant crops in the village under study are corn, sorghum, and beans, with corn being the most prominent. However, productivity was higher in the improved corn variety, but this was particularly true in fields owned by producers who have livestock and poultry on their production units.

Keywords: *Family Farming, Productivity, Food Security, Agrifood Sustainability*

INTRODUÇÃO

O tema da agricultura e agricultura familiar está no centro de muitos debates sobre o desenvolvimento sustentável. Isso tem sido recorrente após longos anos de dedicação de um conjunto de agricultores que buscaram este reconhecimento através de suas organizações para desvelar este segmento junto às políticas públicas, com um conjunto de pesquisadores que nos últimos anos apresentaram no espaço de pesquisa a importância deste segmento para o desenvolvimento

A agricultura familiar entra na discussão sobre a sustentabilidade ambiental. A mudança tecnológica é entendida como um campo de disputa que envolve processos económicos e culturais de valorização e desvalorização das formas sociais da agricultura familiar. A sustentabilidade é enfocada como um processo de mudança tecnológica que envolve a apropriação privada dos recursos ambientais e como um processo de apropriação do saber (Chivangulula, 2020).

Hoje a agricultura está presente não somente como economia, mas é nela que acontecem grandes debates sobre o desenvolvimento. Porém, a constituição do sector agrícola não é homogénea, existem os agricultores mais capitalizados, com mais terras, outros com pequenos lotes, ou ainda os que estão na luta para conseguir um espaço através das políticas de reforma agrária. Há ainda, os que possuem acesso as políticas públicas e tecnologias, os que se preocupam apenas em produzir em grande escala, outros pela orgânica, outros ainda produzem para a alimentação de subsistência; ou seja, a diversidade de necessidades e características que compõem o sector agrícola, muitas vezes, torna difícil assegurar que uma política adoptada, possa beneficiar a todos os produtores.

A agricultura familiar é o tipo de actividade que tem como mão-de-obra predominante o núcleo familiar, não dispõe de muitas tecnologias e a produção é diversificada, isto é, produz diversos tipos de alimentos. Ela é geralmente destinada a subsistência da própria família e ao mercado interno (ECOANGOLA, 2020).

A agricultura familiar envolve actividades agrícolas compartilhadas pela família e está ligada a diversas áreas do desenvolvimento rural. Uma característica marcante do setor é a produção diversificada que inclui produção agrícola, florestal, pesqueira, pastoril e agricultura familiar tem dado evidências do seu papel estratégico no combate à fome e à miséria, bem como da sua contribuição fundamental para garantir a segurança alimentar dos países e promover a implantação de um novo modelo de desenvolvimento, pautado na sustentabilidade.

No contexto Angolano, conforme aponta Correia (2013), o sector agrícola familiar representa 99,8% dos produtores, dominam 59,3% da área cultivada anualmente e, possuem uma área média de 1,4 ha/família. Dados recentes confirmam que quase 90% da produção agrícola em Angola é proveniente da agricultura familiar, grande parte dos produtos cultivados são orgânicos livres de qualquer produto químico, e essa actividade merece destaque, pois além de alimentar os produtores, ela serve de alimento para o consumo de grande parte da população. Mesmo Angola sendo um país rico em petróleo, a agricultura de pequena dimensão representa uma importância vital.

Num estudo realizado pelo IDA Financiado pela FAO em 2024, após consulta nas 18 Províncias do Pais na altura com os produtores, cooperativas, banca, empresários agro-pecuário bem como a academia construíram o conceito de que Agricultura Familiar como sendo aquele sistema que se caracteriza pela prática da actividade agrícola, pecuária, maneio florestal, pesqueira artesanal, aquícola, apícola e outras, que detenha ou não o título de posse de terra, num limite máximo de área explorada de até 10 hectares, que utiliza predominantemente a mão-de-obra familiar, podendo recorrer à mão-de-obra assalariada sazonal ou ainda permanente, mas em pequena escala. E na qual, classificaram a Agricultura Familiar em quatro grupos. O objectivo do presente estudo foi caracterizar a produção agrária familiar na Aldeia do Maholeco, Município da Cacula.

MATERIAIS E MÉTODOS

A presente pesquisa procurou, em primeiro lugar, proceder à busca por dados que deram o suporte necessário à resposta da pergunta inicialmente proposta: Como os agricultores familiares podem contribuir na produção agrícola da aldeia Maholeco no Município da Cacula. Para o estudo, foram seleccionadas 31 agregados familiares agrícolas de diversas culturas e diversas variedades.

Na realização do estudo obteve-se informações da produção agrária familiar desta localidade. Tento em conta, o rendimento da produção do milho local, milho introduzido, massambala, massango e feijão, bem como de animais (bovino, caprino suino e aves que normalmente utilizam seus abonos para adubação orgânica).

Análise de Dados

Para a caracterização dos produtores familiares utilizou-se a estatistica descritiva (Média, Desvio padrão, Coeficiente de variação, valor minimo e máximo). De igual modo, realizou-se a ANOVA de clasificacão simples, para conhecer o efeito do rendimento do milho local e introduzido em kg na localidade em estudo. Para a comparação de médias utilizo-se a dozima de LSD de Fisher.

Também aplicou-se análise Qui quadrado para conhecern a especie animal que mais importa aos produtores. Para a comparação de proporção utilizou-se a dozima de comparação de Duncan (1955). Os dados foram processados mediante o software estatistico, Infostat versão 2024, CompraPro (Font *et al.* 2007) e SPSS versão 2024.

RESULTADOS E DESCUSSÕES

Tabela 1. *Caracterização dos produtores familiares na Aldeia do Maholeco, Município da Cacula*

Cultura	Média kg	Devio Padrao	C.V	Min	Max
Feijão	274.00	166.53	60.78	100.00	550.00
Massango	486.36	208.68	42.91	300.00	900.00
Massambala	529.41	217.99	41.18	250.00	900.00
Milho local	456.82	165.68	36.27	200.00	800.00
Milho introduzido	702.13	118.80	16.92	509.00	966.00

Quanto a cultura de massango, verificou-se menor aderência de produção, em detrimento de ataque de pássaros naquela aldeia o que resulta em baixa produtividade.

No que toca a variedade introduzida, 22 agricultores aderiram e foram orientados bem sobre o compasso de sementeira, com uma área de 0,5ha por agricultor, tendo o rendimento mínimo de 509kg em 0,5ha e o rendimento máximo de 966kg e obtendo o rendimento médio 702,13kg em 0,5ha.

Os resultados reflectidos na figura 1 demonstrou o rendimento dos 31 produtores da localidade em estudo onde ficou claro que 2 produtores possuem rendimento de 800kg, 1 produtor com 700kg e 3 produtores com 600kg os demais estavam por de baixo dos 600kg. Estes resultados estão por baixo dos rendimentos obtidos na campanha agrícola de Angola 2023/2024 (IDA, 2024).

No que tange a cultura de massango, os resultados de produtividade média encontrados neste estudo foram aproximadamente similares aos encontrados pela FRESAN, tendo uma média de produtividade de 486,36kg/ha, estando relactivamente acima devido enventualmente dos tipos de solos, nível de fertilidade dos solos em que se realizou os estudos e quantidades das quedas pluviométricas de cada ano agrícola, visto que os estudos foram feitos em localidades diferentes.

Relactivamente aos resultados da produtidade média em kg/ha da cultura de massambala, constatou-se uma quantidade ligeiramente significativa de 546kg/ha em comparação com os resultados encontrados pela FRESAN nas campanhas de 2018, 2019 e 2020, quando faziam estudo sobre cadeias de valor de cereais, leguminosas e pecuárias nas Províncias do Namibe, Huíla e Cunene.

E quanto ao resultado de produtidade da cultura de feijão encontrado neste estudo, verificou-se a média de produtividade de 254kg/ha, que é relactivamente baixa em comparação com o resultado encontrado pela FRESAN, no relatório sobre o estudo de cadeias de valor de cereais, leguminosa e pecuária nas províncias acima referidas, tendo encontrado uma produtidade de 498kg/ha, 380kg/ha e 496, respectivamente. Esta baixa produtidade encontrado neste estudo deveu-se principalmente a estiagem que aconteceu na referida campanha.

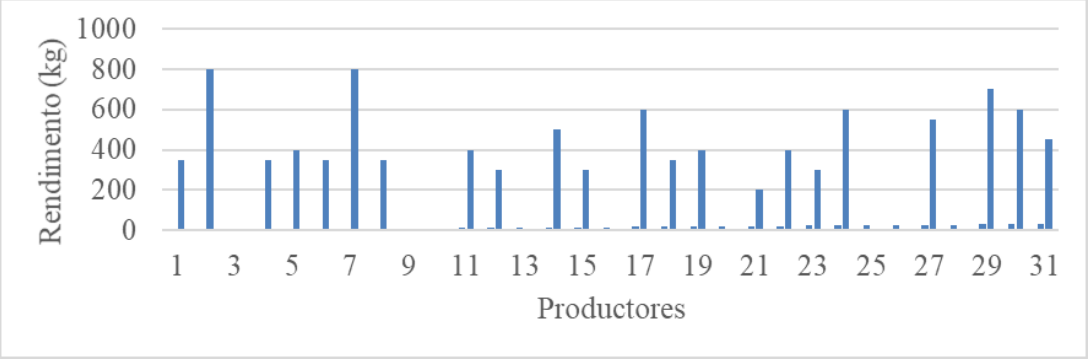


Figura 1. *Quantidade de milho local colhido por 1 hectar*

Os resultados da figura 2 demonstrou que dos 31 produtores houve rendimentos acima de 3 produtores com rendimentos acima de 600kg com unma produção de até 966kg em 0,5ha.

Estes resultados estão por baixo do rendimento em África que varia muito por país, como a África do Sul a liderar em produção e países como a Nigéria, Etiópia, Egito e Tanzânia também se destacando. No entanto, a produtividade desses Países é considerada baixa, cerca de 3.897 kg/hectar, o que indica a necessidade de melhorias no maneio cultural para aumentar a rentabilidade e o rendimento. E os baixos rendimentos em grande parte da África subsaariana são causados por factores como a má gestão da terra e das culturas, o uso de sementes não adaptadas, pragas, doênças e seca, limitando o potencial da cultura. Para aumentar a produtividade, os agricultores devem adoptar práticas agrícolas sustentáveis, tais como a rotação de culturas, a fertilização do solo, o uso de sementes de alta qualidade e a melhoria da gestão da água e das pragas. Mordorintelligence. (2025).

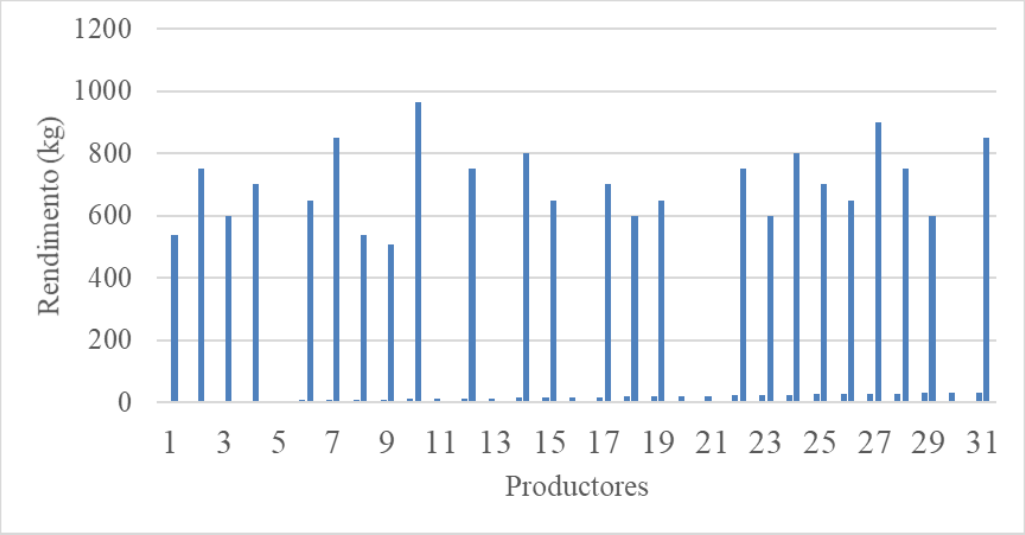


Figura 2. *Do rendimento do milho introduzido da variedade seed co 608 obtido em 0,5 hectares.*

Na figura nº2 observou-se que maior parte dos produtores os seus rendimentos estão acima dos 600kg em meio hectar o que desmonstrou que estes indicadores estão acima dos resultados obtidos na campanha agrícola 2023/2024 segundo informou o IDA,2024 no seu relatório da referida campanha agrícola.

Nesta conformidade, é factível que os produtores familiares utilizam o milho introduzido no sentido de aumentar a sua produtividade e por outro lado, pela seleção por massa poderiam seleccionar as espigas mais vigorosas do milho local de modos a conservar as suas sementes.

Tabela 2. *Comparação do rendimento da produção do milho local e introduzido.*

TTo / Variável	Milho local em 1 hectar	Milho introduzido em 0,5 hectar	EE Signif.
Rendimento (kg)	456.82	681.14	± 29.10 p<0.0001

Os resultados apresentados na tabela 2 demonstrou que o rendimento do milho introduzido foi o melhor, segundo os estudos demonstrados houve diferenças significativas e do conhecimento geral que o milho local possui uma grande resistência a pragas e doenças e adaptação às condições locais, enquanto o milho introduzido, geralmente um híbrido ou variedade melhorada, tem maior produtividade, mas pode necessitar de mais cuidados e tratos culturais específicos para expressar seu potencial.

Os resultados encontrados no estudo, vão de acordo aos apresentados por outros autores ao fazerem estudos sobre análise da produção agrária familiar. Neste estudo, o milho local atingiu uma produtividade de média de 456,82kg/ha, estando relactivamente abaixo das quantidades encontradas nos resultados da pesquisa feita pela FRESAN nas campanhas agrícolas de 2018 a 2020 nas províncias do Namibe e Huíla e, estando acima das quantidades obtidas na província do Cunene nas campanhas acima referidas.

Quanto ao resultado do milho introduzido da variedade Seed co 608, a média de produtividade passa das acima referidas, atingindo uma média de produtividade de 1414kg/ha, visto que trata-se de semente melhorada com um potencial produtivo muito alto e também pela orientação técnica que alguns produtores daquela aldeia beneficiaram e vai de encontro aos resultados de produtidade de 1120kg/ha encontrados pela FAO em 2022. Este desempenho é substancialmente inferior aos padrões observados em potências agrícolas globais como os Estados unidos e o Brasil, a produtividade supera os 5000kg/ha. Além disso, Angola ainda fica atrás dos seus vizinhos africanos em termos de eficiência produtiva: nações como a Zâmbia e a Etiópia registam produtividades médias de 2426 kg/ha e 4000kg/ha.



Tabela 3. *Produtores que possuem animais no seu sistema produtivo.*

Espécie	Quantidade		EE Signif.
	No.	%	
Bovino	26	83.87[a]	±6.86 P<0.001
Caprino	27	87.10[a]	
Porco	19	61.29[b]	
Aves	30	96.77[a]	

Os dados apresentados na tabela 3, verificou-se que dos 31 agregados familiares agrícolas entrevistados, dos quais 30 têm aves, 27 possuem gados caprinos, 26 têm gados bovinos e 19 possuem porcos. No entanto, quase todos agricultores têm aves, gados caprinos e gados bovinos nas suas unidades produtivas. A pecuária tem grande importância socioeconómica para o país, visto que fornece produtos directos para alimentação humana, sendo também uma fonte de rendimento para o auto-sustento as famílias. Ela integra a criação de animais à produção agrícola em pequenas propriedades, utilizando a mão de obra familiar para diversificar a produção, gerar renda e fortalecer a economia local.

O gado desempenha um papel relevante no desenvolvimento agrícola, como fornecedor de estrume para fertilização dos solos e como apoio a exploração agrícola, através de tracção animal (tracção de charruas e carroças) para a lavoura das terras.

Dados deste estudo apontam que a maioria dos agricultores, fazem a criação de gados bovinos, caprinos e aves nas suas unidades produtivas, contribuindo assim para fertilização dos solos e tracção animal para lavrar as suas terras, corroborando com os resultados da FRESAN encontrados no seu estudo acima referido.

Quanto aos produtores que não possuem gados bovinos e que têm somente gados caprinos, suínos e aves ou apenas um desses animais nas suas unidades produtivas, tiveram quantidades de produto por área baixo, em virtude de pouca produção de estrume e por dependerem dos outros produtores que possuem gados bovinos para o cultivo das suas lavras. Essa dependência, faz com que esses produtores às vezes, façam sementeira tardiamente, ou seja, fora de época favorável à cultura e que, por conseguinte resulta em baixa produtividade. Portanto, os godos bovinos nas unidades produtivas familiares são a chave fundamental para o cultivo e fornecimento de adubo orgânico. Verificou-se que os produtores possuem mais gado bovino, caprino, aves e 61,29% dos produtores possuem suíno.

Quanto aos produtores que não possuem gados bovinos e que têm somente gados caprinos, suínos e aves ou apenas um desses animais nas suas unidades produtivas, tiveram quantidades de produto por área abaixo, em virtude de pouca produção de estrume e por dependerem dos outros produtores que possuem gados bovinos para o cultivo das suas lavras. Essa dependência, faz com que esses produtores às vezes façam sementeira tardiamente, ou seja, fora de época favorável à cultura e que, por conseguinte resulta em baixa produtividade. Portanto, os gados bovinos nas unidades produtivas familiares são a chave fundamental para o cultivo e fornecimento de adubo orgânico.

CONCLUSÕES

- A caracterização dos agregados familiares demonstrou que a variedade introduzida possui melhores resultados que a variedade local;
- Maior parte dos produtores possuem aves no seu sistema produtivo;
- Os produtores que possuem animais são os que possuem melhores rendimentos devidos os adubos orgânicos que obtêm dos excretos dos seus animais que sao utilizados na produção.

LITERATURA

Chivangulula, M. C. (2020) Agricultura familiar e desenvolvimento sustentável. Edições Eco7, Luanda.

Correia, A. M. A (2013) Agricultura familiar versus a agricultura de subsistência no âmbito da segurança alimentar no espaço dos países da CPLP. Instituto Superior de Agronomia.

Duncan B. (1955). Multiple range and multiple F test. Biometrics 11(1):1–42. DOI: 10.2307/3001478.

Di Rienzo, J.A., Casanoves, F., Balzarini, M.G., Gonzalez, L., Tablada, M. & Robledo, C.W. (2012). Grupo InfoStat versión 2012. FCA Universidad Nacional de Córdoba Argentina. [En línea]. Disponible en: http://www.infostat.com.ar

Ecoangola, (2020), Como a agricultura familiar em Angola pode ajudar a conservar o ambiente.

Filho. L.A.V., Heineck. J. A., Benvenutti. N. S. (2018). Agricultura familiar – uma história, um legado.

Fon, J, Noda, A., Torres, V., Herrera, M., Lizaza, D., Sarduy, L. y Rodríguez, L. (2007). Comparación de proporciones. CompraPro, vresión, 1.

Mordorintelligence. (2025). Produção de milho na África Tamanho do mercado e análise de participação – Tendências e previsões de crescimento (2024 – 2029) Source. Consultado 15/06/2025). Disponível em: https://www.mordorintelligence.com/pt/industry-reports/african-maize-market

Microsoft Excel versión 9.0. (2003). Microsoft Corporación. USA.

IDA. (2024). Relatório da Campanha Agrícola 2023-2024.

IBM. (2025). IBM SPSS Statistics for Windows Version 24.0





BIODIVERSIDAD MITIGACIÓN Y ADATACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

COORDINADORES:

Dr. C. Nurys Valenciaga Valdés, Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba
Dr. C. Juana Luz Galindo Blanco, Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba

2025
SILVOPAT

ISBN: 978-959-7171-88-1

Cu-ID: https://cu-id.com/book/978-959-7171-88-1



TABLA DE CONTENIDO

BMA-01. Sistemas Silvopastoriles Tropicales: Funcionalidad Ecológica, Mitigación Climática y Escalamiento Tecnológico 5

BMA-02. Tree presence and grazing management shape the spatial distribution of soil carbon, nitrogen, and their stable isotopes in silvopastoral *dehesa* systems 6

BMA-03. El nitrógeno de las plantas proteicas en los sistemas silvopastoriles 14

BMA-04. Diseño e implementación de un sistema silvopastoril en fajas para ganadería doble propósito en pastoreo rotacional, para la finca AgroEscazú, Vistahermosa (Meta, Colombia): Evaluación de productividad, servicios ecosistémicos y sostenibilidad agropecuaria 24

BMA-05. Biodiversity and forage production in natural grasslands under silvopastoral systems during early stages of forest rotation 39

BMA-06. Composición química de fitolitos presentes en comunidades vegetales para pastoreo 48

BMA-07. Composición química de Cenchrus purpureus utilizado como banco de biomasa en el periodo poco lluvioso 52

BMA-08. Producción, calidad forrajera y variabilidad morfológica de frutos de algarrobo blanco en un sistema silvopastoril 53

BMA-09. Principales recursos forrajeros utilizados en Cuba para una ganadería sostenible 61

BMA-10. Comportamiento morfoagronómico de accesiones de *Megathyrsus maximus* (Jacq.) B.K. Simon & S.W.L. Jacobs. 66

BMA-11. Respuesta agroindustrial de cultivares de caña de azúcar utilizadas como alimento animal 1 en condiciones de sequía. 72

BMA-12. Procedimientos para la realización de los diseños en parcelas ganaderas del proyecto IRES en el municipio de Jobabo provincia Las Tunas. 78

BMA-13. Comportamiento alimentario de cabras en pastoreo intensivo en agroecosistemas con *Dichrostachys cinerea* (L.) Wight & Arn. 81

BMA-14. Caracterización morfológica de accesiones de *Cenchrus purpureus* obtenidas por cultivo de tejidos del banco de germoplasma del Instituto de Ciencia Animal 88

BMA-15. Avances en el aislamiento e identificación de bacterias presentes en el cultivo de tejidos de *Cenchrus purpureus* CT-608 91

BMA-16. Espécies regenerantes e seu potencial para formação de sistema silvipastoril biodiverso na savana brasileira 97

BMA-17. La flora arbórea camagüeyana y sus potencialidades de uso en sistemas agroforestales 101

BMA-18. Reporte de primeros hallazgos de morfoespecies de artrópodos asociadas a *Morus alba L.* en Cuba 108

BMA-19. Influencia de la estacionalidad en la diversidad de artrópodos en sistemas agroforestales del trópico húmedo de México 114

BMA-20. Diversidad de invertebrados del suelo en sistemas silvopastoriles del sur de Quintana Roo, México 115

BMA-21. Determinación de indicadores de calidad del suelo en un sistema silvopastoril de la provincia Granma, Cuba. 121

BMA-22. Dinâmicas territoriais e alterações no uso e cobertura da terra no município de Moju, no estado do Pará, Brasil 129

BMA-23. Densidad de población y producción de nopal forrajero (*Opuntia ficus-indica*) variedad copena-1 en condiciones de temporal 137

BMA-24. Avaliação da Aceitação e Palatabilidade de Espécies Arbóreas Forrageiras por Bovinos no Bioma Cerrado: Uma Abordagem para Sistemas Silvipastoris Sustentáveis 142

BMA-25. Empleo de Guácima (*Guazuma ulmifolia* Lam.), Algarrobo del país (*Albizia saman* (Jacq.) Merr.) y Chote (*Palmentiera edulis* D.C.), como árboles en potreros.....148

BMA-26. Comportamiento reproductivo de un cruce dialélico entre cuatro poblaciones de castarrica (*Mayaheros urophthalmus*) del suroeste mexicano 154

BMA-27. Inventario de las áreas cubiertas de marabú, con fines energéticos mediante la aplicación de SIGs.....161

BMA-28. Caracterización tecnológica de las áreas cubiertas de marabú con fines energéticos mediante la aplicación de SIGS.....167

BMA-29. Comportamiento de especies forestales en vivero para la reforestación de la Finca El Trébol en la provincia Camagüey 175

BMA-30. Respuesta productiva de posturas de *Gliricidia sepium* obtenidas por semillas en condiciones de vivero.....180

BMA-31. Efecto del manejo de la estaca de *Gliricidia sepium* en la supervivencia y producción de follaje en cercas vivas 187

BMA-32. Caracterización y determinación de los índices de biodiversidad en la finca "La Flora". 191

BMA-33. Determinación del grado de complejidad de la biodiversidad a escala de finca como base para el manejo agroecológico.....197

BMA-34. Efecto del diluyo conservador en la motilidad espermática del semen de conejo.....201

BMA-35. Ecografía ovárica en burras criollas mexicanas en época de transición reproductiva.....206

BMA-36. Siboney de Cuba: Respuesta esperada a la selección para rasgos de producción, reproducción y longevidad. 209

BMA-37. Caracterización de la velocidad de crecimiento de la categoría Siboney de Cuba hasta los 12 meses de edad en la UEB "El Vapor".....216

BMA-38. Contribución al conocimiento en la mejora genética de búfalos en Cuba 221

BMA-39. Selección fenotípica en ovinos Pelibuey resistentes y resilientes a nemátodos gastrointestinales 231

BMA-40. Características productivas de la hembra ovina Pelibuey y sus mestizos en la EPG "Camilo Cienfuegos" de Pinar de Rio. Cuba 237

BMA-41. Ganadería sostenible: resiliente e inteligente.....242

BMA-42. Contribuciones de la Ganadería Sostenible y su Conexión con las NDCs y NAMAs del Sector Ganadero en Centroamérica 244

BMA-43. Resiliencia ante el cambio climático en siete municipios de Cuba, su incidencia en los Sistemas Silvopastoriles. Proyecto IRES.....254

BMA-44. Ganadería sostenible frente al cambio climático en el sur del Ecuador 265

BMA-45. Efecto del Índice Temperatura/Humedad (ITH), en las respuestas fisiológicas y productivas de vacas lecheras y Cebú en pastoreo.....266

BMA-46. Impacto del estrés térmico en ganadería bovina y porcina en climas tropicales.....271

BMA-47. Curvularia kusanoi L7 in the bioconversion of plant biomass for animal feed: a new altrnative for mitigating and adapting to climate change 277

BMA-48. Evaluación del movimiento de Carbono en módulos silvopastoriles del Proyecto IRES con programa EX−ACT v9. 284

BMA-49. Factor volumétrico de forma do fuste na espécie *Julbernardia paniculata* Benth (Onduco) na localidade da Lomanda, comuna do Quipeio, município da Ekunha. 291

BMA-50. Comportamiento agronómico del pasto *Axonopus catarinensis* Valls con diferentes niveles de sombra y aplicación de abono orgánico: especie con potencial para utilizar en sistemas silvopastoriles intensivos en el trópico alto 302

BMA-51. Determinación del efecto del Viusid® Agro en el porcentaje y número de brotes de yemas apical de los esquejes de morera (*Morus alba* Var. corazonada).....303



BMA-52. Determinación del porcentaje de germinación y tamaño de las plantas de moringa con el uso del Viusid®Agro como estimulante del crecimiento. 306

BMA-53. Encalado e inoculación con Hongos Micorrízicos Arbusculares en *Macroptilium atropurpureum* cv. Siratro: Efectos en el sistema suelo–planta. 310

BMA-54. Evaluación del efecto biológico de lactofermento de hojarasca forestal en *Crotalaria juncea L.*....316

BMA-55. Optimización del biocarbón de marabú para uso agrícola: impacto de la filtración con lactofermentos en la liberación de iones y la estabilidad del carbono. 324

BMA-56. Ficha técnico productiva - económica de bio-abonos promisorios basados en carbón y microorganismos autóctonos benéficos. Un primer acercamiento. 332

BMA-57. Efecto de dos sustratos y el bioproducto IHPLUS®BF sobre la emergencia y el comportamiento morfoagronómico en plántulas de *Cratylia argentea* en vivero. 338

BMA-58. Germinación y desarrollo inicial de *Hibiscus cannabinus* L. con la aplicación de bioproductos. 343

BMA-59. Calidad de las semillas de *Leucaena leucocephala* L. bajo el efecto de diferentes bioproductos. 348

BMA-60. Efecto de la pregerminación de semillas de maíz (*Zea mays* L.) en el bioproducto Caldo Sulfocálcico sobre la germinación de semillas y vigor de plántulas....354

BMA-61. Temperatura óptima de germinación y patrón de imbibición en agua en semillas de *Leucaena leucocephala* cv. Cunningham.....358

BMA-62. Influencia del peso de las semillas gámicas y la concentración del medio MS en la germinación de *Cenchrus purpureus* CT-608 363

BMA-63. Influencia de las irrdiaciones con ^{60}CO en la longitud de la hoja y la germinación de semillas gámicas de *Cenchrus purpureus* CT-608 368

BMA-64. Efecto del 2,4-D y variantes de combinaciones de fitohormonas en la inducción de callos en *Cenchrus purpureus* CT-608 373

BMA-65. Empleo de Guácima (*Guazuma ulmifolia* Lam.), Algarrobo del país (*Albizia saman* (Jacq.) Merr.) y Chote (*Palmentiera edulis* D.C.), como árboles en potreros....377

BMA-66. Cálculo de indicadores ambientales para vacunos machos en pastoreo 383

BMA-67. Clasificación del plano ambiental en vacunos carniceros con el empleo del análisis multivariado....388

BMA-68. Evidencias clínicas del efecto del estrés calórico en sementales Holstein y Siboney en la región oriental de Cuba. 395

BMA-69. La producción de carne bovina y sus condiciones ambientales en la región este de la provincia Holguín. 399

BMA-70. Efecto de la temperatura ambiente sobre la producción de leche en vacas Cebú en la Cooperativa de Producción Agropecuaria (CPA) Juan González 405

BMA-71. Sombra natural como estrategia para atenuar el estrés calórico en vacas lecheras primíparas en el último tercio de gestación durante eventos extremos de temperatura 410

BMA-72. Body condition dynamics of crossbred (*Bos taurus* × *Bos indicus*) dual-purpose cows under productive conditions in Camagüey, Cuba: environmental, management and individual effects on the diversity of adaptation profiles 419

BMA-73. Avaliação Multitemporal da Resiliência Ecológica em Sistemas Silvipastoris Tropicais via Sensoriamento Remoto (2020–2025) 428

BMA-74. Efecto de los sistemas silvopastoriles intensivos (SSPi) sobre los factores de emisión del estiércol en sistemas bovinos bajo pastoreo en Colombia 432

BMA-75. Efecto de la disponibilidad del pasto *Urochloa brizantha* y *Leucaena leucocephala* sobre el consumo voluntario de materia seca de vacas en seca en sistemas silvopastoriles Trópico Peruano durante la época de lluvias 433

BMA-76. Aporte de la flora arbórea al fitoclima y retención de carbono en paisaje silvopastoril de Camagüey, Cuba....441

BMA-77. *Samanea saman* y el fitoclima local, deposición de hojarasca y retención de carbono en paisaje silvopastoril de Camagüey, Cuba. 450

BMA-78. Potencial de mitigación climática de tres cultivos proteicos en Mayabeque, Cuba 456

BMA-79. Evaluación del potencial de mitigación de los sistemas silvopastoriles en la ganadería hondureña 462

BMA-79A. Evaluación productiva del pasto Cayman (*Urochloa* híbrido cv. CIAT BRO2/1752) en sistemas silvopastoriles en el trópico húmedo de Costa Rica 467

BMA-80. ¿La presencia de componente arbóreo en un sistema mixto agricultura-ganadería mejora la resiliencia? Un estudio de caso en Camagüey 476

BMA-81. Análisis de herramientas para la estimación de gases de efecto invernadero (GEI) y su aplicación en sistemas de producción doble propósito en fincas ganaderas de la cuenca del río Jesús María, Costa Rica 483

BMA-82. Inclusión de la harina de semillas de Ramón (*Brosimum alicastrum*) sobre la producción de gas y la degradabilidad *in vitro* 485

BMA-83. Emisiones de metano de la ganadería vacuna en Cuba 492

BMA-84. Estimación de las emisiones de metano por fermentación entérica del ganado vacuno en ordeño de una vaquería en Pinar del Río, Cuba 502

BMA-85. Fortaleciendo las capacidades para la acción climática en la ganadería. Proyecto CBIT-AFOLU en Cuba. 509

BMA-86. Implementación de proyectos de capacitación en sistemas agroforestales y silvopastoriles en entidades productivas y centros educacionales de la provincia Las Tunas 515

BMA-87. La ciencia, la tecnología y el conocimiento en función de la Reproducción bovina en las condiciones edafoclimáticas de Las Tunas, Cuba 523

BMA-88. Análisis de la producción científica sobre tres plantas proteicas 528





BMA-01. Sistemas Silvopastoriles Tropicales: Funcionalidad Ecológica, Mitigación Climática y Escalamiento Tecnológico

Tropical Silvopastoral Systems: Ecological Functionality, Climate Mitigation, and Technological Scaling

D. M. Villegas[1,2]; I. Rao[1]; E. Murgueitio[3]; J. Chara[3]; J. Rivera[3]; M. Sotelo[1]; A. Oberson[2]; M. Bastidas[1]; R. Jauregui[1]; S. Burkart[1]; J. A. Cardoso[1]; J. Arango[1].

[1]Centro Internacional de agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia.

[2]ETH Zuirch, Lindau, Suiza.

[3]CIPAV, Cali, Colombia.

RESUMEN

Los sistemas silvopastoriles (SSP) tropicales generan múltiples servicios ecosistémicos que contribuyen a la sostenibilidad agropecuaria. Cuando el componente arbóreo está conformado por especies leguminosas, como *Leucaena diversifolia*, se intensifica el ciclaje de nutrientes, especialmente del nitrógeno, lo que puede mejorar la calidad del forraje y la productividad animal. Sin embargo, en suelos de alta fertilidad natural, este proceso también puede generar pérdidas de nutrientes y emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), con implicaciones ambientales relevantes. Durante una década, se ha monitoreado un SSP en el Valle del Cauca (Colombia), evaluando variables clave en el continuo suelo-planta-animal-atmósfera. Los resultados muestran diferencias significativas en producción y calidad nutricional del forraje, emisiones de N_2O y CH_4, y acumulación de carbono, comparando SSP con gramíneas del género *Urochloa* frente a monocultivos de las mismas especies. La conferencia presentará estos hallazgos, abordando la complejidad ecológica de los SSP y los desafíos metodológicos para evaluar su sostenibilidad. Además, se discutirán estrategias de mitigación de GEI en sistemas ganaderos tropicales y se compartirán experiencias de escalamiento de tecnologías de ganadería sostenible, con énfasis en la región de la Orinoquia colombiana, donde se han logrado avances significativos en la adopción de prácticas agroecológicas.

Palabras claves: *Brachiaria, leguminosa, ganadería, nitrógeno.*

ABSTRACT

Tropical silvopastoral systems (SPS) generate multiple ecosystem services that contribute to agricultural sustainability. When the tree component is comprised of legume species, such as *Leucaena diversifolia*, nutrient cycling, especially nitrogen, is intensified, which can improve forage quality and animal productivity. However, in soils with high natural fertility, this process can also generate nutrient losses and greenhouse gas (GHG) emissions, with significant environmental implications. For a decade, an SPS in the Cauca Valley (Colombia) has been monitored, evaluating key variables in the soil-plant-animal-atmosphere continuum. The results show significant differences in forage production and nutritional quality, N_2O and CH_4 emissions, and carbon accumulation, comparing SSPs with *Urochloa* grasses versus monocultures of the same species. The conference will present these findings, addressing the ecological complexity of SSPs and the methodological challenges of assessing their sustainability. In addition, GHG mitigation strategies in tropical livestock systems will be discussed, and experiences in scaling up sustainable livestock technologies will be shared, with an emphasis on the Colombian Orinoquia region, where significant progress has been made in the adoption of agroecological practices.

Keywords: *Brachiaria, legume, livestock, nitrogen.*

BMA-02. Tree presence and grazing management shape the spatial distribution of soil carbon, nitrogen, and their stable isotopes in silvopastoral *dehesa* systems

La presencia de árboles y el manejo del pastoreo determinan la distribución espacial del carbono, el nitrógeno y sus isótopos en el suelo de los sistemas silvopastoriles de *dehesa*

E. Vázquez[1], L. A. Mendes[1], J. Almorox[1], J. Camara[1], M. Estrella[1], A. Rubio[2], M. Benito[1].*

[1]Departamento de Producción Agraria, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica, Alimentaria y de Biosistemas (ETSIAAB), Universidad Politécnica de Madrid (UPM), Madrid, Spain.

[2]Departamento de Sistemas Y Recursos Naturales, Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Montes, Forestal y del Medio Natural, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, Spain

[*]Corresponding author: eduardo.vazquez@upm.es

ABSTRACT

The *dehesa* (or *montado* in Portugal) is an emblematic silvopastoral system covering about 3.1 million hectares of the Iberian Peninsula. It consists of open oak woodlands, mainly holm oak (*Quercus ilex*) and cork oak (*Quercus suber*), interspersed with pastures grazed by livestock, and rainfed croplands. The *dehesa* delivers multiple ecosystem services, including food production, soil carbon (C) storage, and biodiversity conservation. However, unsustainable management, climate change, and land abandonment are leading to widespread degradation. How management practices influence soil C storage remains poorly understood, partly due to the difficulty of assessing diverse practices under farm conditions and the spatial heterogeneity created by trees. Here, we present preliminary results from the CarboGrass project (EJP-Soils, Project PCI2023-143386). We assessed the effects of three grazing intensities and tree presence on soil C and nitrogen (N) dynamics in two contrasting *dehesa* farms in Toledo and Salamanca (Spain). Soil C, N, and their stable isotopes were measured beneath tree canopies and in open pastures. Results indicate that trees strongly enhance C and N accumulation beneath their canopies, particularly under high grazing intensity. This effect likely reflects increased dung and urine deposition by cattle seeking shade and shelter under trees. Isotopic analyses ($\delta^{13}C$ and $\delta^{15}N$) further reveal that C mineralization and N cycling are influenced by both management intensity and tree presence. These findings highlight the key role of trees and grazing intensity in regulating soil processes in *dehesa* and support the design of more sustainable management strategies to preserve this unique silvopastoral system.

Keywords: *Grassland, Grazing intensity, soil ^{13}C and ^{15}N, Quercus, Spain*

Palabras clave: *Pastos, Intensidad de pastoreo, ^{13}C y ^{15}N del suelo, Quercus, España*

INTRODUCTION

One of the most representative and valuable grassland ecosystems on Earth is the *dehesa–montado* system, which covers approximately 3.1 million hectares of the Iberian Peninsula. (Moreno and Pulido, 2009; Plieninger et al., 2021). *Dehesa* is characterized by open woodlands, typically featuring oak species such as holm oak (*Quercus ilex*) and cork oak (*Quercus suber*), interspersed with pastures and agricultural fields. Its primary uses include extensive grazing of cattle, sheep, goats, or pigs, as well as rainfed winter crops (Moreno and Pulido, 2009). Due to its high biodiversity and the diverse ecosystem services it provides, *dehesa* is protected under the EU Habitats Directive, and a significant portion of these areas has been included in the EU Natura 2000 network (Plieninger et al., 2021). Despite its great value, *dehesa* faces numerous challenges and pressures, ranging from management intensification and simplification for increasing economic profitability, to land abandonment caused by rural depopulation, or climate change that can alter the ecosystem functioning and its long-term sustainability (Plieninger et al., 2021)**.**

Following the launch of the 'Soil Carbon 4 per Mille' initiative under the framework of COP21, scientific, economic, and policy interest in permanent grassland management and restoration has resurged in recent years due to the high potential of grasslands for soil carbon (C) sequestration and climate change mitigation (Conant et al., 2017; Bai and Cotrufo, 2022; Rousset et al., 2024). As an example, following the launch of the updated EU Common Agricultural Policy (CAP) for the 2023–2027 period, Spain identified extensive grazing of grasslands as one of the eco-schemes to be funded, aiming to promote soil C sequestration and biodiversity conservation (Runge et al., 2022). Similarly, many C farming initiatives aiming to be included in the C credits market are focusing on improved grassland management practices for C sequestration (Raina et al., 2024). The potential benefits for the *dehesa* ecosystem of policies and initiatives aiming to support and promote soil C storage are significant, as they can simultaneously ensure the economic sustainability of *dehesa* ecosystems (thereby limiting abandonment or land use change) while offsetting a share of the greenhouse gas (GHG) emissions from livestock sector (Reyes-Palomo et al., 2022).



Several studies have shown higher soil C storage in *dehesa* soils managed through extensive grazing compared to those that are abandoned (i.e., no management) or used for rainfed cropping (Simón et al., 2013; Parras-Alcántara et al., 2014; Peco et al., 2017; Oggioni et al., 2020; Reyna-Bowen et al., 2020; Serrano et al., 2024). Moderate extensive grazing can enhance nutrient cycling through returned excreta, which boosts the plant biomass production, and consequently, soil C storage (Peco et al., 2017; Serrano et al., 2024). However, the extent of the benefits in terms of soil C storage in *dehesas* achieved through extensive grazing will strongly depend on grazing intensity. Studies from other regions have demonstrated that grazing intensity has a strong effect on soil C storage in grasslands, with outcomes ranging from increases to decreases depending on intensity and the specific local climatic conditions (Conant et al., 2017; Bai and Cotrufo, 2022). However, existing evidence on how different grassland management practices, particularly grazing intensities, affect soil C storage in *dehesas* remains limited to only few studies (Simón et al., 2013; Peco et al., 2017; Oggioni et al., 2020). The complexity of analyzing intricate management practices under farm conditions, coupled with the intrinsic spatial heterogeneity of *dehesa* caused by tree presence, could explain the limited attention this topic has received (Simón et al., 2013). In addition, the presence of livestock in the system alters the nitrogen (N) cycling by decoupling the C:N cycling. Most of the C ingested by herbivores is digested and respired, while a larger proportion of the ingested N is returned to the soil through excreta (Soussana and Lemaire, 2014). Consequently, herbivore excreta (urine and dung) become enriched in N, which affects the C:N stoichiometry of the plant-soil system, particularly under high grazing intensities which can promote large N losses to the environment (Soussana and Lemaire, 2014). This circumstance can be exacerbated beneath trees, where livestock tend to seek shade and the excretion is higher (Allington and Valone, 2014; Vázquez et al., 2020), however, the studies about this topic in *dehesa* are scarce which hampers the adoption of management practices that promote soil C storage while minimizing N losses.

Aiming to analyze the role of grazing management and tree presence in the spatial distribution of C and N in *dehesa* soils we compared the effects of three grazing intensities and the presence of trees on soil C and N dynamics in two contrasting Dehesa farms located in Toledo and Salamanca (Spain), by analyzing soil C, N, and their stable isotopes beneath oak trees and in open pastures as part of the CarboGrass project (EJP-Soils, Project PCI2023-143386). We hypothesize that: i) C and N concentrations are higher beneath tree canopies compared to open pastures; ii) the C:N ratio is lower beneath tree canopies; and iii) higher grazing intensity increases the differences in C and N concentrations between tree-covered and open areas and promotes a decrease in the C:N ratio.

MATERIAL AND METHODS

Study sites

Two *dehesa* farms with contrasting environmental and management conditions were selected. The first farm (Farm 1) was located in Alcañizo, Toledo (west-central Spain; 39º54′ N, 5º07′ W; 384 m above sea level), while the second farm (Farm 2) was located in Topas, Salamanca (northwest Spain; 41º12′ N, 5º42′ W; 838 m above sea level). Farm 1 lies in a region with a mean annual temperature (MAT) of 14.8 °C, mean annual precipitation (MAP) of 676 mm, and a Thornthwaite evapotranspiration (ETPTh) of 796 mm (classified as Csa under Köppen's climate classification). In contrast, Farm 2 is situated in an area with a MAT of 11.9 °C, MAP of 536 mm, and an ETPTh of 674 mm (Csb under Köppen's classification). Farm 1 is characterized by scattered evergreen oaks (*Quercus ilex* L.) and is managed for beef cattle production of the Avileña breed (an autochthonous breed adapted to local conditions) under a rotational grazing system with organic certification (Figure 1). Farm 2 contains a mixture of scattered Pyrenean oak (*Quercus pyrenaica* Willd), evergreen oak, and Portuguese oak (*Quercus faginea* Lam.) and is managed for beef cattle production of the Angus breed in a rotational grazing system (Figure 1).

At each farm, three areas with contrasting management intensities were identified in collaboration with the farm managers. The main characteristics and pictures of each management type within each farm are summarized in Table 1 and Figure 1, respectively. Briefly, in Farm 1, two paddocks used for rotational cattle grazing were selected, each with different grazing intensities—medium (Farm 1 – MG) and low (Farm 1 – LG)—based on days of occupation. The same herd of 80 cows and 20 calves grazed both paddocks. A third area (Farm 1 – NG) had been reforested a decade earlier with autochthonous trees and shrubs and had not been grazed since then. In Farm 2, three paddocks with contrasting grazing intensities were selected. The high-intensity paddock (Farm 2 – HG) is managed under a semi-continuous grazing scheme and is occupied by 40 head of cattle for 10 months per year. The medium-intensity paddock (Farm 2 – MG) is managed in a rotational scheme with a herd of 80 cows and 40 calves, grazed twice per year. The low-intensity paddock (Farm 2 – LG) is a large area of encroached Dehesa used to maintain the herd during winter months, when forage production is low and the animals rely largely on hay supplementation.

Soil sampling

In April–May 2024, sampling campaigns were carried out in both farms. At each management type studied, three 50 × 50 m study areas, located at least 100 m apart, were established and considered as pseudo-replicates of each management. In Farm 1 – MG and –LG, and in Farm 2 – HG and –MG, the three study areas were centered around a representative tree to capture the effect of tree presence by collecting samples both beneath the tree canopy and in open pastures. In contrast, in Farm 1 – NG and Farm 2 – LG, the study areas were not centered around a tree due to the high density of trees and shrubs, which prevented the existence of open-pasture areas. At each 50 × 50 m study area, three transects were laid out for soil sampling. In Farm 1 – NG and Farm 2 – LG, the three 30 m transects were

spaced 10 m apart, and six soil samples, each 5 m apart, were collected along each transect, resulting in 18 sampling points per study area and 54 per management. A similar design was applied in the tree-centered study areas (Farm 1 – MG and –LG, and Farm 2 – HG and –MG), except that the three transects radiated from the tree trunk in different orientations (N, SW, and SE). In this case, the six sampling points were positioned according to the radius of the tree canopy (R) at distances of 0.5R, 0.75R, R, 1.5R, 2R, and 2.5R. The number of sampling points per study area and management was the same in both designs.

Soil samples were collected at each sampling point using a 30 cm auger (5 cm diameter), and each sample was separated into three depth increments of 10 cm. In the tree-centered study areas (Farm 1 – MG and –LG, and Farm 2 – HG and –MG), samples from 0.5R, 0.75R, and R were pooled by depth into a composite sample representing the "under tree" category, while samples from 1.5R, 2R, and 2.5R were pooled by depth into a composite sample representing the "open pasture" category. In the non-tree-centered study areas (Farm 1 – NG and Farm 2 – LG), all samples were pooled by depth into a single composite sample per depth per study area. In total, 45 samples were collected per farm.



Figure 1. *Paddocks under different management practices in Farm 1 (Toledo, west-central Spain; A–C) and Farm 2 (Salamanca, northwest Spain; D–F).*

Soil samples analysis

Soil samples were sieved (2 mm), air-dried at room temperature, and ground in a ball mill. The ground samples were weighed into tin capsules and sent to the Centre for Stable Isotope Research and Analysis (KOSI) at the University of Göttingen for analysis of %C, %N, and $\delta^{13}C$ and $\delta^{15}N$ isotopes using a Delta Plus XP connected to a FlashEA via a ConFlo IV interface (Thermo Electron Corporation, Bremen, Germany).

Table 1: *Main characteristics of the three studies managements studied at each farm.*

Studied Managements	Tree density (trees ha^{-1})	Tree specie	Type of grazing	Grazing intensity (LU days ha^{-1} yr^{-1})	Hay suppl.	Pastures
Farm 1						
Medium intensity grazing Dehesa (Farm 1- MG)	4.2	*Q. ilex*	Rotational - 12 short grazing periods	413	Yes	Natural pasture

Low intensity grazing Dehesa (Farm 1- LG)	2.1	*Q. ilex*	Rotational – 2 short grazing periods	220	No	Lolium + Trifolium
No grazing Reforested Dehesa (Farm 1- NG)	374	*Q. ilex, Q. faginea, Quercus suber, Pistacia lentiscus, Rosa dumalis*	-	0	No	Natural pasture
Farm 2						
High intensity grazing Dehesa (Farm 2- HG)	4.5	*Q. pyrenaica, Q. faginea, Q. ilex.*	Semicontinuous – 10 months continuous grazing	578	Yes	Lolium + Trifolium
Medium intensity grazing Dehesa (Farm 2- MG)	15.9	*Q. pyrenaica, Q. faginea,*	Rotational – 2 medium grazing periods	305	Yes	Lolium + Trifolium
Low grazing intensity - Encroached Dehesa (Farm 2- LG)	79	*Q. pyrenaica, Q. faginea, Q. ilex. Cistus laurifolium, lavándula latifolia*	Rotational – 1 long grazing period	144	Yes	Natural pasture

Statistical analyses

Data were analyzed separately for each farm using a two-way ANOVA using management and depth and their interaction as fixed factors. When a significant treatment effect ($p < 0.05$) was found, LSD post hoc test ($p < 0.05$) was used for comparison of means. For simplicity, the samples collected under the trees and in open grasslands at each management were considered as independent treatments. Data was analyzed statistically using the SPSS 29 software (IBM SPSS, Inc., Chicago, USA).

RESULTS AND DISCUSSION

Soil carbon and nitrogen concentrations are affected by tree presence and grazing management

We observed clear differences in soil C and N concentrations between the two studied farms. Farm 1 showed an average soil C concentration of 14.7 g C kg^{-1} in the 0–10 cm layer across the different managements, whereas in Farm 2 the concentration was 37.3 g C kg^{-1} (Figure 2A). A similar pattern was found for soil N, with 1.40 g N kg^{-1} in Farm 1 and 3.43 g N kg^{-1} in Farm 2 (0–10 cm; Figure 2B). These differences between farms can be explained by contrasting climatic conditions: the cooler climate in Farm 2 promotes a longer growing season and greater biomass production compared to Farm 1. The higher biomass production in Farm 2 likely increases litter inputs, enhancing organic matter accumulation in the soil.

A clear pattern of higher soil C and N concentrations beneath tree canopies compared to open pastures was observed (Figure 2A, B). However, while in Farm 1 the effect was of similar magnitude across managements, in Farm 2 the increase in soil C and N concentrations beneath trees was greater under HG than under MG (Figure 2A, B). This suggests that grazing intensity can influence the effect of tree presence on the spatial distribution of C and N in silvopastoral systems. Two main factors can explain the higher accumulation of C and N beneath tree canopies in such systems: (i) greater litter inputs and root turnover from trees, and (ii) higher dung and urine deposition from livestock, as their presence beneath the canopy is greater than in open pastures due to the shade and shelter provided (Simón et al., 2013; Reyna-Bowen et al., 2020; Vázquez et al., 2020). The interaction between grazing intensity and tree presence observed in Farm 2 is likely related to the second factor, as the greater presence of cattle in HG compared to MG (semi-continuous grazing vs. rotational grazing) increases excreta deposition beneath trees relative to open pastures. This effect was not observed in Farm 1, likely because the differences in animal presence between MG and LG were smaller. Our findings are consistent with those of Allington and Valone (2014), who emphasized the role of livestock activity, rather than tree presence alone, in the formation of fertility islands beneath trees.

We observed the lowest soil C and N concentrations in the reforested area of Farm 1, which has not been grazed since reforestation (Farm 1–NG), and in the low grazing intensity area of Farm 2 (Farm 2–LG) (Figure 2A, B), which is undergoing shrub encroachment. In both areas, the high density of trees and shrubs made it difficult to identify open pasture zones unaffected by tree presence (Figure 1C, F). As a result, sampling transects were not centered around a single tree but instead passed through a mixture of areas beneath several trees as well as zones in close proximity to trees and shrubs. Despite the greater tree and shrub cover compared with other managements within their respective

farms, the low soil C and N suggest that the absence or low intensity of grazing limits the accumulation of organic matter in soils. This finding supports previous studies in other *dehesas*, which showed that medium grazing intensities promote higher soil C levels compared with low or no grazing (Oggioni et al., 2020; Serrano et al., 2024) highlighting the role of livestock grazing to promote soil C.

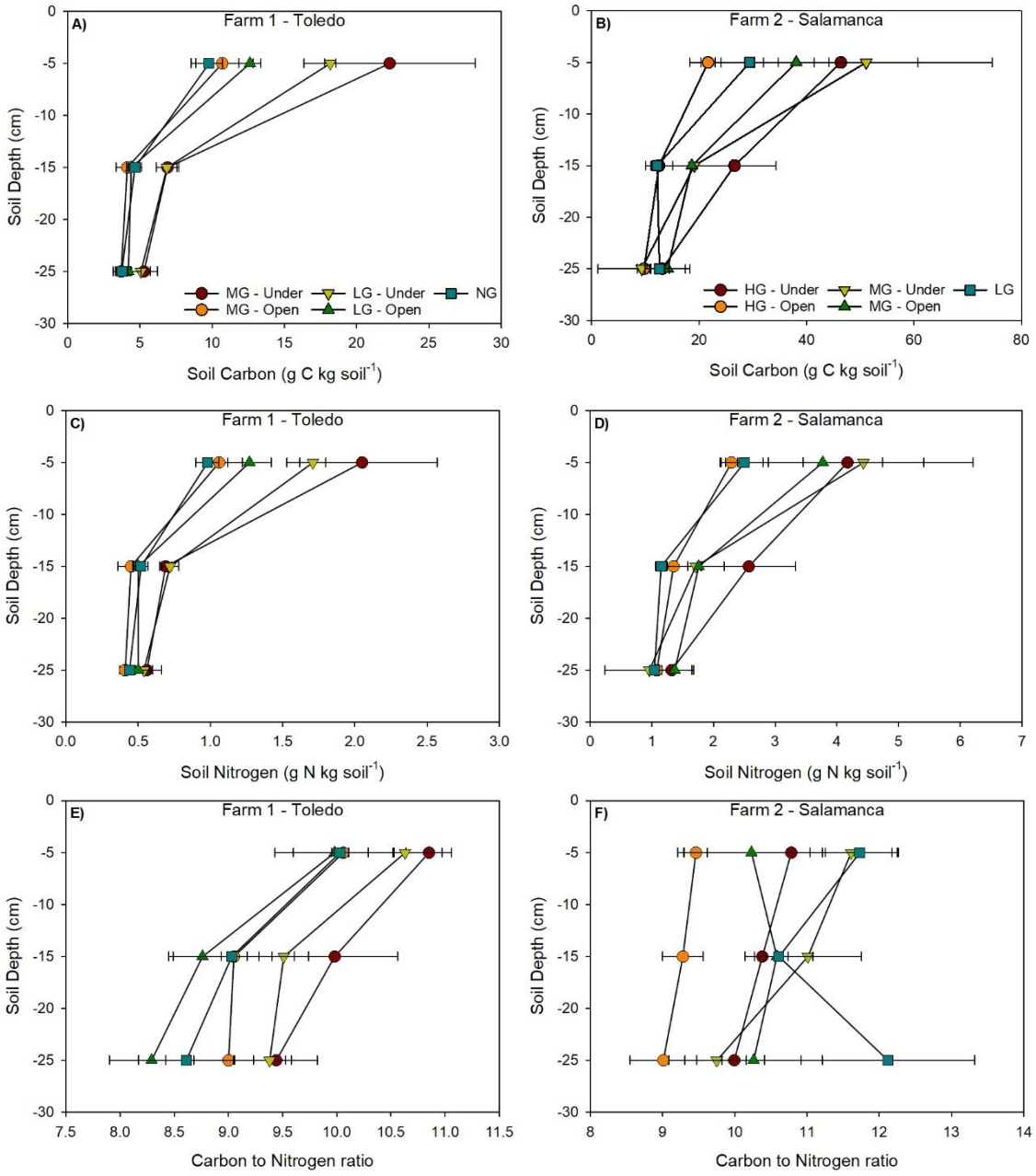


Figure 2. *Soil carbon (A, B) and nitrogen (C, D) concentrations, and carbon-to-nitrogen ratio (E, F), as affected by management at three depths (0–10, 10–20, and 20–30 cm) in Farm 1 (A, C, E) and Farm 2 (B, D, F). Symbols represent means, and error bars indicate the standard deviation (n = 3).*

We observed a higher C:N ratio beneath tree canopies in both farms compared with open pastures, and the effect was of similar magnitude across the two grazing intensities within each farm (Figure 2E, F). This increase in C:N beneath tree canopies can be attributed to inputs from tree litter and root decay, which generally have higher C:N ratios than grasses. Our results contrast with findings from tropical silvopastoral systems, where C:N ratios decrease in the vicinity of leguminous trees (Vázquez et al., 2020; Cá et al., 2022). In *dehesa* systems, however, the dominant oak species are characterized by high C:N ratios, and their inputs to the soil are C-enriched (Sardans et al., 2008), leading to greater C accumulation.

Contrasting impact of grazing management on soil $\delta^{13}C$ and $\delta^{15}N$

We observed contrasting patterns of soil $\delta^{13}C$ in the two farms (Figure 3A, B). In Farm 1, the presence of trees and grazing intensity led to an enrichment of ^{13}C in soils compared with lower grazing intensities and open pastures. In Farm 2, however, only grazing intensity affected soil $\delta^{13}C$, with soils becoming more ^{13}C-depleted with increasing intensity. The pattern in Farm 1 may be explained by higher C mineralization beneath tree canopies and under more intense grazing. During mineralization, the lighter isotope ^{12}C is preferentially lost as CO_2, while the heavier isotope ^{13}C accumulates in soils (Fernandez et al., 2003). The effect of tree presence on soil $\delta^{13}C$ has been described previously in other *dehesa* sites (San-Emeterio et al., 2023), but to our knowledge this is the first study to report an effect of grazing on soil $\delta^{13}C$. In contrast, the $\delta^{13}C$ pattern in Farm 2 is less straightforward. We hypothesize that the higher inputs of dung—which are generally more ^{13}C-depleted than the forage biomass consumed (Schneider et al., 2015)—could explain the observed decrease in soil $\delta^{13}C$ with increasing grazing intensity. Further analysis of the $\delta^{13}C$ signature of the different inputs (forage, tree biomass, dung, etc.) would help clarify these results.

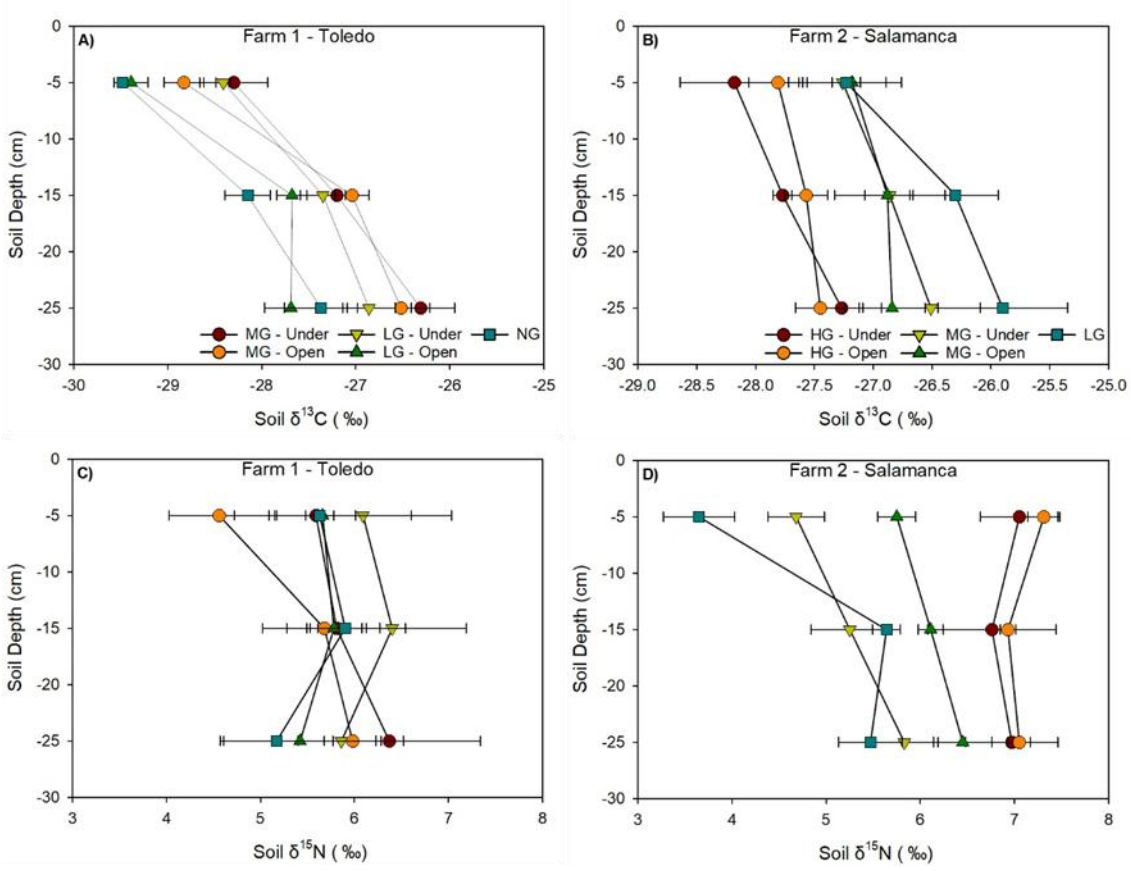


Figure 3. *Soil $\delta^{13}C$ (A, B) and $\delta^{15}N$ (C, D) as affected by management at three depths (0–10, 10–20, and 20–30 cm) in Farm 1 (A, C) and Farm 2 (B, D). Symbols represent means, and error bars indicate the standard deviation (n = 3).*

Soil $\delta^{15}N$ was strongly enriched by grazing intensity in Farm 2, whereas no clear pattern was observed in Farm 1 (Figure 3C, D). The contrasting response between farms may be explained by the larger differences in grazing intensity in Farm 2 compared with Farm 1 (Table 1). The increase in soil $\delta^{15}N$ with grazing intensity observed in Farm 2 can be attributed to greater N losses (as leachates or gaseous emissions) under the most intensive managements, driven by higher soil N accumulation. In general, increased N retention (i.e., lower N losses from the system) is reflected in lower soil $\delta^{15}N$ values, which serve as an integrated indicator of N transformations in the ecosystem, particularly highlighting past N losses (Vázquez et al., 2023) Therefore, since higher grazing intensity leads to greater excreta deposition, it is plausible to expect higher N losses in the most intensive systems.

CONCLUSIONS

Our preliminary results show that oak trees play a key role in the distribution of C and N in *dehesa* systems by promoting their accumulation beneath the canopy. We also observed that grazing intensity (and thus, the time cattle spend in the paddocks) influences this pattern: larger differences between open pastures and canopy areas were found under higher grazing intensity. This effect is likely related to greater cattle excretion beneath trees, as oaks in *dehesa* function as microclimatic refuges where animals seek shade and shelter. Furthermore, the analysis of soil $\delta^{13}C$ and $\delta^{15}N$ suggests that grazing intensity and trees also affects soil C mineralization and N losses, underscoring the importance of maintaining sustainable grazing levels to reduce the environmental impacts of livestock production. Altogether, our study confirms the relevance of oak trees in dehesa silvopastoral systems, as their presence shapes soil C and N distribution. However, the magnitude of this effect depends strongly on grazing management, which encourages further studies focusing on different grazing intensities in *dehesa* silvopastoral systems.

ACKNOWLEDGMETS

This has been funded by the project "Impact of grassland management on soil carbon storage-CARBOGRASS" (Project PCI2023-143386 funded by MCIN/AEI/ 10.13039/501100011033/EU). M.E. and E.V want to acknowledge the NITREERING project (ref. DOCTORES-EMERGENTES-24-YNZ6QJ-63-KB0GKH) funded by the Madrid Government (Comunidad de Madrid-Spain) under the Multiannual Agreement 2023-2026 with Universidad Politécnica de Madrid in the Line A, Emerging PhD researchers. We thank Blanca Entrecanales for granting us access to Dehesa El Milagro in Alcañizo (Farm 1), as well as Gustavo Gómez, Gustavo García, and the entire Dehesa El Milagro team for their support in carrying out this study. We are also grateful to Pedro Laso for granting us access to Pagos de Izcala in Topas (Farm 2), and to the whole farm team for their valuable assistance

BIBLIOGRAPHY

Allington, G.R.H., Valone, T.J., 2014. Islands of Fertility: A Byproduct of Grazing? 17, 127–141. doi:10.1007/sl0021-013-9711-y

Bai, Y., Cotrufo, M.F., 2022. Grassland soil carbon sequestration: Current understanding, challenges, and solutions. Science 377. doi:10.1126/SCIENCE.ABO2380/ASSET/A73F8411-E3EF-42C8-B327-FE8CFC21CAB5/ASSETS/IMAGES/LARGE/SCIENCE.ABO2380-F4.JPG

Cá, J., Lustosa Filho, J.F., da Silva, N.R., de Castro, C.R.T., de Oliveira, T.S., 2022. C and N stocks in silvopastoral systems with high and low tree diversity: Evidence from a twenty-two year old field study. Science of The Total Environment 833, 155298. doi:10.1016/J.SCITOTENV.2022.155298

Conant, R.T., Cerri, C.E.P., Osborne, B.B., Paustian, K., 2017. Grassland management impacts on soil carbon stocks: A new synthesis: A. Ecological Applications. doi:10.1002/eap.1473

Fernandez, I., Mahieu, N., Cadisch, G., 2003. Carbon isotopic fractionation during decomposition of plant materials of different quality. Global Biogeochemical Cycles 17. doi:10.1029/2001GB001834

Moreno, G., Pulido, F.J., 2009. The Functioning, Management and Persistence of Dehesas. Agroforestry in Europe 127–160. doi:10.1007/978-1-4020-8272-6_7

Oggioni, S.D., Ochoa-Hueso, R., Peco, B., 2020. Livestock grazing abandonment reduces soil microbial activity and carbon storage in a Mediterranean Dehesa. Applied Soil Ecology 153. doi:10.1016/j.apsoil.2020.103588

Parras-Alcántara, L., Díaz-Jaimes, L., Lozano-García, B., Rebollo, P.F., Elcure, F.M., Muñoz, M.D.C., 2014. Organic farming has little effect on carbon stock in a Mediterranean dehesa (southern Spain). Catena 113, 9–17. doi:10.1016/j.catena.2013.09.002

Peco, B., Navarro, E., Carmona, C.P., Medina, N.G., Marques, M.J., 2017. Effects of grazing abandonment on soil multifunctionality: The role of plant functional traits. Agriculture, Ecosystems and Environment 249, 215–225. doi:10.1016/j.agee.2017.08.013



Plieninger, T., Flinzberger, L., Hetman, M., Horstmannshoff, I., Reinhard-Kolempas, M., Topp, E., Moreno, G., Huntsinger, L., 2021. Dehesas as high nature value farming systems: A social-ecological synthesis of drivers, pressures, state, impacts, and responses. Ecology and Society 26. doi:10.5751/ES-12647-260323

Raina, N., Zavalloni, M., Viaggi, D., 2024. Incentive mechanisms of carbon farming contracts: A systematic mapping study. Journal of Environmental Management 352, 120126. doi:10.1016/J.JENVMAN.2024.120126

Reyes-Palomo, C., Aguilera, E., Llorente, M., Díaz-Gaona, C., Moreno, G., Rodríguez-Estévez, V., 2022. Carbon sequestration offsets a large share of GHG emissions in dehesa cattle production. Journal of Cleaner Production 358. doi:10.1016/j.jclepro.2022.131918

Reyna-Bowen, L., Fernandez-Rebollo, P., Fernández-Habas, J., Gómez, J.A., 2020. The influence of tree and soil management on soil organic carbon stock and pools in dehesa systems. Catena 190. doi:10.1016/j.catena.2020.104511

Rousset, C., Segura, C., Gilgen, A., Alfaro, M., Mendes, L.A., Dodd, M., Dashpurev, B., Bastidas, M., Rivera, J., Merbold, L., Vázquez, E., 2024. What evidence exists relating the impact of different grassland management practices to soil carbon in livestock systems? A systematic map protocol. Environmental Evidence 13, 1–12. doi:10.1186/S13750-024-00345-2/TABLES/3

Runge, T., Latacz-Lohmann, U., Schaller, L., Todorova, K., Daugbjerg, C., Termansen, M., Liira, J., Le Gloux, F., Dupraz, P., Leppanen, J., Fogarasi, J., Vigh, E.Z., Bradfield, T., Hennessy, T., Targetti, S., Viaggi, D., Berzina, I., Schulp, C., Majewski, E., Bouriaud, L., Baciu, G., Pecurul, M., Prokofieva, I., Velazquez, F.J.B., 2022. Implementation of Eco-schemes in Fifteen European Union Member. EuroChoices 21, 19–27. doi:10.1111/1746-692X.12352

San-Emeterio, L.M., Zavala, L.M., Jiménez-Morillo, N.T., Pérez-Ramos, I.M., González-Pérez, J.A., 2023. Effects of Climate Change on Soil Organic Matter C and H Isotope Composition in a Mediterranean Savannah (*Dehesa*): An Assessment Using Py-CSIA. Environmental Science & Technology 57, 13851–13862. doi:10.1021/acs.est.3c01816

Sardans, J., Peñuelas, J., Ogaya, R., 2008. Drought-Induced Changes in C and N Stoichiometry in a *Quercus ilex* Mediterranean Forest. Forest Science 54, 513–522. doi:10.1093/forestscience/54.5.513

Schneider, S., Auerswald, K., Bellof, G., Schnyder, H., 2015. ^{13} C discrimination between diet, faeces, milk and milk components. Isotopes in Environmental and Health Studies 51, 33–45. doi:10.1080/10256016.2014.988151

Serrano, A.R., Peco, B., Morillo, J.A., Ochoa-Hueso, R., 2024. Abandonment of traditional livestock grazing reduces soil fertility and enzyme activity, alters soil microbial communities, and decouples microbial networks, with consequences for forage quality in Mediterranean grasslands. Agriculture, Ecosystems and Environment 366. doi:10.1016/j.agee.2024.108932

Simón, N., Montes, F., Díaz-Pinés, E., Benavides, R., Roig, S., Rubio, A., 2013. Spatial distribution of the soil organic carbon pool in a Holm oak dehesa in Spain. Plant and Soil 366, 537–549. doi:10.1007/s11104-012-1443-9

Soussana, J.F., Lemaire, G., 2014. Coupling carbon and nitrogen cycles for environmentally sustainable intensification of grasslands and crop-livestock systems. Agriculture, Ecosystems and Environment 190, 9–17. doi:10.1016/j.agee.2013.10.012

Vázquez, E., Borer, E.T., Bugalho, M.N., Caldeira, M.C., McCulley, R.L., Risch, A.C., Seabloom, E.W., Wheeler, G.R., Spohn, M., 2023. The synergistic response of primary production in grasslands to combined nitrogen and phosphorus addition is caused by increased nutrient uptake and retention. Plant and Soil 490, 371–385. doi:10.1007/S11104-023-06083-7/FIGURES/4

Vázquez, E., Teutscherova, N., Lojka, B., Arango, J., Pulleman, M., 2020. Pasture diversification affects soil macrofauna and soil biophysical properties in tropical (silvo)pastoral systems. Agriculture, Ecosystems and Environment 302, 107083. doi:10.1016/j.agee.2020.107083

BMA-03. El nitrógeno de las plantas proteicas en los sistemas silvopastoriles

Nitrogen of the protein plant in silvopastoral systems

P. C. Martín Méndez[1*] y J. Alonso Lazo[2]

[1]Centro de Investigaciones de Plantas Proteicas y Productos Bionaturales, Calle 5ta ave. y 246, Complejo Barlovento, Playa, La Habana, Cuba.

[2]Instituto de Ciencia Animal, Mayabeque, Cuba

[*]Correspondencia a: ganadero4708@gmail.com

RESUMEN

Se presentan resultados de indicadores de valor nutritivo de las especies arbustivas-arbóreas y la comunidad vegetal asociada que componen usualmente los sistemas silvopastoriles de la región, o que pueden componerlos. Se ofrecen opciones de valores de energía metabolizable y de relación proteína/energía de las mismas. Se propone una definición técnica para el término plantas proteicas. Se detallan las características y el contenido de estas especies en proteína verdadera de lenta digestión en rumen y de sobrepaso, haciendo énfasis en el papel de cada una de ellas en raciones donde la principal fuente de energía es la fibra; y se ofrecen ecuaciones para su estimación. Se propone y fundamenta el empleo de la relación proteína/energía tanto para el balance de las raciones, como para la selección de qué especies de plantas proteicas incluir en el sistema, para lograr menos impacto ambiental, y mejor comportamiento animal. Se ofrecen datos del contenido en los aminoácidos más limitantes para la producción de leche de las especies de arbustivas-arbóreas y herbáceas asociadas; a la vez que se indica el peligro de los excesos de nitrógeno que genere óxido nitroso y como prevenirlo. Se sugiere que el empleo de estas plantas proteicas ya no son solo una posibilidad, sino una necesidad para que la ganadería contribuya a una mayor eficiencia económica y modifique favorablemente la dinámica del Cambio Climático.

Palabras clave: *valor nutritivo, plantas proteicas, relación proteína energía*

ABSTRACT

Results are presented for nutritional value indicators of the shrub-tree species and associated plant communities that typically comprise, or can comprise, silvopastoral systems in the region. Metabolizable energy values and protein/energy ratios for these species are offered. A technical definition for the term "protein plants" is proposed. The characteristics and content of these species in true protein, slowly digestible in the rumen, and bypass protein are detailed, emphasizing the role of each in rations where the main energy source is fiber. Equations for their estimation are offered. The use of protein/energy ratios is proposed and justified both for ration balancing and for selecting which protein plant species to include in the system to achieve a lower environmental impact and better animal performance. Data are provided on the content of the most limiting amino acids for milk production in associated shrub-tree and herbaceous species. At the same time, the danger of excess nitrogen generating nitrous oxide and how to prevent it are highlighted. It is suggested that the use of these protein plants is no longer just a possibility, but a necessity for livestock farming to contribute to greater economic efficiency and positively modify the dynamics of climate change.

Keywords: *nutritional value, protein plants, protein-energy ratio*

INTRODUCCIÓN

El propósito de esta conferencia es revalorizar algunos conceptos, que no por conocidos hace años, se aprovechan actualmente en la nutrición práctica de rumiantes; y a su vez proporcionar instrumentos científico-técnicos para hacerlo. No son restrictivos para plantas altas en proteína, pero dado el ámbito de este evento, lo restringiremos a estas plantas. En los sistemas de silvopastoreo, las plantas proteicas arbustivas-arbóreas son uno de sus componentes principales; otro es el pasto base, generalmente gramíneas cultivadas y no cultivadas. Sin embargo, aunque muy poco estudiado y tratado en la literatura científica, como parte del sistema también existe una comunidad vegetal, de la cual forman parte leguminosas herbáceas y otras plantas.

El estrato de gramínea aporta el mayor porcentaje de la biomasa disponible para el consumo (Castillo et al, 2003). Es por ello necesario el análisis de ambos para lograr la mejor complementariedad y aprovechamiento de ambas componentes. Con ello, se contribuiría a una ganadería más ventajosa económicamente para los propietarios, y amigable con el medio ambiente (Martín, 2022).





Para los efectos del presente análisis llamaremos plantas proteicas a aquellas que, aún sin fertilizar, pueden tener 15 % o más de proteína bruta. Es frecuente, por ejemplo en Cuba, identificar el concepto plantas proteicas con especies arbustivas y arbóreas que cumplen con la condición anterior. Sin embargo, técnicamente las definiremos como se ha mencionado al inicio. De manera, que plantas que cumplen con esta importante condición las hay arbustivas, arbóreas, herbáceas de diferentes hábitos de crecimiento como rastreras, volubles, entre otras. Principalmente leguminosas, pero también de otras familias.

Los sistemas silvopastoriles se han venido imponiendo como una alternativa viable para lograr sistemas más sostenibles en nuestra área geográfica (Jurado-Guerra et al, 2021: Lerma-Lasso et al, 2023: Trejo-Arista et al, 2023: Nuñez-Ramos et al, 2023), y en otras latitudes (Antari et al, 2023)

Desde que se generalizó el método de análisis de Weende (Henneberg, Stothmann, 1859), y se aplicó a los forrajes y pastos, es conocido que las plantas proteicas contienen más nitrógeno, expresado como proteína bruta (PB), que las gramíneas. Y ha sido y es la característica más conocida y empleada en la nutrición de animales con estas plantas. Sin embargo, poco se ha avanzado en establecer y aprovechar otras características muy importantes del nitrógeno que contienen estas plantas.

Composición bromatológica y relación PB/EM de planta proteicas

Las plantas proteicas presentan características muy favorables para formar parte principal de la alimentación complementaria de los rumiantes tanto en pastoreo, como estabulados. Su uso puede hacer innecesaria la utilización de otros alimentos, salvo pequeñas cantidades de algún suplemento para producciones superiores. Esto se debe a que las plantas proteicas no solo son altas en proteína, sino también en energía metabolizable, presentando altas relaciones proteína bruta/energía metabolizable. Además, presentan un mayor contenido de proteína de sobrepaso y de lenta digestión en rumen que las gramíneas y otros forrajes. En adición a ello, y no menos importante para la producción de leche y carne, son los contenidos en aminoácidos de estas plantas. En la tabla 1 se presentan las diferencias cuantitativas en proteína y energía, así como calcio y fósforo, del promedio de 51 especies de plantas proteicas, y de 66 especies de gramíneas y otras que son la base de alimentación en los sistemas de pastoreo.

Tabla 1. *Indicadores de plantas proteicas. Promedio de 51 especies. (Martín, 2025 datos sin publicar).*

PB, g/kgMS	EM1 Mcal/kgMS	EM2 Mcal/kgMS	EM3 Mcal/kgMS	PB/EM1, g/Mcal	PB/EM2 g/Mcal	PB/EM3 g/Mcal	PVSP [1] %	Ca, %	P, %
Plantas Proteicas									
189.15	2.47	2.29	2.27	80.89	83.29	92.30	8.50	2.4	0..3
Gramíneas y otras									
91.14	2.75	2.06	2.01	42.31	43.75	45.25	2.37	0.55	0.19

EM1 = 0.038 (% DMS) - 0.11, a partir de la digestibilidad de materia seca (Martín, 1982)
EM2= 3,20 - 0,028 (% FDA) según Rothweder (1978)
EM3 = 3,6 x (92,3 - 0,91 x % FDA) Minson y McLeod (1976).
[1] Proteína verdadera de sobre paso: En plantas proteicas (PVSP, % MS = 0.095 (g/kg MS de PB) - 9.42) en gramíneas y otras (PVSP, % MS = 0.044 (g/kg MS de PB) - 1.61) Martín, (2025, sin publicar).

Al observar la tabla 1, se evidencia que las plantas proteicas como promedio, presentan más del doble de proteína bruta por kg de materia seca, y de proteína bruta por megacaloría de energía que las gramíneas, y más del triple de proteína verdadera de sobrepaso. También son ligeramente superiores en energía metabolizable.

En el caso de las arbustivas y arbóreas más comunes en los sistemas silvopastoríles se encuentran *Leucaena leucocephala*, *Tithonia diversifolia*, *Gliricidia sepium* entre otras (Abdel-Raheem et al, 2021, Conrado et al, 2022, La O et al, 2018) Algunas de sus principales características se presentan en la tabla 2.

Como puede observarse en la tabla 2, de las especies más frecuentes en silvopastoreos, la *Thrichantera gigantea*, *Tithonia diversifolia* y la *Moringa oleifera* son de las especies con mayor aporte de proteína de sobrepaso; estando *Gliricidia sepium*, *Leucaena leucocephala*, y *Cratylia argentea* por encima de la media en este importante indicador (tabla 2) En contraste, *Morus alba* presentó un valor considerablemente inferior.

Tabla 2. *Contenido de PB, proteína verdadera de sobrepaso y opciones de relación PB/EM de arbustivas-arbóreas empleadas en silvopastoreos.*

Especies	PB, g/kg MS	Proteína sobrepaso, g/kg MS[1]	PB/EM1, g/Mcal	PB/EM2, g/Mcal	PB/EM3, g/Mcal
Acacia farnesiana	196.4	92	90.93	84.66	85.76
Albizzia. lebbeck	183.2	79	82.90	76.97	77.30
Cajanus cajanus	169.3	66	71.43	87.27	92.01
Cratylia calothyrsus	159.0	56	85.48	82.38	86.41
Cratylia argentea	191.7	88	90.00	86.35	87.94
Gliricidia sepium	204.1	99	104.13	93.20	94.93
Gliricidia ulmifolia	104.1		56.89	46.27	47.10
Hibiscus rosasinensis	197.7	93	68.17	83.07	83.77
Leucaena leucocephala	196.9	92	90.74	85.98	87.12
Moringa oleifera	215.1	110	90.00	96.89	98.67
Morus alba	126.3	25	51.13	55.15	55.88
Pithecellobium dulce	180.4	77	77.76	78.10	79.12
Tithonia diversifolia	220.1	114	78.33	88.04	87.69
Thrichanthera gigantea	223.2	117	78.32	91.85	92.23
PROMEDIOS	**184.4**	**84**	**79.72**	**81.16**	**82.52**

EM1 = 0.038 (% DMS) - 0.11, a partir de la digestibilidad de materia seca (Martín, 1982)
EM2= 3,20 - 0,028 (% FDA) según Rothweder (1978)
EM3 = 3,6 x (92,3 - 0,91 x % FDA) Minson y McLeod (1976)
[1] Proteína verdadera de sobre paso: En plantas proteicas (PVSP, % MS = 0.095 (g/kg MS de PB) - 9.42) en gramíneas y otras (PVSP, % MS = 0.044 (g/kg MS de PB) - 1.61) Martín, (2025, sin publicar).

En las tablas 3 y 4 se ofrece la composición en indicadores nutricionales muy importantes, entre arbustivas-arbóreas y herbáceas es muy similar. Ello resalta la importancia de considerar el aporte de nitrógeno de éstas en los sistemas silvopastoriles. También otros aspectos como son la distribución de raíces por horizonte de suelo, efecto de la sombra de las arbustivas-arbóreas sobre el desarrollo de las herbáceas y de las gramíneas asociadas y otros aspectos que también son deficitarios en las investigaciones, y que pudieran contribuir mucho a la optimización de estos sistemas.

Tabla 3. *Contenido de PB, proteína verdadera de sobrepaso y opciones de relación PB/EM de leguminosas herbáceas*

Especies	PB, g/kg MS	Proteína sobrepaso, g/kg MS[1]	PB/EM1, g/Mcal	PB/EM2, g/Mcal	PB/EM3, g/Mcal
A. pintoii	186.1	83	70.23	92.59	96.42
B. nivea	202.4	98	75.52	91.58	93.70
C. pubescens	157.2	55	64.69	71.45	72.78
C. ternatea	185.4	82	79.91	96.06	100.76
C. incana	208.0	103	66.88	73.76	72.22
D. glomerata	203.4	99	64.16	86.19	86.92



D. virgatus	188.0	84	89.95	82.46	98.95
D. lablab	187.7	84	74.19	82.69	84.17
F. arundinacea	179.6	76	57.75	77.08	78.09
F. sp	166.4	63	90.43	89.46	95.09
H. lanatus	204.5	100	78.90	78.10	77.40
L. perenne	193.6	89	66.99	81.34	81.69
M. atropurpureum	160.9	58	68.76	76.26	78.49
M. sativa	235.8	129	80.20	95.08	95.08
P. phaseoloides	175.3	72	81.16	87.21	90.83
S. guianensis	157.8	55	69.82	83.94	88.65
T. repens	225.4	120	78.26	92.76	93.14
V. unguiculata	175.1	72	70.89	73.88	74.51
PROMEDIOS	188.5	84.5	73.81	83.99	86.60

EM1 = 0.038 (% DMS) - 0.11, a partir de la digestibilidad de materia seca (Martín, 1982)
EM2= 3,20 - 0,028 (% FDA) según Rothweder (1978)
EM3 = 3,6 x (92,3 - 0,91 x % FDA) Minson y McLeod (1976)
[1] Proteína verdadera de sobre paso: En plantas proteicas (PVSP, % MS = 0.095 (g/kg MS de PB) - 9.42) en gramíneas y otras (PVSP, % MS = 0.044 (g/kg MS de PB) - 1.61) Martín, (2025, sin publicar).

Tabla 4. *Comparación entre las medias de plantas proteicas arbustivas-arbóreas y herbáceas.*

Especies	PB, g/kg MS	Proteína V sobrepaso, g/kg MS[1]	PB/EM1, g/Mcal	PB/EM2, g/Mcal	PB/EM3, g/Mcal
Arbustivas-arbóreas	184.4	84.0	79.72	81.16	82.52
Herbáceas	188.5	84.5	73.81	83.99	89.60

EM1 = 0.038 (% DMS) - 0.11, a partir de la digestibilidad de materia seca (Martín, 1982)
EM2= 3,20 - 0,028 (% FDA) según Rothweder (1978)
EM3 = 3,6 x (92,3 - 0,91 x % FDA) Minson y McLeod (1976)
[1] Proteína verdadera de sobre paso: En plantas proteicas (PVSP, % MS = 0.095 (g/kg MS de PB) - 9.42) en gramíneas y otras (PVSP, % MS = 0.044 (g/kg MS de PB) - 1.61) Martín, (2025, sin publicar).

Fracciones de nitrógeno de las plantas proteicas.

Como en otras especies, el nitrógeno de la proteína bruta de las plantas proteicas se encuentra en 5 fracciones: nitrógeno no proteico, proteína verdadera rápidamente degradable en rumen, proteína verdadera lentamente degradable en rumen, proteína verdadera de sobrepaso, y proteína no digestible. Esto, empleando la técnica y los conceptos de Krishnamoorthy et al (1982).

En la tabla 5 se presenta el contenido de estas fracciones en plantas que comúnmente son empleadas en los arreglos silvopastoriles.

Todas estas fracciones son importantes para la nutrición nitrogenada de los rumiantes, pero en los sistemas en pastoreo, o basados en forrajes, la fracción de lenta digestión en rumen, y la proteína de sobrepaso (PVSP) son las que más deciden en el comportamiento productivo de los animales. Ello es debido a su aporte directo a la economía del animal en el caso de la PVSP, y a la contribución de la proteína lentamente degradable a la digestión de la fibra (Haro, 2024).

Tabla 5. *Contenido de proteína bruta, proteína verdadera de lenta digestión en rumen y proteína verdadera de sobrepaso de especies Arbustivas y arbóreas presentes en silvopastoreos (Martín 2025, sin publicar)*

Especie	Condición	PB, g/kg	PV de lenta digestión, g/kg	PV de sobrepaso, g/kg
C. ternatea	4 semanas	199.5	56.7	59.6
C. argentea	6 semanas (ll)	213.5	39.4	48.7
C. argentea	9 semanas (ll)	197.0	52.6	55.5
C. argentea	12 semanas (S)	151.9	15.0	42.8
G. sepium	6 semanas	249.2	91.3	56.7
	9 semanas	209.2	35.2	41.3
	12 semanas	216.0	49.0	60.8
L. leucocephla	6 semanas	242.5	62.8	75.2
	9 semanas	187.5	40.7	25.6
	12 semanas	231.2	65.0	44.1

Los pastos y forrajes comprenden el mayor porcentaje de las raciones en pastoreo, y aportan más del 80 % de la energía y el nitrógeno requerido por los animales **(**Díaz, 2008). Sin embargo, la información sobre el contenido de estas fracciones en las especies de pastos, forrajes y otros alimentos voluminosos no es considerada para la formulación de raciones de animales en pastoreo. La importancia de combinar los alimentos en las raciones de manera que se aprovechen las propiedades de cada una de estas fracciones, así como la caracterización de la composición de éstos es un aspecto usualmente ausente en la práctica de la nutrición de rumiantes.

Las plantas proteicas, por su mayor contenido de estas fracciones y de proteína bruta y verdadera son la expresión más notoria de esta insuficiencia que, de resolverse, puede aportar mucho a la economía de los sistemas, a su sostenibilidad y a atenuar los efectos del cambio climático y desacelerar su dinámica.

Al comparar la información reflejada en las tablas 5 y 6 se evidencia hasta qué punto las gramíneas son inferiores en todas las fracciones, tanto en aquellas que favorecen la digestión de su propia fibra, como en la proteína de sobrepaso.

Tabla 6. *Contenido de proteína bruta, proteína verdadera de lenta digestión en rumen y proteína verdadera de sobrepaso de gramíneas presentes en silvopastoreos. (Martín 2025, sin publicar)*

Especie	Condición	PB, g/kg	PV de lenta digestión, g/kg	PV de sobrepaso, g/kg
Angleton	3 semanas(S)	53.2	7.9	23.2
	4 semanas(Ll)	75.1	16.6	32.8
	5 semanas(S)	78.7	21.3	31.9
Tanzania	4 semanas	64.3	9.6	16.5
	6 semanas	47.6	8.0	9.2
	4 semanas	64.3	9.6	16.5
LLanerito	4 semanas	64.4	5.4	32.8
	6 semanas	56.9	9.3	15.8
	8 semanas	49.9	4.2	14.7

Estrella africana	3 semanas	75.4	2.8	13.4
	4 semanas	78.4	8.5	13.6
	5 semanas	89.8	17.6	17.1
Napier	8 semanas	54.7	5.6	10.0
Taiwan	8 semanas	32.4	2.7	11.4

Aminoácidos

Las fuentes de aminoácidos que llegan al metabolismo de los rumiantes son la proteína microbiana y la proteína de sobrepaso de los alimentos. Ellas proporcionan los aminoácidos necesarios para la síntesis de la leche y el músculo. Ese suministro puede o no satisfacer los requerimientos de los animales, de acuerdo a su nivel productivo y potencial y características genéticas. Específicamente se han identificado los aminoácidos que más comúnmente limitan la producción de leche. Estos son la histidina; y la metionina y lisina. Estos últimos por su participación en la síntesis de caseína (Schwab et al, 2017).

En la tabla 7 se presenta el contenido de estos aminoácidos en las plantas proteicas y gramíneas que pueden formar parte de los silvopastoreos, y algunos de los granos que comúnmente se emplean para suplementar estos sistemas, en comparación con la leche y la proteína microbiana.

Tabla 7. *Contenido de aminoácidos seleccionados de plantas proteicas, otros forrajes y alimentos en comparación con la leche, % MS. (Varias fuentes)*

Alimento	Lisina	Metionina	Histidina	Met + Lisina	Met+ Histid	Met + Lisina + Histid
Leche en polvo entera	2.09	0.72	0.75	2.81	1.47	3.56
Proteína microbiana[1]	7.67-9.37	2.29-2.61	1.75-2.08	-	-	-
Alfalfa, fresca	1.08	0.31	0.41	1.39	0.72	2.47
Ensilada	1.34	0.13	0.41	1.47	0.54	1.88
Heno	0.84	0.28	0.33	1.12	0.61	1.45
harina	0.90	0.30	0.30	1.20	0.60	1.50
Moringa (hojas)	1.27	0.39	0.61	1.66	1.00	2.27
Moringa (h.forraje	0.52	0.24	0.24	0.76	0.48	1.00
Tithonia Forraje	1.16	0.32	0.46	1.48	0.78	1.94
Morera Forraje	1.35	0.44	0.67	1.79	1.11	2.46
Tricanthera (hojas)	1.20	0.58	0.30	1.78	0.58	2.08
Tricanthera (forraje)	0.88	0.42	0.27	1.30	0.69	1.57
Cratylia	0.85	0.30	-	1.15	-	-
Hibiscus rosa-sinensis Forraje	1.10	0.30	0.30	1.40	0.60	1.70
Lupino	1.51	0.22	0.79	1.73	1.01	2.52
Cenchrus americanus	0.22	0.33	0.26	0.55	0.59	0.81
Sorgo	0.21	0.16	0.21	0.37	0.37	0.58

Ensilaje de gramíneas (malo)	0.56	0.20	0.24	0.76	0.44	1.00
Gramíneas, hierba	0.32	0.12	0.14	0.44	0.26	0.58
hIerba, harina	0.60	0.23	0.29	0.83	0.52	1.12
Hierba, fresca	0.77	0.29	0.35	1.06	0.64	1.41
Cebada, grano	3.50	1.17	0.23	4.67	3.73	7.23
Maíz, grano	1.65	1.12	0.22	2.77	1.34	2.99
Trigo, grano	3.00	0.98	0.25	3.98	3.25	3.50
Soya, harina	6.49	1.30	1.22	7.79	7.71	9.01

[1] mg/100g de AA. Sok et al, 2017

Como puede observarse, de estos tres aminoácidos es la lisina la que se encuentra en una mayor proporción en la leche, siendo su contenido en leche varias veces superior a la metionina y la histidina. Una parte importante de esa lisina puede proveerla la proteína microbiana, que como se presenta en la tabla, tiene un contenido alto en este aminoácido, aportando también cantidades importantes de metionina e histidina. Por su parte las plantas proteicas arbustivas y arbóreas que forman parte de los sistemas silvopastoreos, así como las leguminosas herbáceas pueden suministrar cantidades importantes para suplir las necesidades de lisina principalmente, pero también de metionina e histidina. El suministro de estos aminoácidos por parte de las plantas proteicas resulta indispensable en los sistemas silvopastoriles, donde el componente cuantitativamente más importante es el estrato de gramíneas. Estas, como se muestra en la tabla, son mucho más bajas en cualquiera de estos tres aminoácidos en comparación con la leche, y las plantas proteicas.

Relación PB/EM

La cantidad de proteína por megacaloría de energía metabolizable (PB/EM) es otra característica diferencial entre las plantas proteicas y las gramíneas, base del pastizal. No obstante ser mayor el contenido de energía metabolizable de las plantas proteicas, la relación (PB/EM) también es mayor que en las gramíneas., lo cual no siempre permite una mejor complementaridad entre las dos componentes principales de un sistema silvopastoril, dado que el consumo de las plantas altas en N puede conducir a excesos nocivos de este este elemento potencialmente generador de óxido nitroso. En cualquier caso, es necesario cubrir los requerimientos de los animales, de la manera más balanceada posible. En la tabla 8 se presenta esta relación para algunas especies de plantas proteicas, teniendo en cuenta diferentes valores de energía metabolizable, acorde a la ecuación empleada para estimar ésta.

Tabla 8. *Contenido de PB, proteína verdadera de sobrepaso (PVSP)* y opciones de relación PB/EM promedio de especies de plantas proteicas.*

Especie	PB, g/ Kg MS	PVSP, g/ Kg MS*	PB/EM1	PB/EM2	PB/EM3
A. pintoii	186.1	83	70.23	92.59	96.42
C. ternatea	185.4	82	79.91	96.06	100.76
C. argentea	191.7	88	90.00	86.35	87.94
G. sepium	204.1	99	104.13	93.20	94.93
L. leucocephala	196.9	92	90.74	85.98	87.12
M. sativa	235.8	129	80.20	95.08	95.08
M. oleifera	215.1	110	90.00	96.89	98.67
M. alba	126.3	25	51.13	55.15	55.88



N. wightii	152.5	50	69.95	67.78	69.00
P. phaseoloides	175.3	72	81.16	87.21	90.83
S. guianensis	157.8	55	69.82	83.94	88.65
T. diversifolia	220.1	114	78.33	88.04	87.69

***** PVSP de plantas proteicas, g/kg MS = 0.095 (g/kg MS de PB) - 9.42 (Martín 2025, sin publicar)

EM1 = 0.038 (% DMS) - 0.11, (Martín, 1982)

EM2 = 3,20 - 0,028 (% FDA), (Rothweder,1978)

EM3 = 3,6 x (92,3 - 0,91 x % FDA), (Minson y McLeod, 1976

En la tabla 9 se presentan estos mismos indicadores de varias especies de pastos comúnmente utilizados en nuestro país.

Tabla 9. *Contenido de PB, proteína verdadera de sobrepaso (PVSP) y opciones de relación PB/EM promedio de especies de gramíneas de pastoreo.*

Especie	PB, g/ Kg MS	PVSP, g/ Kg MS*	PB/EM1	PB/EM2	PB/EM3
Buffel	61.0	16.7	33.18		43.60
Andropogon	14.4	16.1	36.29	37.58	35.77
Bermuda	79.3	18.1	34.78	35.24	
Estrella	79.0	18.7	36.40	37.26	41.58
Guinea	60.8	10.7	31.83	33.41	
Brachiaria	63.9	12.1	29.86	30.57	

***** PVSP de plantas proteicas, g/kg MS = 0.095 (g/kg MS de PB) - 9.42 (Martín 2025, sin publicar)

EM1 = 0.038 (% DMS) - 0.11, (Martín, 1982)

EM2 = 3,20 - 0,028 (% FDA), (Rothweder,1978)

EM3 = 3,6 x (92,3 - 0,91 x % FDA), (Minson y McLeod, 1976

Cuando se comparan ambas tablas, se puede observar que mientras la relación PB/EM de las plantas proteicas (tabla 10) varió entre 51 y 104; en las gramíneas seleccionada (tabla 11) lo hizo entre 29 y 43 Asimismo, la PVSP fue muy superior en las plantas proteicas (50 a 119) que en las gramíneas (10.7 a 18.7).

La utilidad de contar con tablas donde se consignen opciones de relación PB/EM, o que se calcule *ad hoc* esta relación se ilustra en el siguiente ejemplo (Tabla 10). En sistemas de pastoreo la componente obligada del mismo es el pasto base. Pero usualmente en la mayoría de las fincas, y sobre todo en los meses poco lluviosos del año, éstos no cubren los requerimientos de los animales, especialmente los de proteína. En ese contexto, los sistemas silvopastoriles o de complementación con plantas proteicas en corte y acarreo son la opción más económica y sostenible para aportar los nutrientes en déficit (Jurado-Guerra et al, 2021: Lerma-Lasso et al, 2023: Trejo-Arista et al, 2023: Nuñez-Ramos et al, 2023). Ahora bien, la siembra de estas plantas arbustivas y arbóreas debe hacerse de manera definitiva; no se pueden estar cambiando unas por otras con frecuencia, dados sus costos de establecimiento. Es por ello que seleccionar bien la especie que se debe sembrar es indispensable para cumplir el objetivo productivo de la manera más eficiente económica, biológica y ambientalmente

Tabla 10. *Comparación de la relación PB/EM requerida con la del pasto, la de la alimentación complementaria y varias plantas proteicas empleadas en silvopastoreo.*

	PB/EM Requer.	PB/EM pasto base	PB/EM Dif e/consumo de pasto y requerimientos (Alim Compl)	PB/EM Cratylia	PB/EM Leucaena	PB/EM Gliricidia
Mant+Gest+6 litros	30.05	31.68	43.70	90.0	90.74	104.13

En el ejemplo de la tabla, la relación PB/EM de las necesidades de proteína y energía requeridas es 30.05. Si el animal dispusiera de suficiente pasto podría cubrir esos requerimientos porque su relación PB/EM es de 31.68. Sin embargo, como en ese mes del año la disponibilidad de pasto es insuficiente, al restar de los requerimientos lo que aporta el pasto de proteína y energía, se evidencia un déficit, cuya relación PB/EM es de 43.70. Esto quiere decir que la alimentación complementaria que se suministre debe tener 43.70 gramos de PB por Mcal de EM. En la medida en que la relación PB/EM de la alimentación complementaria exceda la que debe tener, la ración suministrada cumplirá con las necesidades de energía sin generar metano adicional, pero ocasionará excesos de proteína, es decir de N susceptible de generar óxido nitroso (Arce-Rodrígez et al, 2023).

De ahí la importancia de conocer y aplicar la relación PB/EM en la decisión de qué planta proteica será más adecuada para complementar el pasto base ya sea en silvopastoreo o en corte y acarreo. En el ejemplo, si las tres especies de plantas proteicas que cumplen con otras conveniencias desde el punto de vista agrotécnico fueran cratylia, leucaena y gliricidia, entonces debemos preferir la leucaena, que excede ligeramente a la cratylia en relación PB/EM (0.4 g), y aporta 4 g más por Mcal EM que la cratylia.

Un segundo criterio de selección será la cantidad de PVSP que aporta. De esta forma se evidencia la utilidad del empleo de estos indicadores para decidir que especie utilizar. Debe notarse que en los tres casos la relación PB/EM de cualquiera de las tres plantas proteicas, excederá considerablemente la necesaria. Ello indica que, si no se aportan fuentes de energía que balanceen la ración, se corre el peligro de estar induciendo excesos de N que son perjudiciales al medio ambiente pues este nitrógeno entra en un proceso de nitrificación donde el amonio liberado al descomponerse los residuos de estas plantas presentes en el suelo se trasforma en nitratos, que continúa hasta su desnitrificación, produciendo la liberación de óxido nitroso, fuente de emisión de GEI (Núñez et al., 2021). A su vez afectando la fisiologá animal (Hailemariam et al, 2021).

Prioridades de investigación

Con la finalidad de comprender y emplear mejor las plantas proteicas en sistemas de producción de leche y carne es necesario priorizar las investigaciones dirigidas a: continuar caracterizando el contenido en las fracciones nitrogenadas de estas plantas y otros alimentos; conocer el efecto de la edad y la estación del año sobre el contenido de estas fracciones; conocer el efecto de ellas en la dinámica ruminal, especialmente en la celulolisis; continuar mejorando las ecuaciones aquí empleadas para, a partir de análisis sencillos, poder predecir mejor estos componentes de plantas proteicas y de gramíneas, y componer tablas del contenido en estas fracciones y de la relación PB/EM.

CONCLUSIONES

Los datos presentados, permiten confirmar que las plantas proteicas presentes en los silvopastoreos constituyen una posibilidad económicamente ventajosa para suplir la proteína necesaria para la producción de leche y carne. Se enfatiza y demuestra que esto se evidencia no sólo por su contenido en proteína bruta, sino por las características y proporciones en que esa proteína se descompone en fracciones de rápida y lenta digestión en rumen; y de proteína de sobrepaso, considerablemente superiores a las gramíneas que forman parte de estos sistemas. Se demuestra a su vez, la importancia de introducir en la nutrición teórica y práctica, la relación proteína bruta/energía metabolizable, con fines de mejorar el balance de las raciones, la selección de qué planta proteica utilizar para complementar la alimentación básica y reducir la producción de gases de efecto invernadero. Se concluye la importancia de las plantas proteicas para suministrar lisina, metionina e histidina para cubrir de forma económica las necesidades de estos aminoácidos para la producción de leche; y la gran diferencia en el contenido de éstos entre las plantas proteicas y las gramíneas.



Bibliografia

Abdel-Raheem, S.M., Hassan E.H. 2021. Effects of dietary inclusion of *Moringa oleifera* leaf meal on nutrient digestibility, rumen fermentation, ruminal enzyme activities and growth performance of buffalo calves. Saudi Journal of Biological Sciences 28:4430–4436

Antari, R., Ginting, S. P., Anggraeny, Y. N., & Mclennan, S. R. 2023. The potential role of Indigofera zollingeriana as a high-quality forage for cattle in Indonesia. Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales, 11(3), 183-197. https://doi.org/10.17138/tgft(11)183-197

Arce-Rodríguez, K., Sibaja-Brenes, J, Ramírez-Amador, S, Vega-Fonseca, A, Tobar-López, D. 2023. Emissions nitrous oxide and methane in active pastures in the tropical humid forest living zone in Costa Rica. Revista Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, 21(2). ISSN–1692-3561 ISSN-e 1909-9959 · DOI: https://doi.org/10.18684

Castillo, C.E., Martínez, R.O., Ruíz, T.E., Galindo J., Díaz, C.A., Martín, P.C., Cino, D.M., Hernández, J.L., Díaz, M.F & Lok, S. 2003. Estudio del comportamiento de machos bovinos en preceba y ceba en sistemas de leguminosas con acceso a bancos de King grass CT-115. Informe técnico. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba. p. 21

Conrado D J, Meza G A, Meza C J, Vivas W. 2022. Efecto del pasto INIAP 811 y Tithonia diversifolia en el valor nutricional in vitro. Animal Production and Forage Sciences, 15(1), 41-48.

Díaz, A. 2008. Producción de carne bovina en pastoreo con gramíneas y leguminosas. Tesis en opción al grado de Doctor en Ciencias. Instituto de Ciencia Animal. La Habana

Hailemariam, S, Zhao, S, He Y, Wang. J. 2021. Urea transport and hydrolysis in the rumen: A review. Animal Nutrition 7:989. https://doi.org/10.1016/j.aninu.2021.07.002

Haro, A. 2024. Sincronización energía-proteína en ganado vacuno: alimentación inteligente. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal 2024. 32 (Supl. 1)V Congreso Internacional de Producción Animal Especializada en BovinosCuenca, Ecuador, del 17 al 19 de octubre de 2024.www.doi.org/10.53588/alpa.320501

Jurado-Guerra, P., Velázquez-Martínez M., Alonso Sánchez-Gutiérrez, R., Álvarez-Holguín, A., Domínguez-Martínez, P.A., Gutiérrez-Luna, R., Garza-Cedillo, R.D., Luna-Luna, M., Chávez-Ruiz, M.G. 2021. Los pastizales y matorrales de zonas áridas y semiáridas de México: Estatus actual, retos y perspectivas. Rev Mex Cienc Pecu 2021;12(Supl 3):261-285.

La O, O., González, H., Vásquez, M. C., Hernández, J., Estrada, A., & Ledea, J. L. 2018. Caracterización nutritiva de Gliricidia sepium en un ecosistema salino y de alta sequía de la cuenca del río Cauto, Cuba. Cuban Journal of Agricultural Science, 52(3), 347-356. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2079-34802018000300347&lng=es&tlng=es.

Lerma-Lasso, J. L., Bacca-Acosta, P.P., Obando-Enriquez, B.G., Castro-Rincón, E., Cardona-Iglesias, J.L. 2023. Sistemas silvopastoriles: una opción para la sostenibilidad de los sistemas ganaderos de alta montaña. Pastos y Forrajes, Vol. 46, 2023.

Martín, P. C. 1982. Relación entre el contenido de nutrientes. digestibilidad y concentración de energía en gramíneas tropicales. Revista Cubana Ciencias Agrícolas, 16(2), 153-157.

Martín, P. C. 2022. Alimentación Complementaria Balanceada: efecto sobre el medio ambiente y la economía. Estudio de caso. En: Memorias del VI Congreso Internacional de Mejoramiento Animal. Palacio de las Convenciones. La Habana. Cuba.

Núñez-Ramos, P.A, García-Lagombra, G, Rosario, J, Asencio-Cuello, V.J, 2021. Mediciones de óxido nitroso (N2O) en suelo manejado bajo pastoreo con bovinos de leche. Terra Latinoamericana, v. 39, 2021, p. 39. https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.813 143Núñez Ramos, P.A, Núñez Jiménez, L.R;, Ortiz P.D, Domínguez Rodríguez, E, Guatusmal Gelpud, Carolina, Durán Nuñez , JA, Detlefsen, G, Pulido-Blanco V.C. 2023. Identificación de especies arbóreas presentes en sistemas silvopastoriles de producción lechera del municipio Villa Los Almácigos, República Dominicana.Revista CFORES, septiembre-diciembre 2023; 11(3): e819

Rothweder, D. A., Robertson, J. D., & Jorgensen, N. 1978. Proposed hay grinding standards based on laboratory analyses for evaluating quality. Journal of Animal Science, 47(3), 747–759. https://doi.org/10.2527/jas1978.473747x

Schwab C.G., Broderick G.A. 2017. A 100-Year Review: Protein and amino acid nutrition in dairy cows. J. Dairy Sci. 2017;100:10094–10112. doi: 10.3168/jds.2017-13320. Animales (Basilea) 16 de julio de 2021; 11 (7): 2118. doi: 10.3390/ani11072118

Sok M., Ouellet D.R, Firkins J.L, Pellerin D, Lapierre H. 2017. Amino acid composition of rumen bacteria and protozoa in cattleJournal of Dairy Science Volume 100, Issue 7, July 2017, Pages 5241-5249

Trejo-Arista,L.K, Cortés-Díaz, E, Martínez-Hernández P.A, Huerta-Bravo, M. 2023. Sistemas Silvopastoriles: Una estrategia para la resiliencia ambiental en empresas Pastos y Forrajes, Vol. 46. Epub. 22 ISSN 2078-8452.

BMA-04. Diseño e implementación de un sistema silvopastoril en fajas para ganadería doble propósito en pastoreo rotacional, para la finca AgroEscazú, Vistahermosa (Meta, Colombia): Evaluación de productividad, servicios ecosistémicos y sostenibilidad agropecuaria

Design and implementation of a silvopastoral system in strips for dual-purpose livestock in rotational grazing, for the AgroEscazú farm, Vistahermosa (Meta, Colombia): Evaluation of productivity, ecosystem services and agricultural sustainability

L. C. Velásquez Bello* y C. Rodríguez Díaz.

Programa de Ingeniería Agroforestal, UNAD — CEAD Acacías, Zona Amazonía-Orinoquía.

*Correspondencia a: lcvelasquezbell@unadvirtual.edu.co

Abstract

This applied research aims to evaluate the productive, ecological and economic impacts of implementing a silvopastoral system (SPS) in strips at AgroEscazú farm (Vistahermosa, Meta, Colombia). The design integrates native pioneer and perennial tree species (Leucaena leucocephala, Cariniana pyriformis, Cedrela odorata, Guazuma ulmifolia, Tabebuia rosea, Euterpe precatoria) with forage species (Alocasia macrorrhiza) under a rotational grazing system for dual-purpose cattle. Baseline characterization (soil, biodiversity, productive indicators) showed that the farm's Agroecological Structure (EAP) is slightly developed, offering potential to strengthen ecosystem services. The experimental design (Randomized Complete Block Design, two treatments: conventional pasture vs. SPS strips, 4 replicates) will evaluate indicators of animal productivity (milk, weight gain), forage yield and quality, soil fertility and structure, biodiversity (birds, pollinators, natural regeneration), and ecosystem services (carbon sequestration, water infiltration). Expected impacts include a 15–20% increase in milk yield, 20–25% higher weight gain, +25% forage biomass, 2–3% increase in soil organic matter, and improved biodiversity. Economic analysis projects a cost of establishment of 4.5–5.0 million COP/ha with a B/C ratio of 1.25–1.35 and IRR >15% over 10 years. This study demonstrates the potential of SPS to enhance productivity, ecological resilience, and rural livelihoods in the Orinoquía region.

Keywords: *silvopastoral system; ecosystem services; soil structure; dual-purpose cattle; Orinoquía.*

INTRODUCCIÓN

La ganadería en el piedemonte llanero de la Orinoquía colombiana enfrenta problemáticas asociadas a la degradación de suelos, pérdida de biodiversidad y baja productividad pecuaria (Riascos, 2014; Bravo, 2021). En este contexto, los sistemas silvopastoriles (SSP) se han consolidado como una alternativa agroecológica que combina árboles, pasturas y animales en un mismo espacio productivo, generando beneficios en productividad, servicios ecosistémicos y resiliencia climática (Murgueitio et al., 2015; FAO, 2021). La Finca AgroEscazú, ubicada en Vistahermosa, Meta, fue diagnosticada mediante la metodología de Determinación de la Estructura Agroecológica Principal (León-Sicard et al., 2017), clasificándose como "ligeramente desarrollada". Esto la convierte en un escenario ideal para la implementación de un SSP que fortalezca la conectividad ecológica, incremente la productividad pecuaria y mejore la estructura del suelo. El objetivo de esta investigación aplicada en desarrollo es implementar un sistema silvopastoril en fajas con especies pioneras y perennes bajo pastoreo rotacional de ganado doble propósito, evaluando su impacto productivo, ambiental y económico en la finca AgroEscazú y proyectar su escalabilidad como modelo en la Orinoquía.

MATERIALES Y MÉTODOS

1. Ubicación y caracterización del área de estudio

El estudio se desarrolló en la Finca Agroecológica Escazú, ubicada en el municipio de Vistahermosa (Meta), vereda El Danubio, margen izquierda del río Güejar, a 3 km de la cabecera municipal. El predio cuenta con 11 hectáreas de extensión, un clima tropical húmedo (26 °C, 2,500 mm/año), suelos franco arcillo-arenosos con pH entre 5.5 y 6.5, y se clasifica dentro de la zona de vida bosque húmedo tropical (bh-T) según Holdridge.

La finca presenta un mosaico de usos de suelo, con 44 potreros de pasturas introducidas (Brachiaria spp., Panicum maximum, Paspalum spp.), relictos de bosque secundario y corredores ecológicos fragmentados. La evaluación de la Estructura Agroecológica Principal (EAP), realizada con la metodología de León-Sicard et al. (2017), clasificó el predio en la categoría Ligeramente Desarrollada, lo cual representa un escenario adecuado para la integración de un sistema silvopastoril (SSP) que fortalezca la conectividad ecológica, mejore la biodiversidad y aumente la sostenibilidad productiva.

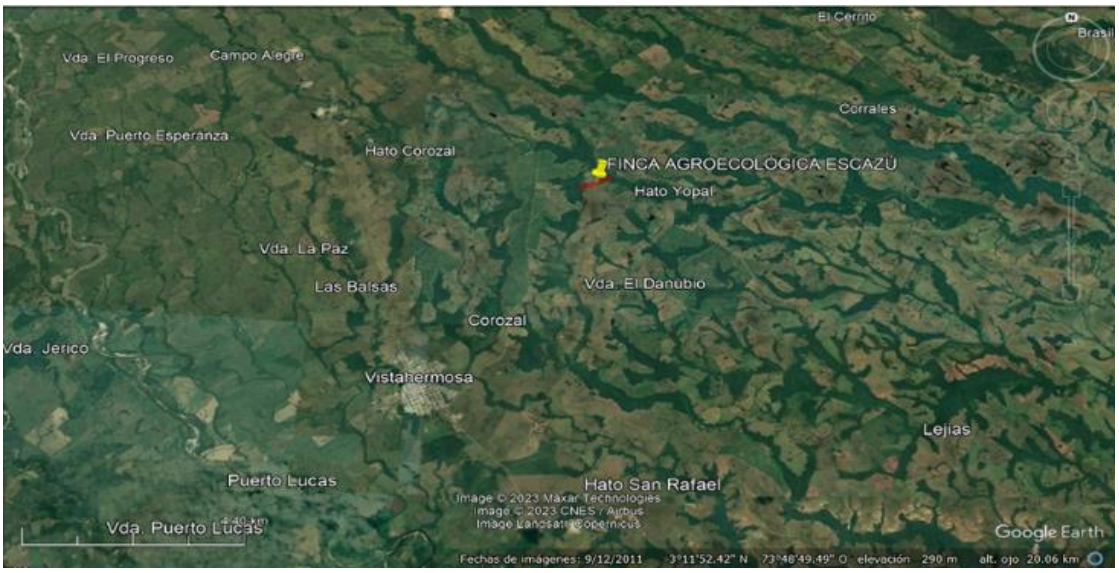


Figura 1. *Georreferenciación usando Google Earth.*

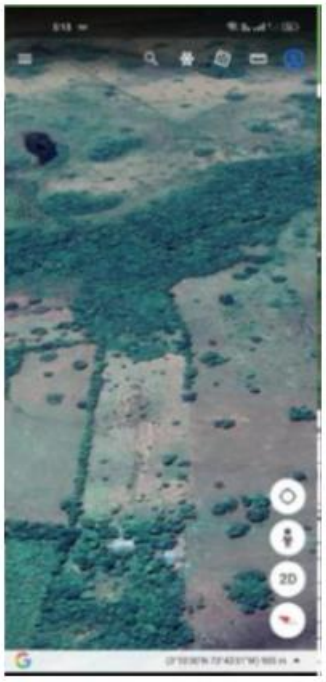




Figura 2 – 3 . *Finca Agroescazú.*



Figura 4. *Logo de la finca Agroescazú.*

Tabla 1. *Coordenadas Geográficas.*

Coordenadas Geográficas			
	I	**Latitud N**	**Longitud O**
tem	1	3°10'39.53"	73°43'17.28"
	2	3°10'49.87"	73°42'52.29"
	3	3°10'46.20"	73°42'52.82"
	4	3°10'36.44"	73°43'16.03"

Tabla 2. *Bio-temperatura, relieve y características del suelo.*

Temperatura Promedio	24°C y 26°C.
Humedad Relativa	75% y 85%
Precipitación Promedio Anual	3,000 a 4,000 mm,
Zona De Vida (Clasificación Holdridge)	Bosque húmedo tropical (bh-T)
Forma Del Terreno	Moderadamente inclinada, con algunas áreas planas
Nombre Del Relieve	Piedemonte Llanero
Ph Aproximado	pH entre 5.5 y 6.5
Tipo De Suelo	Franco Arcillo Arenoso
Presencia O Ausencia De Fuentes Hídricas	Caño Yopal, Bajos o Morichales y Pozo subterráneo
Disponibilidad De Agua	Por medio del pozo este se mantienen constante con agua las 24 horas



Figura 5. *Condiciones abióticas finca Agroescazú.*

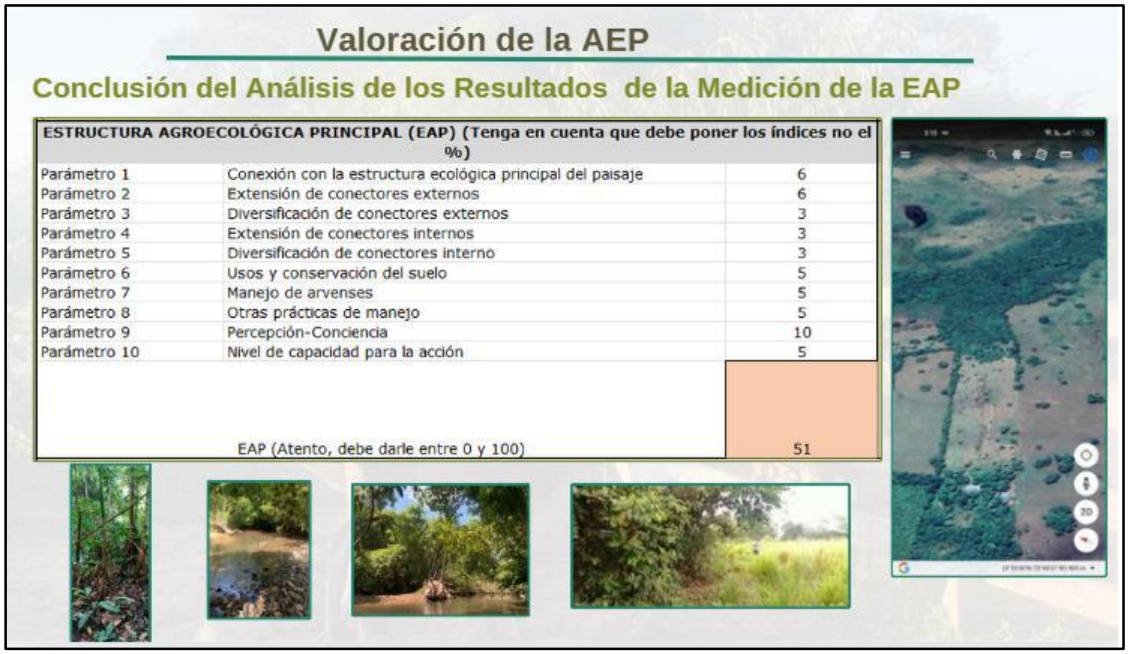


Figura 6. *Evaluación EAP Finca Agroescazú.*

2. Diseño experimental fase I: propuesta de arreglo en fajas

El sistema silvopastoril se planteó en **fajas paralelas** con distancias de 50 m entre franjas y 3 m entre árboles, bajo un manejo de **rotación controlada de seis animales por hectárea**.

El diseño integra especies forrajeras de alto valor nutritivo como *Leucaena leucocephala* y *Alocasia macrorrhiza*, combinadas con especies forestales de valor ecológico y maderable (Cedrela odorata, Cariniana pyriformis, Tabebuia rosea, Guazuma ulmifolia, entre otras). La inclusión de palmas (*Euterpe olerasia*) contribuye a diversificar la oferta de productos y fortalecer la resiliencia del sistema. 6

Distribución temporal espacial

Árboles establecidos en líneas paralelas con distancias de 50 m entre Fajas y 3 metros entre árboles, presentando la siguiente combinación: leguminosa Leucaena (Leucaena leucocephala) + forestal abarco (Cariniana pyriformis), Cedro (Cedrela adorata), cachicamo (Calophyllum brasiliense), ahumado (Minquartia guianensis), macana (Euterpe precatoria), guayacán (Tabebuia rosea) + forrajera bore (Alocasia macrorrhiza) + leguminosa(Leucaena) + forrajera bore (Alocasia macrorrhiza) + forestal guácimo (Guazuma ulmifolia).

Este arreglo busca:

1. **Aumentar productividad pecuaria** (carne y leche).
2. **Mejorar la fertilidad y estructura del suelo** (nitrógeno, materia orgánica, estabilidad de agregados).
3. **Incrementar captura de carbono** (biomasa aérea y subterránea).
4. **Favorecer biodiversidad** (aves, insectos, flora asociada).
5. **Optimizar rentabilidad económica** mediante diversificación de productos y reducción de costos.

Tabla 3. *Especies Seleccionadas*.

Especie	% proteína	% digestibilidad	Densidad de siembra	Árboles por ha	Beneficios al SSP
Leucaena (Leucaena leucocephala)	25-30%.	50-60%.	2 m en cercas vivas. 3 m entre árboles en fajas	158 árboles, teniendo que, por hilera se repite la siembra de esta especie 22 veces.	- Fijación de nitrógeno en el suelo - Forraje de alta calidad para rumiantes Control de la erosión en suelos degradados - Mejora de la fertilidad del suelo
Abarco (Cariniana pyriformis)	No aplica	No aplica	9 m	100 a 277 árboles	- Valiosa madera para construcción - Sombra y hábitat para fauna - Protección del suelo y regulación hídrica
Cedro (Cedrela adorata)	No aplica	No aplica	9 m	100 a 156 árboles	- Adaptación a suelos húmedos o anegados - Protección contra la erosión Sombra y madera de uso moderado - Sombra densa para ganadería Importancia cultural y ecológica
Ahumado (Minquartia guianensis)	No aplica	No aplica	10X10m	100 a 156 árboles	- Madera de alta durabilidad Resistencia a plagas - Aporte a la biodiversidad local
Guayacán (Tabebuia rosea)	No aplica	No aplica	10x10m	100 a 400 árboles	- Madera decorativa y resistente - Flores que favorecen la apicultura Sombra y control de erosión
Guácimo (Guazuma ulmifolia)	12-15%	50-60%	8x8m	156 a 400 árboles	- Forraje secundario para rumiantes - 8 - Mejorador de suelos - Control de la erosión
Bore (Alocasia macrorrhiza)	10-12%	60-70%	3x3m	158 plantas en arreglo en fajas por hectárea	- Forraje voluminoso para suplementación en épocas críticas



					- Rapido crecimiento en zonas húmedas Alta tolerancia a suelos anegados
alma: Macana (Euterpe precatoria)	N/A	N/A	7X7m	79 palmas *ha	- Producción de frutos (alimento humano o animal) Sobra para cultivos o ganado - Aporte paisajístico y conservación ecológica

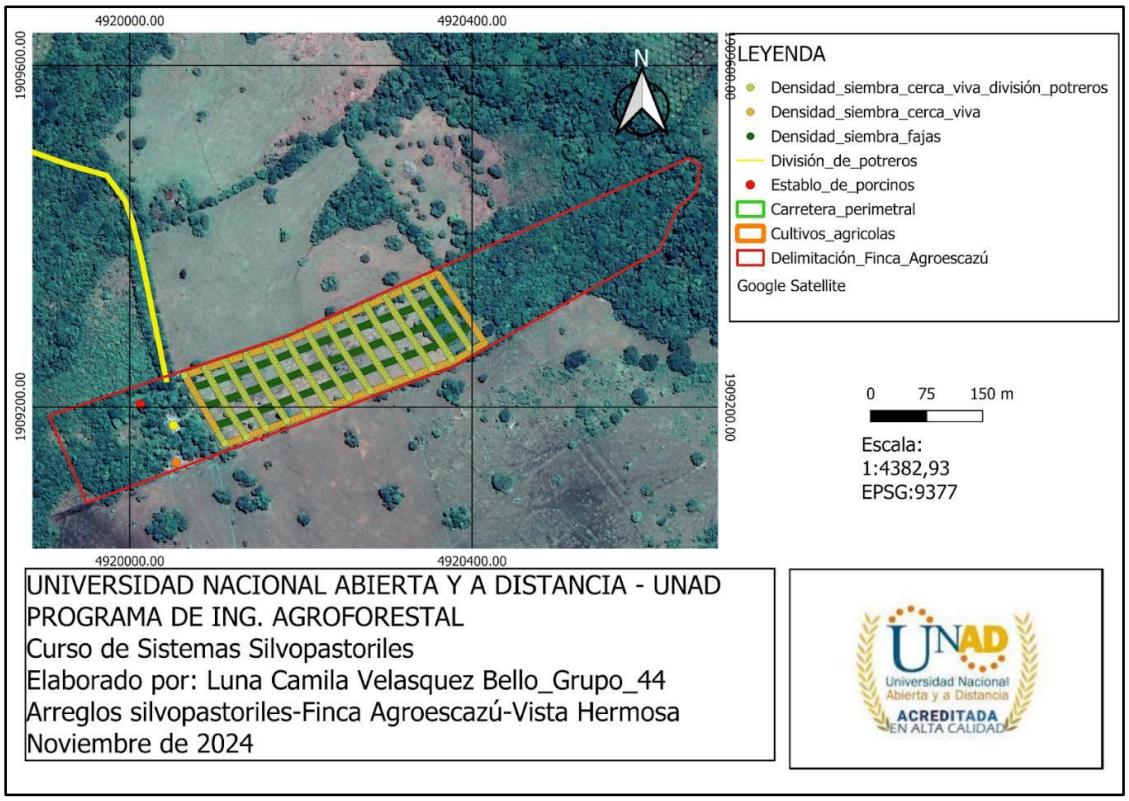
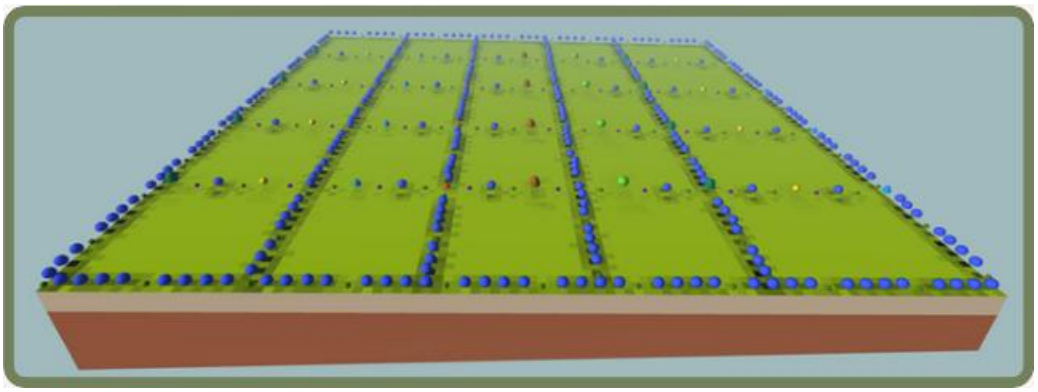


Figura 7. *Diseño de arreglo silvopastoril en fajas con rotación controlada en Qgis Finca AgroEscazú.*



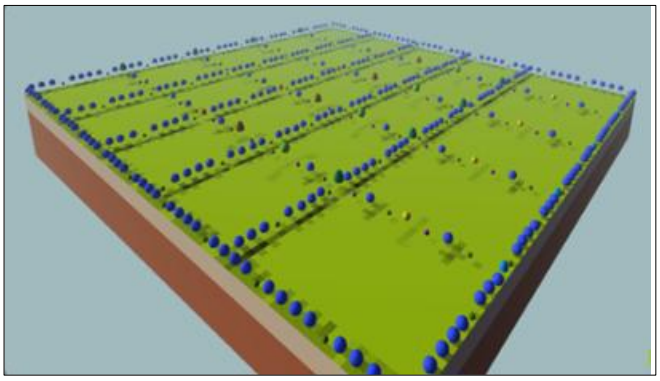


Figura 8-9. *Representación gráfica del diseño en fajas.*

3. Diseño experimental fase II: evaluación y monitoreo

La fase de evaluación y monitoreo se desarrollará bajo un diseño experimental "Before–After" (antes-después), con réplicas internas en parcelas apareadas, lo cual permite comparar los cambios en indicadores productivos, ambientales y económicos antes de la implementación del sistema silvopastoril y durante su desarrollo. Este enfoque es ampliamente usado en sistemas agroforestales y silvopastoriles por su capacidad de medir impactos reales de la intervención (Harvey et al., 2017; Murgueitio et al., 2019).

3.1 Hipótesis

- Hipótesis nula (H_0): la implementación del sistema silvopastoril en fajas no genera diferencias significativas en la productividad ganadera, calidad del suelo, captura de carbono ni biodiversidad en comparación con la línea base.
- Hipótesis alternativa (H_1): el sistema silvopastoril en fajas incrementa significativamente la productividad ganadera, mejora la calidad del suelo, aumenta la captura de carbono y la biodiversidad en comparación con la línea base.

3.2 Unidad experimental

La unidad experimental será la parcela en faja (50 × 100 m; 0,5 ha aprox.), que combina pastura mejorada, franjas arbóreas y acceso de ganado. Se seleccionarán 6 parcelas tratadas (implementadas con SSP) y 6 parcelas control (pastura convencional), que servirán como réplica y control interno.

3.3 Temporalidad

Se realizará un monitoreo longitudinal a 5 años, con tres escalas temporales:

1. Corto plazo (0–18 meses): establecimiento de árboles, adaptación de pasturas y ajuste de manejo rotacional.
2. Mediano plazo (2–3 años): estabilización del sistema, primeros efectos en forraje, suelos y productividad pecuaria.
3. **Largo plazo (4–5 años):** efectos consolidados en carbono, biodiversidad y economía.

Este diseño temporal permite medir cambios graduales y diferenciar los efectos de la fase de establecimiento frente a los de maduración del sistema.

Los indicadores se evaluarán mediante los protocolos resumidos en la siguiente tabla:



Tabla 4. *Protocolos de muestreo en AgroEscazú.*

Componente	Método	Unidad de muestreo	Frecuencia	Referencia técnica
Suelo (fertilidad)	Muestreo compuesto (0–20 y 20–40 cm); análisis pH, MO, N, P, K, CIC	5 puntos/0.5 ha	Semestral	IDEAM (2004); Walkley-Black; Kjeldahl
Estructura del suelo	Estabilidad de agregados (tamizado húmedo)	1 muestra/0.5 ha	Anual	Yoder (1936)
Forraje	Corte de 1 m²; secado a 65 °C; análisis bromatológico	3 submuestras/ha	Trimestral	AOAC (1990)
Producción de leche	Registro individual en ordeño	Cada vaca	Diario	FAO (2018)
Producción de carne	Pesaje en balanza electrónica	Cada animal	Mensual	Agrosavia (2021)
Biodiversidad – aves	Conteo por puntos fijos (10 min, transecto 100 m)	3 puntos/ha	Trimestral	Bibby et al. (2000)
Biodiversidad – insectos	Trampas pitfall y de luz	5 trampas/ha	Trimestral	Harvey & González (2007)
Carbono – biomasa aérea	DAP y altura; ecuaciones alométricas	Todos los árboles ≥ 5 cm DAP	Bianual	Chave et al. (2014)
Carbono – suelo	Combustión seca / Walkley-Black	5 puntos/0.5 ha	Anual	IPCC (2019

3.4 Variables e indicadores a evaluar

El sistema se evaluará en cuatro dimensiones, siguiendo lineamientos de FAO (2018) y Agrosavia (2021):

a) Productividad pecuaria

- **Producción de leche (L/vaca/día):** registro diario individual.
- **Ganancia de peso (kg/animal/mes):** pesaje mensual.
- **Carga animal (UGG/ha):** número de animales por unidad de superficie.
- **Oferta forrajera (kg MS/ha):** biomasa disponible estimada por cortes de cuadrantes (1 m²).

Estos indicadores son fundamentales para evaluar el impacto directo en la sostenibilidad económica y alimentaria del sistema (Murgueitio et al., 2019).

b) Suelo y fertilidad

- Propiedades químicas: pH, MO, N, P, K, CIC (métodos estandarizados: Walkley-Black, Kjeldahl).
- Propiedades físicas: densidad aparente, estabilidad de agregados (Yoder, 1936).
- Propiedades biológicas: actividad microbiana (respiración basal) y lombrices/m².

Los sistemas silvopastoriles promueven mejoras en fertilidad por reciclaje de nutrientes, aporte de materia orgánica y fijación biológica de nitrógeno (Sierra et al., 2018).

c) Biodiversidad

- Avifauna: conteo por puntos/transectos, riqueza y abundancia.
- Entomofauna: trampas pitfall y de luz, índice de diversidad Shannon-Wiener.
- Flora regenerada: número de plántulas nativas por m² en fajas y bordes.

La inclusión de franjas arbóreas incrementa hábitat y conectividad, lo que repercute en la resiliencia del ecosistema (Harvey & González, 2007).

d) Carbono y servicios ecosistémicos

- Carbono en biomasa aérea: estimado con DAP y altura, usando ecuaciones alométricas (Chave et al., 2014).
- Carbono en suelo: método Walkley-Black e IPCC (2019).
- Balance carbono–productividad: t CO_2 eq/ha/año en relación con producción de carne/leche.

Los SSP capturan entre 12–18 t CO_2 eq/ha/año en condiciones similares de la Orinoquía, generando oportunidades para PSA (pago por servicios ambientales) (García et al., 2020).

e) Economía y rentabilidad

- Costos de implementación y mantenimiento.
- Ingresos por leche, carne, madera y subproductos.
- Análisis costo–beneficio y TIR a 5 años.

Evaluar la viabilidad económica es esencial para la adopción del modelo por productores locales (Murgueitio et al., 2019).

3.5 Análisis estadístico

- Se aplicará un modelo ANOVA de medidas repetidas para comparar variables entre tratamientos (SSP vs control) y tiempos (antes vs después).
- Para biodiversidad se usarán índices de diversidad y análisis multivariado (ordenación NMDS, PERMANOVA).
- Los cambios en carbono y suelos se evaluarán con pruebas t pareadas o no paramétricas (Wilcoxon) según la normalidad de datos.
- Los datos económicos se analizarán con análisis de sensibilidad a diferentes escenarios de mercado.

Tabla 5. *Resumen de costos y partidas relevantes (COP/ha)*

Partida	Costo estimado (COP/ha)	Observación
Cercas vivas	1,200,000	Postes vivos y mano de obra
Plántulas forestales	2,000,000	800–1000 plántulas/ha
Preparación y hoyado	1,500,000	Mano de obra local
Fertilización orgánica	400,000	Compost inicial
Mantenimiento anual	1,200,000	Podas, resiembra
Infraestructura pecuaria	2,500,000	Agua y cercas eléctricas
Monitoreo y análisis	600,000	Suelo, forraje, leche
Total	**9,400,000**	Año 1 (implementación)



Tabla 6. *Resumen maestro de indicadores, métodos, frecuencia y análisis estadístico (diseño Before–After)*

Dimensión	***Indicador***	***Unidad***	***Método / Instrumento***	***Diseño y unidad muestral***	***Frecuencia***	***Análisis estadístico recomendado***
Productividad pecuaria	Producción de leche	L/vaca/día	Registro individual de ordeño (volumétrico); hoja de control diario	Lote de ordeño; ≥15 vacas por tratamiento (SSP vs. control)	Diario (consolidación mensual)	ANOVA de medidas repetidas (tratamiento×tiempo); contraste pareado Before–After; prueba t pareada o Wilcoxon si no normal
	Ganancia diaria de peso (GDP)	g/animal/día	Pesaje mensual en balanza electrónica; identificación individual	≥20 animales por tratamiento; parcelas apareadas	Mensual	Modelo mixto lineal (animal = efecto aleatorio); medidas repetidas
	Carga animal efectiva	UGG/ha	Conteo animales/área; bitácora de rotación	Parcela (faja) = unidad; 6 SSP y 6 control	Mensual	ANOVA una vía o mixto (si se sigue en el tiempo)
	Oferta forrajera	kg MS/ha	Corte de cuadrantes 1 m²; secado 65 °C; extrapolación a ha	4 cuadrantes/ha por parcela	Trimestral	ANOVA de medidas repetidas; t pareada
	Calidad de forraje (PB, FDN, FDA)	% MS	Bromatología (AOAC); molino + NIRS (si disponible)	Mismas submuestras de oferta forrajera	Trimestral	ANOVA; correcciones FDR si múltiples variables
Suelo	pH, MO, N, P, K, CIC	unidades estándar	Muestreo compuesto 0–20/20–40 cm; laboratorio (Kjeldahl, Olsen, Amonio acetato)	5 puntos/0.5 ha por parcela; 6 SSP y 6 control	Semestral	ANOVA de medidas repetidas; MANOVA (química del suelo)
	Densidad aparente	g/cm³	Núcleos indeformados (cilindro); estufa 105 °C	3 núcleos/profundidad/parcela	Anual	t pareada o ANOVA; mixto si varias profundidades
	Estabilidad de agregados	% macroagregados	Tamizado húmedo (Yoder)	1 muestra compuesta /0–20 cm por parcela	Anual	t pareada; mixto si se incluyen covariables
	Actividad microbiana (respiración basal)	mg C-CO_2/kg/d	Incubación controlada; respirometría	1 muestra compuesta /parcela	Anual	ANOVA; transformación si es necesario

Biodiversidad	Aves: riqueza, abundancia, H'	# spp.; # ind.; índice	Puntos fijos 10 min; transectos 100 m; horas pico	3 puntos/ha; 6 SSP y 6 control	Trimestral	Índices (Shannon), PERMANOVA (composición), rarefacción
	Insectos: riqueza y grupos funcionales	# spp./transecto	Trampas pitfall (24 h) y de luz (nocturna)	5 trampas/ha por parcela	Trimestral	ANOVA/H'; PERMANOVA; NMDS (estructura)
	Regeneración vegetal	plántulas/m²	Cuadrantes 1 m² en bordes/fajas	5 cuadrantes/parcela	Semestral	t/ANOVA; GLM (conteos: Poisson/NegBin)
Carbono	Biomasa aérea (árboles)	t C/ha	DAP y altura; alometrías(Chave et al., 2014); factor C=0.47	Parcelas 20×20 m; todos los árboles ≥5 cm DAP	Bianual	t pareada/ANOVA; IC por bootstrap
	Carbono en suelo	t C/ha	Combustión seca o Walkley–Black; BD y espesor	0–20/20–40 cm; 5 puntos compuestos/parcela	Anual	ANOVA de medidas repetidas; análisis por estrato
	Captura neta CO_2eq	t CO_2eq/ha/año	ΔC biomasa + ΔC suelo – emisiones manejo	Derivado de mediciones anteriores	Anual (balance)	Propagación de incertidumbre; intervalos delta
Económico	Costos (CAPEX/OPEX)	COP/ha	Partidas contables; facturas; jornales	Por sistema (SSP vs control)	Trimestral	Análisis costo–beneficio; ANOVA costos
	Ingresos (leche, carne, madera)	COP/ha/año	Registros de venta; precios medios	Por sistema	Trimestral/Anual	Margen bruto; TIR/NPV (5 años); sensibilidad
	Relación B/C y punto de equilibrio	adimensional; COP	Flujo de caja; amortización	Proyecto (11 ha)	Anual	Escenarios (±20% precio y productividad)

Diseño y potencia: Before–After con parcelas apareadas (6 SSP vs 6 control) y medidas repetidas. Se recomienda verificación de potencia ($1–\beta \geq 0.8$) para variables clave (leche y GDP) y ajustar el número de animales si la varianza observada en el primer año es mayor a la supuesta.

Hipótesis: H_0 = no diferencia (SSP = control en ΔBefore–After). H_1 = mejora significativa en SSP.

Control de sesgos: mismas fechas y horas de muestreo, observadores calibrados, protocolos ciegos para laboratorio, recolección simultánea SSP–control. 17

Tratamiento de datos: verificación de supuestos (Shapiro–Wilk, Levene); transformaciones log/Box–Cox si aplica; modelos mixtos con "parcela" y "animal" como efectos aleatorios; corrección por comparaciones múltiples (Benjamini–Hochberg).

Incidencias climáticas: incluir precipitación y NDVI (si se dispone) como covariables en modelos mixtos para desagregar efecto climático del efecto del SSP.





Unificación de unidades: reportar productividad ajustada por UGG y por MS ofertada, y carbono en t C/ha y t CO_2eq/ha (×3.67).

Resultados iniciales

La **fase diagnóstica** identificó:

- Pasturas degradadas con baja cobertura vegetal y fragmentación de corredores.
- Suelos ácidos con pH 5.5–6.0 y bajos contenidos de materia orgánica (<2.5%).
- Producción promedio de leche de **3–4 L/vaca/día** y ganancias de peso de **350 g/día** en bovinos de doble propósito.
- Biodiversidad restringida a relictos de bosque secundario con dominancia de especies herbáceas y arbustivas.

Resultados esperados

Se proyecta que el sistema silvopastoril en fajas genere:

1. Productividad pecuaria:

Incremento del 30–35% en la producción de leche (4–5.5 L/vaca/día).

Incremento del 25% en la ganancia de peso (450 g/día).

Disponibilidad de forraje todo el año mediante *Leucaena* y *Alocasia*.

2. Mejoras en suelo:

Aumento de materia orgánica de 2.5% a 4% en 5 años.

Mejora en la estabilidad de agregados en un 20%.

Incremento de N disponible (+15 kg/ha/año por fijación biológica).

3. Carbono y biodiversidad:

Captura de carbono en biomasa: 12–15 t CO_2 eq/ha/año.

Incremento de 25–30% en riqueza de aves y polinizadores.

4. Economía:

Retorno neto positivo a partir del año 3.

Diversificación de ingresos (leche, carne, madera, frutos).

Potencial acceso a programas de pago por servicios ambientales (PSA).

Tabla 7. *Síntesis de impactos del SSP.*

Dimensión	Impacto esperado
Productiva	Mayor disponibilidad de forraje, aumento en leche y carne, mejora en condición animal.
Ambiental	Recuperación de suelos, mayor biodiversidad, reducción de erosión, captura de carbono.
Económica	Menores costos de insumos, diversificación de ingresos, mayor competitividad local.
Social	Fortalecimiento de capacidades técnicas, integración a cadenas de valor sostenibles.



Figura 9. *Resumen Grafico.*



Figura 10. *Representación gráfica de la cadena de comercialización en la finca agroEscazú.*

DISCUSIÓN

Los sistemas silvopastoriles en fajas ofrecen una alternativa **técnicamente viable y ambientalmente sostenible** frente a la ganadería convencional. La integración de especies nativas y forrajeras mejora simultáneamente la **productividad pecuaria, la calidad del suelo y la provisión de servicios ecosistémicos** (Altieri, 1999; Agrosavia, 2021).



Si bien la inversión inicial es significativa (≈9.4 M COP/ha), los beneficios a mediano plazo compensan los costos, dado el incremento proyectado en carne y leche y la reducción en gastos por fertilización química gracias a la fijación de nitrógeno. Asimismo, la diversificación de productos forestales y la posibilidad de acceder a incentivos ambientales fortalecen la resiliencia económica de la finca.

La implementación de este modelo en la Finca AgroEscazú, clasificada con una EAP "ligeramente desarrollada", constituye un ejemplo replicable en la Orinoquía colombiana, donde los sistemas productivos enfrentan presiones por degradación del suelo, pérdida de biodiversidad y baja rentabilidad.

4. CONCLUSIONES

El sistema silvopastoril (SSP) diseñado para la finca **AgroEscazú** busca integrar la productividad ganadera con la sostenibilidad ambiental y la viabilidad económica. El establecimiento de fajas con especies forrajeras y arbóreas multipropósito permitirá aumentar la oferta de alimento, mejorar las condiciones del suelo y fortalecer la conectividad con la Estructura Ambiental Principal (EAP).

Se espera que el sistema incremente la **producción de carne y leche**, reduzca la dependencia de agroquímicos mediante el uso de bioinsumos, favorezca la **captura de carbono** y promueva la biodiversidad, aportando al mismo tiempo a la rentabilidad del predio mediante el ahorro en suplementación y la generación de excedentes comercializables (ensilaje, leña, madera).

En síntesis, el SSP constituye una estrategia replicable para el piedemonte llanero que equilibra productividad, sostenibilidad y competitividad.

Contribución de la autoría: Primer autor: investigación, conceptualización, análisis de datos de costos de implementación del SSP en ambos escenarios, cadena de comercialización, diseño de diagramas, resumen gráfico y piezas graficas, fotografías, escritura, revisión y edición. **Segundo autor:** Diseño de sistema silvopastoril en fajas, modelos del SSP en Qgis, investigación de las especies seleccionadas, análisis de datos de capacidad de carga y carga animal, conceptualización, revisión.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue posible gracias al apoyo de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD) y del Semillero Metamorfo de Investigación del CEAD Acacías, que brindaron el marco académico y el acompañamiento metodológico. Agradecemos especialmente a los docentes y tutores de las asignaturas de Agroforestería y Sistemas Silvopastoriles por su orientación técnica, y a los propietarios de la finca AgroEscazú por facilitar el acceso, la información y el compromiso con la implementación del sistema.

BIBLIOGRAFÍA

Literatura citada

Altieri, M.A. (1999). El papel ecológico de la biodiversidad en los agroecosistemas. *Agricultura, Ecosistemas y Medio Ambiente*, 74(1–3), 19–31. https://doi.org/10.1016/S0167-8809(99)00028-6

Blum, W.E.H. (2005). Funciones del suelo para la sociedad y el medio ambiente. *Reseñas en Ciencias Ambientales y Biotecnología*, 4(3), 75–79. https://doi.org/10.1007/s11157-005-2236-x

Bone, J., Barraclough, D., Eggleton, P., & Head, M. (2010). Evaluación de la calidad del suelo en condiciones climáticas extremas. *Environmental Science & Technology*, 44(17), 6673–6679. https://doi.org/10.1021/es903779c

Briceño, L.A. (2015). Impactos ambientales en el piedemonte llanero. *Revista de Estudios Ambientales*,6(2),45–58.

Dalgaard, T., Hutchings, N.J., & Porter, J.R. (2003). Agroecología, escalamiento e interdisciplinariedad. *Agricultura, Ecosistemas y Medio Ambiente*, 100(1), 39–51. https://doi.org/10.1016/S0167-8809(03)00152-X

FAO. (2018). *Diez elementos de la agroecología: orientar la transición hacia sistemas alimentarios y agrícolas sostenibles*. FAO. https://www.fao.org/agroecology

Gliessman, S.R. (2011). *Agroecología: La ecología de los sistemas alimentarios sostenibles* (2ª ed.). CRC Press.

Gobierno de Colombia. (2018). *Informe sobre el uso del suelo en el departamento del Meta*. DNP.

IDEAM. (2004). *Indicadores de degradación del suelo en Colombia*. IDEAM.

IDEAM. (2021). *Informe anual de deforestación en Colombia*. IDEAM. https://www.ideam.gov.co

Lal, R. (2001). Degradación del suelo por erosión. *Land Degradation & Development*, 12(6), 519–539. https://doi.org/10.1002/ldr.472

Millennium Ecosystem Assessment. (2005). *Ecosistemas y bienestar humano: síntesis*. Island Press.

Núñez, M., Mendoza, R., & Gutiérrez, L. (2003). La biodiversidad y sus servicios ecosistémicos. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 74(1), 29–42.

Pezzani, R. (2010). Agroecosistemas y su relación con el medio ambiente. *Revista Agroecológica*, 9(2), 56–63.

Pereira, L., Wynberg, R., & Shackleton, S. (2018). Innovaciones institucionales para la conservación de la biodiversidad. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 34, 1–8. https://doi.org/10.1016/j.cosust.2018.07.005

Silici, L. (2014). *Agroecología: qué es y qué ofrece*.FAO.

van Miegrot, H., & Johnsson, H. (2009). El suelo como interfaz en los servicios ecosistémicos. *Soil Science Society of America Journal*, 73(3), 83–94. https://doi.org/10.2136/sssaj2009.001

Literatura consultada

Agrosavia. (2021). *Diseño y manejo de sistemas silvopastoriles en Colombia*. https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/12013/Ver_Documento_12013.pdf?sequence=3 Corporinoquia. (2020). *Cartilla manejo de pradera*. CSR documentos. https://corpamag.gov.co/blogs/negociosverdes/wp-content/uploads/2020/12/CARTILLA-MANEJO-DE-PRADERA-web.pdf

Departamento Nacional de Planeación. (2020). *Estudio sobre seguridad alimentaria en el Meta*. https://colaboracion.dnp.gov.co/cdt/estudios%20econmicos/471.pdf Horizonte Verde (Peñuela Recio, L. et al.). (2011).

Uso y manejo de forrajes nativos en la sabana inundable de la Orinoquia. Univ. de los Llanos /FHV.

Manual Watts. (2019). *Manual práctico para praderas y pasturas*. Praderas y Pasturas. https://praderasypasturas.com/documentos/124.-Manuales_Watts/2019/2019%20Manual%20Watts.pdf



BMA-05. Biodiversity and forage production in natural grasslands under silvopastoral systems during early stages of forest rotation

Biodiversidad y producción de forraje en pastizales nativos en sistemas silvopastoriles al inicio de la rotación forestal.

PV Posada-Pinto)[1,2*]; *P Sirl*[2]; *P Bertoncelli*[1]; *C Viñoles*[1]; *V Benítez*[1]; *P GonzálezBarrios*[2]; *C González*[1]; *PN Llanos*[1]; *DG Pintos*[1]; *JK Fedrigo*[1]

[1]CENUR Noreste, Universidad de la República, Melo, Uruguay.

[2]Facultad de Agronomía, Universidad de la República, Montevideo Uruguay.

[*]Correspondencia a: pablo.posada@poloagroforestal.edu.uy, pablovic1987@gmail.com

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effects of incorporating trees at low densities into natural grassland. The experiment was conducted in native grasslands in Cerro Largo, Uruguay, comparing three tree densities (0, 160, and 240 *Eucalyptus grandis* trees/ha) in a randomized block design. Forage production was estimated with exclusion cages and seasonal cuts, while species richness and functional groups were monitored annually in fixed plots along transects. Herbaceous species were classified into functional groups (C3, C4, graminoids, dwarf herbs, subshrubs, legumes). Trees' incorporation did not affect the mean grass productivity and species richness across the whole evaluation. Only warm-season grasses were affected by tree density, with an increase in the lower tree density compared to natural grassland cover. The other groups, despite being affected by the interaction of both density and time evaluation, the effects observed followed a time pattern not changing the treatment ranking (tree density) with an increasing of dwarf herbs and graminoids and decreasing perennials groups in the fourth year evaluation. The evidence of the results points to a temporal and expected transition of the community but there is not evidence to affirm that silvopastoral systems affect productivity or diversity of natural grasslands in the firsts years of forest rotation.

Keywords: *Growth rate, Species richness, C4 grasses, C3 grasses, Silvopastorism, Uruguayan Campos Grasslands*

Palabras clave: *Rango de crecimiento, riqueza de especies, gramíneas C4, gramíneas C3, Silvopastoreo, campos de gramìneas uruguayos.*

INTRODUCTION

The current agricultural production systems are facing several challenges, including global concerns for sustainability, biodiversity loss, water quality, and soil conservation. In this context, silvopastoral systems have emerged as environmentally alternative to conventional systems (Fedrigo et al., 2023). However, their success depends on managing the complex interactions among system components in a synergistic and balanced way (Jose et al., 2017). One of the main interaction is competition for light: the trees, due to their height and canopy characteristics, intercept most of the incoming radiation, which reduces both the quantity and quality of light reaching the understory vegetation (Baldocchi et al., 1984; Feldhake & Belesky, 2009; Peri et al., 2007). The design of the tree standing - including planting density, row orientation and crown architecture - directly influences the spatial and temporal distribution of light in the understory (Dupraz et al., 2018; Peri et al., 2016; Rodrigues et al., 2014; Varella et al., 2012).

A key to success in silvopastoral systems relies on providing adequate forage quantity and quality to livestock. The Rio de la Plata Grasslands ecoregion in southern South America, covering 760000 Km^2 across Argentina, Uruguay and southern Brazil is a highly specialized grazing system (Guido et al., 2025; Soriano, 1991). This biodiverse region hosts endemic species of plants and animals and provides important ecosystem services (Andrade et al., 2018; Zhao et al., 2020). The landscape mainly comprises extensive mixed grasslands with both C3 and C4 species, varying spatially with geomorphology (Andrade et al., 2018; Gibson, 2009). Despite the human impacts, the region remains relatively conserved, attracting interest from farmers and academics (Andrade et al., 2018; Guido et al., 2025; Soriano, 1991).

The species diversity in Uruguayan grasslands include species that can be more adapteded to diverse conditions and stress situations, among them the changing luminous conditions. While C3 species generally have a competitive advantage under shade, several studies hace shown that some C4 species native to the region are also moderately shade-tolerant (Barro et al., 2012; Hernandez et al., 2019; Kephart et al., 1992). For example, Paspalum species have been identified as capable to maintain productivity under moderate shade (Barro et al., 2012; Hernandez et al., 2019). In a natural grassland exposed to a gradient of light extinction, the turnover of C3 and C4 species is produced under moderate shade conditions (Silveira et al., 2022). Additionaly, Pizarro et al. (2024), indicated that the proportion of C3 and C4 species also respond to variations related to types of soil. However, there is still a lack of information in Uruguay on how planned silvopastoral systems, designed to enhance positive tree–pasture interactions, affect productivity and botanical composition over time.

The aim of this study is to evaluate the species richness, botanical composition and aboveground net primary production of the natural grasslands during the first four years following the incorporation of trees at two silvopastoral densities (160 and 240 trees/ha). We hypothesize that the presence of young *Eucalyptus grandis* trees at low densities will have minimal effects on species richness, botanical composition and forage productivity, whereas higher tree densities will have more pronounced impacts.

MATERIAL AND METHODS

The study was conducted at the First Research, Teaching, and Extension Platform in Silvopastoral Systems, a private farm that functions as an experimental center managed by researchers from the Universidad de la República, located in the Department of Cerro Largo, Uruguay (32° 11′ 16″ S–54° 13′ 55″ W) (Fedrigo et al., 2024). The regional climate is Cfa (Kôppen's classication), subtropical and humid, without a defined dry season (mean daily temperatures of June: -3 to 18 ºC, coldest month and exceed 22 ºC in January, hottest month) (Panario & Bidegain, 1997). The average annual precipitation is around 1200 mm, with a tendency to experience water deficit in summer and excess during winter. The experiment is situated in the Gondwanic sedimentary basin (Durán, 1991), with dominant soils classified as Mollic Hapludalfs and Typic Eutudepts (Fedrigo et al., 2024).

The experiment covers 30.2 hectares of natural grassland belonging to the Rio de la Plata Grasslands (Soriano, 1991). The study site was divided into nine paddocks of approximately 3 hectares each equipped with water troughs. The experimental design consists of three treatments defined by tree density, arranged in a randomized complete block design with three replications (totaling nine paddocks). The blocks were established based on topography and soil type. The plantation layout consisted of tree rows oriented north–south, with 5 × 5 m spacing between trees within the rows and 20 m alleys between adjacent tree strips. The three treatments were: (1) full sun (0 trees/ha); (2) low density (160 trees/ha), planted in double rows (5 m between trees within the row, 5 m between rows, plus a 20 m alley); and (3) high density (240 trees/ha), planted in quadruple rows under the same spacing scheme. The tree component, *Eucalyptus grandis,* was established in Spring of 2020 using minimal tillage and localized control of weeds. The animal component by approval from the Animal Ethics Committee of CENUR Noreste, Universidad de la República (Ethics Protocol No. 1349), during this experiment included two *Bos taurus x indicus* crossbreed herds.

Prior to the introduction of the first herd, the experimental area was managed with electric fences to protect the trees, and pruning was conducted to a height of 1.5 m (March 2022) to prevent damage by grazing animals. In October 2022, forage was cut with a rotary mower to maintain pasture height within the target range, at which point the electric fences were permanently removed. The first herd consisted of multiparous lactating cows, and their calves (born in Spring 2022) (short-term experiment) conducted from December 2022 to March 2023 (Fedrigo et al., 2024). The second herd involved Brangus calves (n = 36 fixed experimental animals) in a long-term experiment, from weaning at 7–8 months of age (April 2023) until the end of their first mating (February 2025). To maintain the pasture sward height between 7 and 10 cm, additional calves were included or removed using the "put and take" method based on monthly measurements of sward height, ensuring equal herbage allowance and grazing pressure across treatments.

Forage production was evaluated using grazing exclosure cages (Mannetje, 2000), with four cages installed per plot (n =36). The cages were positioned to capture the shading gradient: one in the center of the alley, one under the center of tree rows and at two at intermediate positions on the east and west edges of tree rows. Forage mass was estimated by clipping samples within 0.25 m^2 (0,5 x 0,5 m) quadrats at ground level at approximately 70-day intervals, totaling 5 harvests per year to cover all seasons (February, April/May, August, October and December). Samples were dried in a forced-air oven at 60 °C. This work presents data from 11 forage harvests conducted from December 2022 to February 2025: five harvests in 2023, five in 2024, and one additional cut from the first summer of 2025, which was not included in the calculation of annual forage production.

Monitoring of species richness and taxonomic and functional diversity of the grassland component was carried out once a year in spring to capture both winter and summer seasonal species. These variables were assessed through four estimations of herbaceous species abundance, determined in eight fixed plots measuring 1 × 1 m each, arranged along two transects per treatment. The proportion of cover in each plot was estimated using the Londo (1976) scale (Andrade et al., 2019). In the case of both treatments under trees, transects were positioned perpendicular to tree rows, in analogous positions of exclosure cages (center of the alley, under tree rows and intermediate positions). The same number of transects and plots per transect were installed in the control treatment, resulting in a total of 72 plots, installed in February 2021.

Species were grouped into functional groups: C4 grasses, C3 grasses, graminoids (including *Cyperaceae*, *Juncaceae* and other other non-grass monocots), dwarf herbs (Rosengurtt, 1979) including small forbs, not surpassing 10 cm, subshrubs (including species as *Eryngium horridum, Baccharis trimera and B. cordifolia,* which are common in natural grasslands, and lastly legumes (family *Fabaceae*). We further subdivided the *Poaceae* functional groups into native versus exotic C4 grasses and perennial vs annual C3 grasses. The criteria used to define the functional groups followed the classifications of Rosengurtt (1979) and the definitions of Allen et al. (2011), taking into account the importance or abundance of certain groups and their relevance under shaded conditions or as indicators of ecological transition. For instance, instead of grouping all forbs together (with *Asteraceae* being the most representative family in the group),

we chose to report *dwarf herbs* separately in this work. This group comprises opportunistic species that occupy bare soil conditions or may indicate overgrazing situations.

Data analysis was performed using R software (R Core Team, 2025). The variables analyzed were the species richness, the daily forage growth rate, and the proportion of cover of each functional group (C4 species, C3 species, graminoids, dwarf herbs, subshrubs, and legumes), as well as the subdivision of grasses into native warm-season grasses, exotic warm-season grasses, perennial cool-season grasses, and annual cool-season grasses. All response variables were analyzed using generalized linear mixed models (GLMMs). The statistical design followed a two-level hierarchical structure: the first level corresponded to tree density as a fixed effect, and the second level represented repeated measures over time. To test the stated hypotheses, the analysis of fixed effects was based on Wald chi-square test from type II analysis of deviance.

RESULTS

A total of 176 species were recorded over the entire evaluation period (four years), with the number of species.m^{-2} ranging from a minimum of 13 to a maximum of 44. The mean number of species observed across the four years under both the lowest and the highest tree density were not significantly different from the number observed on the situation without trees. Although there was a 10% increase in the richness observed in 2024 (vs 2023, the highest number of species registered were observed in the first year (mean across treatments; Table 1).

Table 1. *Species richness (species.m^{-2}) across treatments and years. Values are means with confidence intervals (α = 0.05). Different uppercase letters denote significant differences among treatments (p < 0.05), while different lowercase letters indicate differences among years (p < 0.05).*

	Year				
Tree density	**2021**	**2022**	**2023**	**2024**	**Mean**
2F (160 t/ha)	35,1 +/- 4,2	26,0 +/- 3,3	27,6 +/- 3,4	30,2 +/- 3,7	29,5 +/- 3,09 A
4F (240 t/ha)	30,8 +/- 3,8	24,2 +/- 3,1	24,8 +/- 3,2	26,1 +/- 3,3	26,4 +/- 2,79 A
Control	32,8 +/- 3,9	27,6 +/- 3,4	27,8 +/- 3,5	32,8 +/- 3,9	30,1 +/- 3,15 A
Mean	32,9 +/- 2,3 a	25,9 +/- 1,9 c	26,7 +/- 1,0 c	29,6 +/- 2,1 b	---

Table 2. *Resume of the results of analysis of deviance for each botanical group and p value obtained for the significant factors or the interaction (trat*year), while "---" means none factor was significant (p > 0.05).*

Grasses groups	Sig effects	Other groups	Sig effects
C4 (Native + Exotics)	**trat** (p = 0.011)	Graminoids	**trat*year** (p = 0.006)
Native Warm Season	**year** (p < 0.001)	Dwarf herbs	**trat*year** (p = 0.023)
Exotic C4 (*Cynodon sp)*	**---**	Subshurbs (*)	---
C3 (Perennial + Annual)	**trat*year** (p = 0.003)	Legumes	---
Perennial Cool Season	**year** (p = 0.002)		
Annual Cool Season	**trat*year** (p = 0.037)		

(*)In subshrubs, results showed significant effects in treatments (p = 0.048) but Tukey test did not showed treatments as different,, as a result we do not have evidence to indicate differences. All of the groups where interaction were significant, treatment factor were not significant (p>0.05)

The 10 most abundant species accounted for approximately 60% of the total grassland cover. The most frequent species were: *Cynodon dactylon, Paspalum notatum, Axonopus fissifolius, Paspalum plicatulum, Richardia humistrata, Gaudinia fragilis, Festuca australis, Mnesithea selloana, Juncus sp* and *Paspalum dilatatum.* Species of *Poaceae* family represented, on average, 60 to 80% of the total cover, with a clear predominance of C4 species over C3 species (~75% C4 vs 25% C3 of total grasses) (Fig 1).

Among all functional groups, only the guild of C4 species (native and exotic warm season grasses), had significant effects of tree density treatments (Table 2). While, the totality of C3 species (represented by the sum of both perennials and annuals cool season grasses), annual cool season grasses, graminoids and dwarf herbs were affected by the interaction of tree density and time (year of evaluation). Native warm season grasses and perennial cool season grasses, presented significant variation over time without being affected by the tree density. Whereas the exotic warm season grass *Cynodon dactylon,* the subshrubs and the legume groups were not affected by the main factors evaluated in the analysis.

As for the evolution of these groups over time, native warm season grasses had the minimum proportion of coverage in 2023 that represented nearly 22% of reduction in the coverage registered in 2022 and 2021 ($p<0.05$). The coverage observed in 2024 was intermediate between these situations without significant difference with the highest ones or the lowest, in the average of the treatments. On the contrary, perennial cool season grasses decreased the coverage from 2021 to 2024. For annual cool season grasses only in the control situation (without trees) the coverage proportion is reduced from 2022 to 2024 ($p<0.05$).

The non-grasses groups, graminoids and dwarf herbs had the maximum coverage in the last year of evaluation for all treatments. In both control and the lowest density of trees (160 trees/ha) increasing significantly from 2022 to 2024 ($p<0.05$). Under the highest tree density (240 trees/ha) increased from 9 to 16 % of coverage from 2023 to 2024, without significant difference in the first three years (Fig 1).

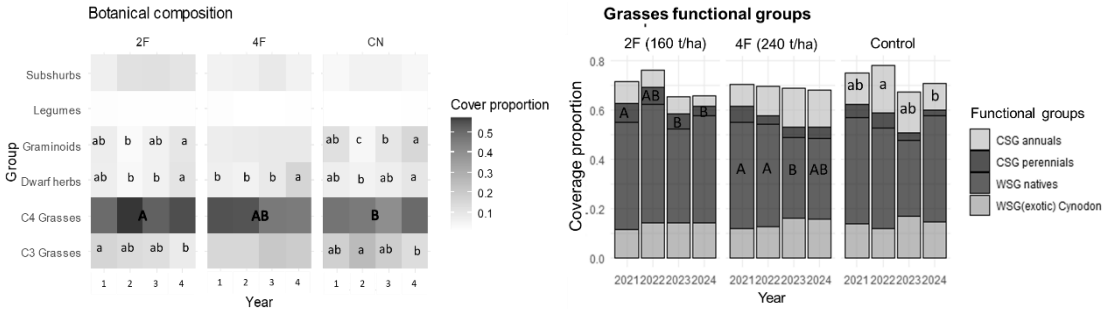


Fig 1. *Cover of functional groups by year across treatments. 1a. Grasses and non-grasses functional groups. Color intensity represents the cover of each group. Different uppercase letters represent differences between treatments beneath the Functional group. Different lowercase letters represent differences between years by treatment for each functional group. Absence of letters indicates no significant difference across years by treatment for each group. 1b. Grasses functional groups. Different uppercase letters represent differences between years (as main factor, mean of treatments). Different small-case letters represent differences across years by each treatment, absence of small-case letters indicates no differences across years by each treatment.*

There was a significant interaction between treatment and evaluation period for the daily dry matter (DM) accumulation rate. In the summer of 2023 (with Feb-23 representing the accumulation over the previous 70 days), the daily DM accumulation rate in the control and under the highest density of trees is almost three times higher than the lowest density of trees (Fig 2). In the second summer, the growth rate under trees was 8 kg DM ha^{-1} day^{-1} higher for the 2F treatment and 10 kg DM ha^{-1} day^{-1} higher for the 4F treatment compared to the control without trees. However, in the last spring evaluated (2024), productivity in the control treatment was more than 40% superior to that observed for the lower tree density (2F), while the highest density treatment showed intermediate productivity, without differences between the first two.

SILVOPAT – 2025 | ICA | ISBN: 978-959-7171-88-1 | Cu-ID: https://cu-id.com/book/978-959-7171-88-1

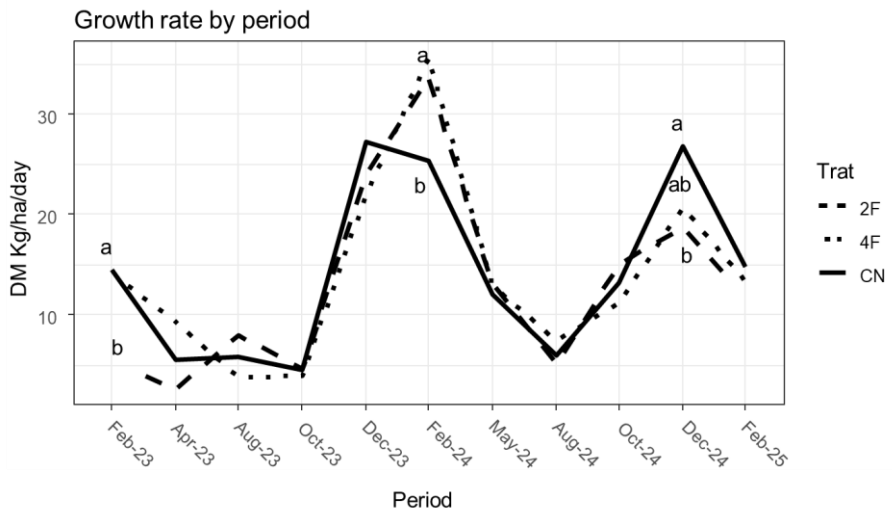


Fig 2. *Growth rate by period and treatment. Solid line represents de growth rate in the control (Natural grassland without trees), dashed line 2F treatment (160 trees/ha) and dotted line 4F treatment (240 trees/ha). Different lowercase letters indicate significance difference between treatments for each period (p<0,05), periods without letters the differences of growth rate are not significant.*

Table 3. *Dry Matter Accumulation Rate for treatments. Results are means +/- confidence interval (α=0.05), and (standard error), for growth rate across all periods of evaluation (both years). Different lowercase letters indicate differences among years (p < 0.05)*

	DM Kg.ha^{-1}.year^{-1}					
Treatment	2023		2024		Mean	
2F (160 t/ha)	9.3 +/- 1.91	(0.97)	17.0 +/- 2.40	(1.22)	13,0 +/- 1,51	(0,77)
4F (240 t/ha)	10.9 +/- 1.77	(0.89)	17.6 +/- 2.57	(1.30)	14,1 +/- 1,53	(0,78)
Control	16.7 +/- 1.55	(0.78)	16.7 +/- 2.40	(1.22)	14,2 +/- 1,41	(0,72)

Despite the difference of daily DM accumulation rate among treatments in specific periods, no significant effect of treatment or its interaction with the evaluation period was observed in annual herbage production. However, there was high variability in the evaluation periods, leading to significant differences among them (Table 3). Despite the evidence of a significant effect of the interaction between the tree density and the period inter-clipping, there was no significant effect of the presence of trees at any density on the mean growth rate among the two-year evaluation.

The contrasts comparing the Annual DM Production for 2023 against 2024 indicated a significant increase in pasture yield under both tree densities treatments ($p<0.05$), but no significant differences were observed in the situation without trees (Table 3).

DISCUSSION

The hypothesis that the presence of young *Eucalyptus grandis* trees at low densities will have minimal effects on species richness, botanical composition and forage productivity, whereas higher tree densities will have more pronounced impacts, was partially accepted. The results indicated that there were no statistically significant differences in these parameters between the silvopastoral treatments and the control, even at the higher density of 240 trees per hectare, suggesting that the natural grassland maintained its structure and productivity during the initial phase of tree incorporation.

The mean number of species per plots was not affected by tree density but oscillated over years, ranging from 26 species.m^{-2} (2022) to 33 species.m^{-2} (2021), representing the minimum and maximum annual mean richness. Similar values were reported by Pañella et al. (2022), using the same quadrat size (1 m^2) and recording around 30 species.m^{-2} in natural grasslands located 100 km away from our experimental site, within the same geomorphological community (Lezama et al., 2011).

The temporal pattern observed in the first years (2021 to 2024; Table 1) shows a decrease in the species richness in the second year and an increase in the fourth year ($p<0.05$). These fluctuations reflect the dynamic nature of species composition in natural grasslands, which naturally changes over time (Westoby et al., 1989). This does not necessarily imply changes in species richness, but rather changes in species composition or dominance of the different species present in the community (Hillebrand et al., 2018; Hodapp et al., 2018). The establishment, proliferation or competition depends on resources availability, soil seed bank and the effects of the disturbances suffered by the community. The absence of a clear effect of tree density on species richness (Table 1) but the presence of a temporal trend, suggests that factors other than increasing tree density may be driving these patterns.

The dominance of C4 *Poaceae* species highlights the functional resilience typical of natural grasslands of this region (Lezama et al., 2011), explaining the stable productivity observed. This pattern aligns with previous studies in the same geomorphological region (Pizarro et al., 2024) and confirms the role of warm-season grasses as the predominant functional group. The proportion of cool season grasses registered were similar to that observed by Lezama et al. (2011) for open natural grasslands, but higher than that reported by Pizarro et al. (2024) under various shade levels under *Eucalyptus* stands.

The influence of tree density treatments was observed for C4 species (Table 2). In the lower density tree treatment, C4 grasses covered 54% of the area, compared to 46.5% in the control. A similar pattern was observed under *Eucalyptus* stands in a natural grassland located 160 Km away from this study, where Pizarro et al. (2024) reported a higher coverage of C4 grasses under partial shade compared to full sun. Controlled environmental studies perfomed in Brazil also support this trend: Barro et al. (2012) reported that *Paspalum notatum* and *Paspalum dilatatum* (both species between the ten most abundant species in our study) presented maximum yield under moderate shade (50% shade-cloth) over two years, suggesting that moderate shade can improve microclimatic conditions for C4 grasses. Silveira et al. (2022), observed that the cross-over point between C3 and C4 species cover occurred nearly 600 $\mu mol.m^{-2}.s^{-1}$ of PAR, that represents 40 % of transmitted radiation to the understory. Although we did not show the data of light conditions, a recent spot measurement (February 2025) showed that PAR availability in the understory was about 60% of full sun in both high and low tree densities, while in the alleys it remained similar to open conditions (data not shown). It is also important to note that none of the studies discussed here evaluated grass cover under silvopastoral systems specifically designed to optimize light conditions for the understory. Therefore, maintaining a significant C4 component remains crucial to sustaining the annual productivity of these grasslands.

Regarding the evolution of functional groups, both native-warm season grasses and perennial grasses showed similar trends over time, with lower cover in 2023 compared to 2021, regardless of tree density (Fig 1b). In contrast, annual cool-season grasses, graminoids and dwarf herbs varied with tree density over time (significant interaction treatment*year; Table 2). Annual cool-season grasses declined under control plots but remained stable under tree cover, while dwarf herbs and graminoids increased in 2024, except for graminoids under the highest tree density. These results suggest that community dynamics at this scale are shaped mainly by temporal factors and local interactions such as competition and facilitation (Gibson, 2009), rather than by shading alone.

Similar year-to-year fluctuations have been reported in other grassland systems. For example, Fischer et al., (2020) observed decreases in perennial species and increases in short-lived annuals in Central European drylands over 25 years, linked to variable germination conditions. Although our study did not address all factors influencing community assembly, these findings highlight the relevance of interannual weather variability.

Mean annual forage growth across all periods was not significantly affected by tree density, but the tree cover influenced the daily DM forage accumulation during certain seasons. During the extremely dry and hot summer of 2022–2023 — the driest since 1980–1981 (INUMET, 2023) — forage growth was higher in the open plots than in the lower-density treatment, but similar to the higher-density treatment. This suggests that sparse tree cover may have accentuated soil or microclimatic stress, while denser cover might have partially buffered it. By contrast, in the milder summer of 2024, growth rates under trees were 32–40% higher than in the open, indicating that moderate shading can enhance forage growth when climatic stress is lower (INUMET, 2024). Other studies have shown contrasting effects of tree cover on microclimate and forage productivity, depending on tree species, age, and arrangement (J. K. Fedrigo et al., 2019; Schinato et al., 2023). Soil water dynamics may also play a role. For example, González-Sosa et al. (2024) reported lower soil water retention under *Eucalyptus grandis* due to hydrophobicity, while Fernández et al. (2008) found that competition for deep water between trees and grasses depends strongly on soil moisture availability. Taken together, these results suggest that higher tree densities can mitigate climate extremes by buffering temperature and moisture conditions, whereas low-density stands may not provide the same benefit or may even increase stress under dry conditions. However, under more favorable weather, tree cover can enhance forage growth by moderating microclimate

and possibly improving soil conditions. The mechanisms involved — especially soil temperature, moisture, and water competition — warrant further investigation.

Although continuous microclimatic monitoring was planned, data are not yet available due to synchronization issues among sensors and are currently being processed for future publications. The light environment in the understory is inherently heterogeneous: incident radiation varies not only through the year but also throughout the day and depending on tree arrangement and position (Baldocchi et al., 1984; Dupraz et al., 2018; Peri et al., 2007). More detailed spatial and temporal analyses of light and microclimate relative to tree rows will help clarify interactions between trees and the herbaceous layer in silvopastoral systems. This knowledge is essential for designing systems that balance tree establishment with the conservation of grassland diversity, structure, and productivity.

In the present work, we confirmed that well-planned silvopastoral systems designed to enhance beneficial interactions and reduce detrimental effects of competition among components can serve as a land use alternative that do not compromise the structure and functionality of natural grassland, at least during the initial stages. However, there is still information to be studied and processed to have a better understanding of tree-pasture interactions, specially concerning the spatial relationships among components and the effects of microclimate generated by the presence of trees. Future investigations are necessary to understand how the development and maturation of tree stands affects the herbaceous layer over time, and if our findings can be sustained in the long term.

CONCLUSIONS

The incorporation of *Eucalyptus grandis* at low densities in the early stages of Silovopatoral Systems does not affect diversity and productivity under the conditions evaluated in this work. In particular, species richness and functional composition fluctuate over time, probably influenced by interannual climatic variability and specific ecologic dynamics rather than by the tree DENSITY. C4 grasses functionally dominate the system, maintaining or even increasing their presence under moderate shade provided by the trees.

ACKNOWLEDGMENTS

We thank Vitterbo Gamarra who kindly let us part of his property to conduct this experiment since the begging of the platform. This work was possible thank to the support by Agencia Nacional de Investigación e Innovación (ANII; POS_NAC_2022_2173816)

Bibliography

Allen, V. G., Batello, C., Berretta, E. J., Hodgson, J., Kothmann, M., Li, X., McIvor, J., Milne, J., Morris, C., Peeters, A., & Sanderson, M. (2011). An international terminology for grazing lands and grazing animals. Grass and Forage Science, 66(1), 2–28. https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.2010.00780.x

Andrade, B. O., Boldrini, I. I., Cadenazzi, M., Pillar, V. D., & Overbeck, G. E. (2019). Grassland vegetation sampling-a practical guide for sampling and data analysis. Acta Botanica Brasilica, 33(4), 786–795. https://doi.org/10.1590/0102-33062019abb0160

Andrade, B. O., Marchesi, E., Burkart, S., Setubal, R. B., Lezama, F., Perelman, S., Schneider, A. A., Trevisan, R., Overbeck, G. E., & Boldrini, I. I. (2018). Vascular plant species richness and distribution in the Río de la Plata grasslands. Botanical Journal of the Linnean Society, 188(3), 250–256. https://doi.org/10.1093/botlinnean/boy063

Baldocchi, D. D., Matt, D. R., Hutchison, B. A., & McMillen, R. T. (1984). Solar radiation within an oak-hickory forest: an evaluation of the extinction coefficients for several radiation components during fully-leafed and leafless periods. Agricultural and Forest Meteorology, 32(3–4), 307–322. https://doi.org/10.1016/0168-1923(84)90056-X

Barro, R. S., Varella, A. C., Lemaire, G., de Medeiros, R. B., de Saibro, J. C., Nabinger, C., Bangel, F. V., & Carassai, I. J. (2012). Forage yield and nitrogen nutrition dynamics of warm-season native forage genotypes under two shading levels and in full sunlight. Revista Brasileira de Zootecnia, 41(7), 1589–1597. https://doi.org/10.1590/S1516-35982012000700006

Dupraz, C., Blitz-Frayret, C., Lecomte, I., Molto, Q., Reyes, F., & Gosme, M. (2018). Influence of latitude on the light availability for intercrops in an agroforestry alley-cropping system. Agroforestry Systems, 92(4), 1019–1033. https://doi.org/10.1007/s10457-018-0214-x

Durán, A. (1991). Los suelos del Uruguay (2a ed). Hemisferio Sur.

Fedrigo, J., Benítez, V., Posada, P., Bertoncelli, P., & Viñoles, C. (2023). Enhancing sustainability and resource optimization through silvopastoral systems. IV International Symposium on Integrated Crop-Livestok Systems, 56–60. https://www.researchgate.net/publication/378100131_ENHANCING_SUSTAINABILITY_AND_RESOURCE_OPTIMIZATION_THROUGH_SILVOPASTORAL_SYSTEMS

Fedrigo, J. K., Benítez, V., de Souza, M., Morales, V., Piñeyro, P., Viana, V., Blumetto, O., Cancela, H., Bertoncelli, P., Laufer, G., González-Barrios, P., Siri, P., Báez, F., García, L., Ciganda, V., Pravia, V., & Viñoles, C. (2024). Understanding the changes induced by the incorporation of trees in low densities into livestock systems: relevance of a long-term interdisciplinary experimental platform. Agroforestry Systems, 98(7), 2337–2352. https://doi.org/10.1007/s10457-024-01065-9

Fedrigo, J. K., Santa Cruz, R., Benítez, V., Courdin, V., Ferreira, G., Posse, J. P., & Viñoles, C. (2019). Dynamics of forage mass, air temperature and animal performance in a silvopastoral system of Uruguay. Agroforestry Systems, 93(6), 2197–2204. https://doi.org/10.1007/s10457-018-0335-2

Feldhake, C. M., & Belesky, D. P. (2009). Photosynthetically active radiation use efficiency of Dactylis glomerata and Schedonorus phoenix along a hardwood tree-induced light gradient. Agroforestry Systems, 75(2), 189–196. https://doi.org/10.1007/s10457-008-9175-9

Fernández, M. E., Gyenge, J., Licata, J., Schlichter, T., & Bond, B. J. (2008). Belowground interactions for water between trees and grasses in a temperate semiarid agroforestry system. Agroforestry Systems, 74(2), 185–197. https://doi.org/10.1007/s10457-008-9119-4

Fischer, F. M., Chytrý, K., Těšitel, J., Danihelka, J., & Chytrý, M. (2020). Weather fluctuations drive short-term dynamics and long-term stability in plant communities: A 25-year study in a Central European dry grassland. Journal of Vegetation Science, 31(5), 711–721. https://doi.org/10.1111/jvs.12895

Gibson, D. (2009). Grasses and Grassland Ecology. In D. Gibson (Ed.), Oxford University Press (Vol. 27, Issue 1).

González-Sosa, M., González-Barrios, P., Bentancur, O. J., & Pérez-Bidegain, M. (2024). Differential effects on soil water repellency of Eucalyptus and Pinus plantations replacing natural pastures. Revista Brasileira de Ciencia Do Solo, 48, 1–18. https://doi.org/10.36783/18069657rbcs20230070

Guido, A., López-Mársico, L., Rodríguez, C., Gallego, F., Lezama, F., Baeza, S., Pañella, P., Ríos, C., Costa, B., Pezzani, F., García, S., Piñeiro, G., Fernández, G., Tommasino, A., Mello, A. L., Altesor, A., & Paruelo, J. (2025). Uruguayan Grasslands: A Threatened Natural Asset. Austral Ecology, 50(2). https://doi.org/10.1111/aec.70031

Hernandez, C., Motta, S., Del Giorgio, F., Amarillo, G., Cabrera, E., Frigerio, J., Gonzalez-Talice, J., Speranza, P., & Fedrigo, J. K. (2019). Evaluation of tiller population dynamics of Paspalum dilatatum and Paspalum umbrosum in silvopastoral systems. X Congreso Internacional De Sistemas Silvopastoriles, October, 504–511.

Hillebrand, H., Blasius, B., Borer, E. T., Chase, J. M., Downing, J. A., Eriksson, B. K., Filstrup, C. T., Harpole, W. S., Hodapp, D., Larsen, S., Lewandowska, A. M., Seabloom, E. W., Van de Waal, D. B., & Ryabov, A. B. (2018). Biodiversity change is uncoupled from species richness trends: Consequences for conservation and monitoring. Journal of Applied Ecology, 55(1), 169–184. https://doi.org/10.1111/1365-2664.12959

Hodapp, D., Borer, E. T., Harpole, W. S., Lind, E. M., Seabloom, E. W., Adler, P. B., Alberti, J., Arnillas, C. A., Bakker, J. D., Biederman, L., Cadotte, M., Cleland, E. E., Collins, S., Fay, P. A., Firn, J., Hagenah, N., Hautier, Y., Iribarne, O., Knops, J. M. H., … Hillebrand, H. (2018). Spatial heterogeneity in species composition constrains plant community responses to herbivory and fertilisation. Ecology Letters, 21(9), 1364–1371. https://doi.org/10.1111/ele.13102

INUMET, (Instituto Uruguayo de Meteorología) (2023). Boletín Climático Trimestral No. 1. Verano 2022/23. https://www.inumet.gub.uy/sites/default/files/2023-03/informe estacional VERANO V2.pdf

INUMET, (Instituto Uruguayo de Meteorología) (2024). Boletín Climático Trimestral No 1. Verano 2023 - 2024. https://www.inumet.gub.uy/sites/default/files/2024-03/Informe_estacional_VERANO_2023-2024.pdf

Jose, S., Walter, D., & Mohan Kumar, B. (2017). Ecological considerations in sustainable silvopasture design and management. Agroforestry Systems, 1–15. https://doi.org/10.1007/s10457-016-0065-2

Kephart, K. D., Buxton, D. R., & Taylor, S. E. (1992). Growth of C3 and C4 Perennial Grasses under Reduced Irradiance. Crop Science, 32(4), 1033–1038. https://doi.org/10.2135/cropsci1992.0011183x003200040040x

Lezama, F., Altesor, A., Pereira, M., & Paruelo, J. (2011). Descripción de la heterogeneidad florística en los pastizales naturales de las principales regiones geomorfológicas de Uruguay. Bases Ecológicas y Tecnológicas Para El Manejo de de Pastizales, Serie FPTA(26), 15–32.

Mannetje, L. 't. (2000). Measuring biomass of Grassland Vegetation. In L. 't Mannetje & R. M. Jones (Eds.), Field and laboratory methods for grassland and animal production research (pp. 151–178).

Panario, D., & Bidegain, M. (1997). Climate change effects on grasslands in Uruguay. Climate Research, 9(1–2), 37–40. https://doi.org/10.3354/cr009037

Pañella, P. G., Guido, A., Jaurena, M., Cardozo, G., & Lezama, F. (2022). Fertilization and overseeding legumes on native grasslands leads to a hardly reversible degraded state. Applied Vegetation Science, 25(4), 1–13. https://doi.org/10.1111/avsc.12693



Peri, P. L., Dube, F., & Varella, A. C. (2016). Opportunities and Challenges for Silvopastoral Systems in the Subtropical and Temperate Zones of South America. In Silvopastoral Systems in Southern South America (Vol. 11, pp. 257–270). https://doi.org/10.1007/978-3-319-24109-8_11

Peri, P. L., Lucas, R. J., & Moot, D. J. (2007). Dry matter production, morphology and nutritive value of Dactylis glomerata growing under different light regimes. Agroforestry Systems, 70(1), 63–79. https://doi.org/10.1007/s10457-007-9029-x

Pizarro, D. M., Zarza, R., Boggiano, P., Cadenazzi, M., & Picasso, V. D. (2024). Botanical composition gradients in silvopastoral systems on temperate native grasslands of Uruguay. Agroforestry Systems, 0123456789. https://doi.org/10.1007/s10457-024-01027-1

R Core Team. (2025). R: A Language and Envirorment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing. https://www.r-project.org/

Rodrigues, C. O. D., Araújo, S. A. do C., Viana, M. C. M., Rocha, N. S., dos Santos Braz, T. G., Delmar, S., & Villela, J. (2014). Light relations and performance of signal grass in silvopastoral system. Acta Scientiarum - Animal Sciences. Maringá, 36(2), 129–136. https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v36i2.22398

Rosengurtt, B. (1979). Tablas de comportamiento de las especies de plantas de campos naturales en el Uruguay. UDELAR.

Schinato, F., Munka, M. C., Olmos, V. M., & Bussoni, A. T. (2023). Microclimate, forage production and carbon storage in a eucalypt-based silvopastoral system. Agriculture, Ecosystems and Environment, 344(July 2022), 108290. https://doi.org/10.1016/j.agee.2022.108290

Silveira, D., García Favre, J., Cadenazzi, M., Nabinger, C., & Boggiano, P. (2022). El ambiente lumínico y su influencia sobre tipos funcionales de plantas y producción en pastizales naturales. Agro Sur, 50(3), 27–44. https://doi.org/10.4206/agrosur.2022.v50n3-03

Soriano, A. (1991). Rio de la Plata Grasslands. In R. T. Coupland (Ed.), Natural Grasslands: Intriduction and Western Hemisphere (pp. 367–407). Elsevier.

Varella, A. C., Porfirio da Silva, V., Ribaski, J., Soares, A. B., Moraes, A., Morais, H., Saibro, J. C. de, & Barro, R. S. (2012). Estabelecimento de plantas forrageiras em sistemas de integração floresta-pecuária no sul do Brasil. In ILPF - Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (pp. 435–460).

Westoby, M., Walker, B., & Noy-meir, I. (1989). Opportunistic management for ragenlands not equilibrium. Journal of Range Management, 42(4), 266–274.

Zhao, Y., Liu, Z., & Wu, J. (2020). Grassland ecosystem services: a systematic review of research advances and future directions. Landscape Ecology, 35(4), 793–814. https://doi.org/10.1007/s10980-020-00980-3

BMA-06. Composición química de fitolitos presentes en comunidades vegetales para pastoreo

Chemical composition of phytoliths present in plant communities for grazing

J. Alonso[*]*; L. Castro; D. Valenciaga*

Instituto de Ciencia Animal, Carretera Central km 47½ San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

[*]Correspondencia a: jatnelalonso72@gmail.com

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue conocer la composición química de fitolitos presentes en comunidades vegetales para pastoreo. Se utilizaron áreas para la producción de leche y carne vacuna pertenecientes al Instituto de Ciencia Animal. En ambas, los muestreos se realizaron ante del pastoreo de los animales y se utilizó un diseño de muestreo completamente al azar. Con las especies identificada se conformó una muestra compuesta por al menos cinco plantas y la altura de corte en todos los casos fue a los cinco centímetros. Después de la obtención de los fitolitos las muestras se enviaron al Centro de Estudios de Avanzada donde mediante Espectrometría de Fluorescencia de rayos X se determinó la composición química. La comunidad vegetal en el área para la producción de leche estuvo representada por cincos gramíneas mientras que en el área para la producción de carne se encontró una gramínea y cuatro leguminosas. El porcentaje de Si en todas las muestras fue superior al 80 %. *Megathyrsus maximus* alcanzó valores de 97.15 % en la comunidad para la producción de leche y *Pueraria phaseoloides* mostró 96.99 % en la asociación de gramínea con mezcla múltiple de leguminosas. Los fitolitos de las especies en ambas comunidades vegetales mostraron la presencia de metales pesados (Fe, Mn, Zn, Cu y Al). Se corroboró la capacidad de los fitolitos para secuestrar elementos tóxicos para las plantas. La composición química de los fitolitos en ambas comunidades vegetales pudiera utilizarse en diferentes estrategias para la incorporación de nutrientes en áreas de pastoreo similares a las estudiadas.

Palabras clave*: gramíneas, leguminosas, producción de biomasa, fitolitos*

ABSTRACT

The objective of this research was to determine the chemical composition of phytoliths present in plant communities for grazing. Areas for milk and beef production belonging to the Institute of Animal Science were used. In both areas, sampling was conducted before animal grazing, using a completely random sampling design. A sample of at least five plants was formed from the identified species, with a cutting height of five centimeters in all cases. After obtaining the phytoliths, the samples were sent to the Center for Advanced Studies, where their chemical composition was determined using X-ray fluorescence spectrometry. The plant community in the milk production area was represented by five grasses, while in the beef production area, one grass and four legumes were found. The percentage of Si in all samples was greater than 80%. Megathyrsus maximus reached values of 97.15% in the milk-producing community, and Pueraria phaseoloides showed 96.99% in the grass-legume mixture association. Phytoliths from the species in both plant communities showed the presence of heavy metals (Fe, Mn, Zn, Cu, and Al). The ability of phytoliths to sequester plant-toxic elements was confirmed. The chemical composition of phytoliths in both plant communities could be used in different strategies for nutrient incorporation in grazing areas similar to those studied.

Keywords*: grasses, legumes, biomass production, phytoliths*

INTRODUCCIÓN

Las plantas utilizadas en los sistemas de alimentación animal, como pasto o forraje, necesitan de ácido monosilícico [$Si(OH)_4$] para un adecuado crecimiento y desarrollo. La acumulación y polimerización de esta sustancia en la pared celular y espacios intercelulares de la planta forman una matriz esquelética muy resistente y estable conocida como fitolitos.

Estas estructuras participan en el sostén de los tejidos, la defensa contra herbívoros, imparten tolerancia contra estrés biótico y abiótico (Xu et al., 2023) y se relacionan con la reducción del estrés salino al aumentar los rendimientos y el contenido de agua de las hojas (Katz, 2019).

El secuestro de metales pesados en el interior de dichas estructuras es vital para considerar el empleo de una especie como fitorremediadora (Daryabeigi y Hoveidi, 2018). Dentro de las gramíneas forrajera el maíz (*Zea mays*) y el girasol ((*Helianthus annuus* L.) son ampliamente reconocida como especies fitorremediadoras (Zehra et al., 2019 y Almazan-Casteñada, 2024).

La caracterización química de fitolitos producidos por diferentes especies vegetales, fundamentalmente aquellas altas productoras de biomasa como los pastos y forrajes, contribuye a la identificación de especies con capacidad para tolerar elementos tóxicos. La deposición e inmovilización de minerales como Al, Cu y Fe en el proceso de silicificación es una estrategia de la planta para deshacerse de ellos a través de su oclusión final en los fitolitos (Bhat et al., 2018).

En Cuba la superficie agrícola con agroecosistemas para la producción animal alcanza las 3.360.00 ha en diferentes formas productivas (ONEI 2023). No obstante, los trabajos que aborden el estudio de la composición química de las especies presente en sus comunidades no son abundante. En tal sentido, el objetivo de esta investigación fue conocer la composición química de fitolitos presentes en comunidades vegetales para pastoreo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización: La investigación se realizó en comunidades vegetales en pastoreo para la producción de leche y carne vacuna pertenecientes al Instituto de Ciencia Animal, situado en el municipio de San José de las Lajas, Provincia Mayabeque, Cuba, entre los 22º 53 N y los 82º 02 O y a 92 m s.n.m.

Procedimiento experimental: La comunidad vegetal utilizada para la producción de leche, caracterizada por la presencia de gramíneas Figura 1A, se manejó en sistema rotacional de pastoreo con 27 y 54 días de reposo para el periodo lluvioso y poco lluvioso, respectivamente. El área para la producción de carne se explotaba en una comunidad vegetal donde se asoció *Cynodon nlemfuensis* con una mezcla múltiple de leguminosas rastreras (Figura 1B) y se manejó con 28 y 42 días de reposo para el periodo lluvioso y poco lluvioso, respectivamente. En ambas comunidades los muestreos se realizaron siempre ante de la entrada de los animales al pastoreo en ambos periodos climáticos del año, lluvioso y poco lluvioso, y se utilizó un diseño de muestreo completamente al azar. Con las especies identificada en cada comunidad vegetal se conformó una muestra compuesta por al menos cinco plantas y la altura de corte en todos los casos fue a los cinco centímetros.



Figura 1: *Representación de las comunidades vegetales en estudio. A: Pastoreo en gramíneas; B: Pastoreo en asociación de Cynodon nlemfuensis con una mezcla múltiple de leguminosas rastreras*

Procesamiento de las muestras: Las muestras se trasladaron al Laboratorio de Biomasa y se colocaron en estufa de circulación de aire forzado hasta que mantuvieran peso constante. Posteriormente fueron molidas en molino de martillo IKA® MF 10 Basic y tamizadas a 1 mm en la UCELAB (Unidad Central de Laboratorio) donde se obtuvo y cuantificó, según Parr et al., (2014) su contenido de fitolitos.

Los fitolitos obtenidos en cada especie se colocaron en recipientes plásticos identificados, herméticamente cerrados y conservados al ambiente en el Laboratorio de Biomasa. Para la caracterización química de los fitolitos las muestras se enviaron al Centro de Estudios de Avanzada (CEA) donde mediante Espectrometría de Fluorescencia de rayos X (EDX) y con el uso de un Espectrómetro de fluorescencia de rayos X de energía dispersa EDX 800HS, generador de rayos X con blanco de radio (Rh), voltaje máximo de 50 kV y detector de Si (Li) refrigerado a 77k (Shimadzu, 2003), se determinó la composición química de cada una.

RESULTADOS

Las especies representativas de la comunidad vegetal para la producción de leche en pastoreo fueron Guinea (*Megathyrsus maximus*), Brachiaria (*Urochloa decumbens*), Hierba fina (*Cynodon dactylon*), Saca sebo (*Paspalum notatum*) y espartillo (*Sporobolus indicus*). En la asociación de gramínea y leguminosas para la producción de carne en pastoreo las especies que caracterizaron la comunidad vegetal fueron Estrella (*Cynodon nlemfuensis*), Glycine (*Neonotonia wightii)*, Calopogonio (*Calopogonium mucunoides)*, Kudzu (*Pueraria phaseoloides)* y Centrosema (*Centrosema pubescens*).

La composición química de los fitolitos en las especies de ambas comunidades vegetales (Tabla 1 y 2) evidenció la presencia de silicio (Si) fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), azufre (S), Hierro (Fe), Titanio (Ti), Manganeso (Mn), Zinc (Zn), Cobre (Cu), Rubidio (Rb), Cromo (Cr), Aluminio (Al), Estroncio (Sr), Bario (Ba), Bromo (Br), Platino (Pt) y Oro (Au).

El porcentaje de Si en todas las muestras fue superior fue superior al 80 %. En la comunidad vegetal caracterizada por la presencia de gramíneas el *M. maximus* alcanzó valores de 97.15 % para este elemento (tabla 1), mientras que *P. phaseoloides* mostró 96.99 % en la asociación de gramínea con mezcla múltiple de leguminosas (tabla 2).

Dentro de los macronutrientes el potasio (K) se encontró en los fitolitos de todas las especies en ambas comunidades vegetales. En la asociación de *C. nlemfluensis* con mezcla múltiples de gramíneas la composición química de los fitolitos no mostró la presencia de fósforo (P).

El porcentaje de micronutrientes solo fue superior a la unidad (1.57 %) en la gramínea de la comunidad vegetal donde se asoció *C. nlemfluensis* con mezcla múltiple de leguminosas (Tabla 2). Los fitolitos de las especies en ambas comunidades vegetales mostraron indistintamente la presencia de metales pesados (Fe, Mn, Zn, Cu y Al) en su composición química.

CONCLUSIONES

Se corroboró la capacidad de los fitolitos para secuestrar elementos tóxicos para las plantas.

La composición química de los fitolitos en ambas comunidades vegetales pudiera utilizarse en diferentes estrategias para la incorporación de nutrientes en áreas de pastoreo similares a las estudiadas.

Bibliografía

Almazan-Casteñada, P. J., Alarcón, A., García-Barradas, Óscar., Mendarte-Alquisira, C. & Ferrera-Cerrato, R. 2024. Fitotoxicidad y fitorremediación de un suelo contaminado con gasolina utilizando plantas de girasol asistidas por bacterias rizosféricas nativas. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 40:351-362. https://doi.org/10.20937/RICA.55039

Bhat, M.A., Shakoor, S.A., Badgal, P. and Soodan, A.S. 2018. Taxonomic Demarcation of Setaria pumila (Poir.) Roem. & Schult., S. verticillata (L.) P. Beauv., and S. viridis (L.) P. Beauv. (Cenchrinae, Paniceae, Panicoideae, Poaceae) From Phytolith Signatures. *Frontiers in plant science*, 9, 864. https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00864

Daryabeigi, Z.A. y Hoveidi, H. 2018. Evaluation of the potential of Burningbush (*Kochia scoparia* (L.) Schard) and maize (*Zea mays* L.) and the role of soil organic amendment in phytoremediation of gasoline-contaminated soils. *International Journal of Environmental Research*, 12 (3):327-336. https://doi.org/10.1 080/15226514.2012.723067

Katz, O. 2019. Silicon content is a plant functional trait: Implications in a changing world. *Flora,* 254:88-94. https://doi.org/10.1016/j.flora.2018.08.007

Parr, J.F. y Sullivan, L.A. 2014. Comparison of two methods for the isolation of phytolith occluded carbon from plant material. *Plant and soil*, 374(1-2):45-53. https://doi.org/10.1007/s11104-013-1847-1

Shimadzu Corporation. 2003. Shimadzu Energy Disperson Fluorescence X-ray Spectrometer Rayny Series EDX-700HS/800S/900S. Instruction Manual. Kyoto, Japan

Xu, R., Huang, J., Guo, H., Wang, C. and Zhan, H. 2023. Functions of silicon and phytolith in higher plants. *Plant Signal Behav*, 18(1):2198848. https://doi.org/10.1080/15592324.2023.2198848

Zehra, A., Sahito, Z.A., Tong, W., Tang, L., Hamid, Y., Khan, M.B., Ali, Z., Naqvi, B. y Yang, X. 2019. Assessment of sunflower germplasm for phytoremediation of lead-polluted soil and production of seed oil and seed meal for human and animal consumption. *Journal of Environmental Sciences*, 87:24-38. https://doi. org/10.1016/j.jes.2019.05.031



Tabla 1: *Composición química de fitolitos presentes en una comunidad vegetal de gramíneas en pastoreo para la producción de leche*

Muestras	Si	K	Ca	Fe	S	Ti	Mn	Zn	Cu	Rb	P	Cr	Al	Sr	Ba	Br	Pt	Au
Sporobolus indicus	90.89	4.94	2.64	0.50	0.30	0.20	0.18	0.13	0.10	0.02								
	0.29	0.04	0.03	0.005	0.02	0.01	0.004	0.002	0.002	0.001								
Urochloa decumbens	84.33	9.97	3.54	0.52	0.58	0.14	0.15	0.15	0.09	0.05	0.49							
	0.28	0.05	0.03	0.004	0.02	0.01	0.004	0.002	0.002	0.001	0.05							
Cynodon dactylon	83.82	9.01	5.72	0.41	0.57		0.12	0.13	0.10	0.03		0.07		0.02				0.01
	0.28	0.05	0.04	0.02	0.004		0.004	0.002	0.002	0.001		0.004		0.001				0.002
Megathyrsus maximus	97.15	1.94	0.84									0.01						
	0.33	0.03	0.03									0.005						
Paspalum notatum	81.59	10.35	3.83	0.40	0.48		0.05	0.04		0.03	1.15	0.07				0.01		
	0.28	0.06	0.04	0.004	0.02		0.003	0.001		0.001	0.06	0.003				0.001		

Tabla 2: *Composición química de fitolitos presentes en una asociación de C. nlemfluensis con mezcla múltiples de leguminosas para la producción de carne vacuna.*

Muestras	Si	K	Ca	Fe	S	Ti	Mn	Zn	Cu	Rb	P	Cr	Al	Sr	Ba	Br	Pt	Au
Cynodon nlemfuensis	93.13	2.06	2.68	1.57	0.47	0.73	0.09	0,07	0.14			0.07						
	0.30	0.03	0.02	0.01	0.02	0.01	0.004	0.002	0.003			0.005						
Centrosema pubescens	89.75	3.98	4.91	0.44		0.56	0.17	0.08	0.09							0.02		
	0.31	0.04	0.03	0.004		0.01	0.004	0.002	0.002							0.001		
Pueraria phaseoloides	96.99	1.71		0.52	0.51		0.07		0.14							0.06		
	0.32	0.03		0.01	0.02		0.005		0.003							0.002		
Neonotonia wightii	90.09	4.64	2.72	0.69		0.82	0.05			0.01			0.94			0.04		
	0.30	0.04	0.03	0.005		0.01	0.004			0.001			0.18			0.001		
Calopogonium mucunoides	86.23	6.68	4.21	0.40	0.25	0.54	0.07	0.03					1.43		0.14	0.02		
	0,28	0.04	0.03	0.004	0.02	0.01	0.003	0.001					0.27		0.03	0.001		

BMA-07. Composición química de Cenchrus purpureus utilizado como banco de biomasa en el periodo poco lluvioso

Chemical composition of Cenchrus purpureus used as a biomass bank during the dry season

N. Fraga, J. Alonso y D. Valenciaga

Instituto de Ciencia Animal (ICA), San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba

RESUMEN

En las regiones tropicales durante el periodo poco lluvioso la disminución de biomasa en los pastizales incide significativamente en la producción animal. El uso de los bancos de biomasa con *Cenchrus puerpureus* vc Cuba CT 115, como alternativa en pastoreo para cubrir este déficit, se generalizó en países de la región Latinoamericana. El objetivo de esta investigación fue conocer la variación de la composición química de *Cenchrus puerpureus* durante los pastoreos del periodo poco lluvioso. Los muestreos se realizaron en áreas con 15 y 30 años de establecidas en una unidad para la producción de leche (G4) en el Instituto de Ciencia Animal en la provincia Mayabeque, Cuba. Los muestreos se realizaron durante el primer y segundo pastoreo del periodo poco lluvioso. Los tiempos de reposo para ambos fueron de 110 y 80 días, respectivamente. Se utilizó un diseño completamente al azar y para cada uno de los tiempos de explotación se seleccionaron dos cuartones de 0.7 ha. En cada cuartón se tomaron cinco muestras compuestas por tres plantas cada una, las cuales fueron debidamente secadas en estufa de circulación de aire a 60° y molidas en molino de martillo con criba de 1mm y enviadas a la Unidad Central de Laboratorio (UCELAB) donde se determinó su composición bromatológica. Durante el primer pastoreo las áreas con 15 años de explotación mostraron un 91.2 % de MS, 12.03 % de C, 75.99 % de FDN, 46.20 % de FDA, 5.26 % de Lig, 33.07 % de Cel, 53.76 % de KOH y 8.80 %de PB. En este pastoreo las áreas con 30 años de explotación mostraron 91.39 %, 12.08 %, 72.5 %, 46,43 %, 4.98 %, 33.95 %, 53.32 % y 8.00 % para los indicadores anteriores, respectivamente. Durante el segundo pastoreo se apareció diferencia en la mayoría de los indicadores determinados con respecto al primer pastoreo (tabla 1). En ambos periodos es notable la similitud de los resultados para los tiempos de explotación del banco de biomasa. Este comportamiento evidencia, desde el punto de vista nutricional, la sostenibilidad del banco de biomasa en el tiempo cuando se maneja sin fertilización.

Palabras clave: *banco de biomasa, bromatología, pastoreo*

ABSTRACT

In tropical regions, the decline in pasture biomass significantly impacts animal production during the dry season. The use of biomass banks with *Cenchrus puerpureus* cv. Cuba CT 115 as a grazing alternative to cover this deficit has become widespread in Latin American countries. The objective of this research was to determine the variation in the chemical composition of *Cenchrus puerpureus* during grazing periods during the dry season. Sampling was conducted in areas established for 15 and 30 years in a dairy production unit (G4) at the Institute of Animal Science in Mayabeque province, Cuba. Sampling was carried out during the first and second grazing periods of the dry season. Resting times for both were 110 and 80 days, respectively. A completely randomized design was used, and two 0.7 ha paddocks were selected for each grazing period. In each paddock, five samples were taken, consisting of three plants each, which were duly dried in an air circulation oven at 60° and ground in a hammer mill with a 1 mm sieve and sent to the Central Laboratory Unit (UCELAB) where their bromatological composition was determined. During the first grazing, the areas with 15 years of exploitation showed 91.2% DM, 12.03% C, 75.99% NDF, 46.20% FDA, 5.26% Lig, 33.07% Cel, 53.76% KOH and 8.80% CP. In this grazing, the areas with 30 years of exploitation showed 91.39%, 12.08%, 72.5%, 46.43%, 4.98%, 33.95%, 53.32% and 8.00% for the previous indicators, respectively. During the second grazing period, differences appeared in most of the indicators determined compared to the first grazing period (Table 1). The similarity of the results for the biomass bank exploitation times is notable in both periods. This behavior demonstrates, from a nutritional perspective, the sustainability of the biomass bank over time when managed without fertilization.

Keywords: *biomass bank, bromatology, grazing*

Table 1. *Bromatological composition of Cenchrus puerpureus during the second grazing of the dry period.*

Exploitation Times, Years	MS, %	% de MS						
		C	FDN	FDA	LIG	CEL	KOH	PB
15	92.9 ±0.5	13.2 ±0.8	73.7 ±1.8	47.8 ±2.4	5.3 ±1.0	35.3 ±1.8	52.8 ±2.3	6.5 ±0.9
30	92.0 ±0.4	13.6 ±1.3	74.7 ±2.7	50.2 ±2.2	6.1 ±1.8	36.4 ±1.9	48.8 ±1.6	6.3 ±1.2



BMA-08. Producción, calidad forrajera y variabilidad morfológica de frutos de algarrobo blanco en un sistema silvopastoril

Neltuma alba sheath production quality and morphology in a silvopastoral system

L. S Pernochi[1]; M. A. Atanasio[1]; R. Lértora[1]; L. Colcombet.[2]*

[1] INTA – EEA Sáenz Peña, Argentina

[2] INTA – EEA Montecarlo, Argentina

[*]Correspondencia a: pernochi.lorena@inta.gob.ar

RESUMEN

Neltuma alba es una especie relevante para el parque chaqueño. En los sistemas silvopastoriles no solo produce madera, sino también frutos. Las vainas son indehiscentes, de color amarillo claro y sabor dulce, con diversidad de formas y producción. Los objetivos de este estudio son describir la producción, analizar la variabilidad morfológica de chauchas de individuos jóvenes en una plantación de *Neltuma alba* de origen seleccionado y analizar su contribución como forrajera en sistemas silvopastoriles. El estudio se realizó en una plantación de 2 hectáreas, de 8 años, lograda en base a un pool de semillas de origen Campo Duran (Salta). La colecta de frutos se realizó en el verano 2023-24. De 5 árboles, se recolectaron y pesaron los frutos producidos. Para la descripción morfológica, se tomaron muestras aleatorias (N=20 frutos) de cada árbol, a los cuales se midió largo, ancho, grosor y largo de muñón. Visualmente, se determinó la cantidad de árboles que produjeron frutos de la parcela. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y prueba de comparación de medias de Tukey y un análisis de componentes principales (ACP) de las vainas muestreadas. Los resultados muestran que, para las características evaluadas, existen variaciones dentro de este origen. Estos frutos tienen un largo superior a lo que reportaron otros estudios de la especie, en otras procedencias. Presentaron también buen contenido de proteínas bruta y bajo contenido en FDN y FDA, por lo que podría ser interesante para proveer a los animales como suplemento forrajero.

Palabras clave: *Neltuma, vainas, origen, proteína bruta*

ABSTRACT

Neltuma alba is a relevant species of the parque chaqueño region in South America. In silvopastoral systems, it provides both lumber and fruits. The sheath, that are indehiscent, clear yellow and suit, have a diversity of forms and production. The objective of the study are to describe and analyze the production and morphologic variability of the sheath in a young silvopastoral system of *Neltuma alba* of a selected origin and its contribution to animal ingesta. The study was conducted on a 2 ha, 8 years old system, based on a pool of seeds from the Campo Duran (Salta) provenance. The fruits recollection and waying was made during the 2023-2024 summer from 5 trees. A random sample of 20 sheath of each of the 5 trees have been measured (length, width, thickness and stump length. Visually, the number of trees that had produced sheath in the 2 ha study area have been counted. Variance analysis (ANOVA), Tukey comparative average test have and principal components analyses (ACP) have been conducted. The results show that their exist variations with in the origin of the characteristics analyzed. The fruits are longer than the ones reported for other provenances of the species. They have also showed good crude protein content and low FDA – FDN values, that could be interesting to provide as animal forage supplement.

Key words: *Neltuma, sheath, origin, crude protein*

INTRODUCCIÓN

Neltuma alba (algarrobo blanco) es una especie relevante del parque chaqueño tanto por ser una especie pionera "domesticable" de buen ritmo de crecimiento dentro del conjunto de especies de la región, como su madera de alta calidad y provisión de productos no madereros. Se trata de una de las pocas especies del bosque regional que se utiliza para lograr forestaciones con fines productivos. En los sistemas silvopastoriles con algarrobo blanco se señala la producción de madera como el principal producto de esta especie. Esto es así, tanto por las extraordinarias características físicas y mecánicas, como la diversidad de usos, desde construcciones rurales hasta muebles y artesanías finas. La aplicación de tratamientos silviculturales, tanto en renovales como plantaciones, permite obtener un fuste único aprovechable y favorece el desarrollo de la componente forrajera del estrato inferior (Atanasio et al., 2018; 2023). El algarrobo no solo produce madera, sino también polen, miel, gomas y frutos de alto contenido proteico y energético. Los pobladores locales utilizan estos frutos para alimento humano y forraje para el ganado mayor y menor (Pereira, 2022). Son considerados vitales para la subsistencia de las comunidades de la mayoría de las regiones áridas de América (Fernández, 2020).

Los frutos son vainas indehiscentes de color amarillo claro y sabor dulce. Puede variar de forma, siendo generalmente falcados (semicirculares) o a veces rectos, comprimidos, estipitados y acuminados, de 12-25 cm de longitud, 11-20 mm de ancho y 4-5 mm de espesor. La vaina cuenta con 10-30 segmentos o artejos sub-cuadrangulares, (Burkart, 1976). Los algarrobos fructifican en la región chaqueña entre los meses de diciembre y febrero. Empieza a producir vainas en torno de los cinco años de vida. La producción de vainas varía considerablemente entre años, sitios y árboles. Esta variabilidad se incrementa en la medida que el clima es más seco y cálido (Galera 2000). Existen antecedentes sobre las propiedades químicas y nutricionales del algarrobo blanco y su utilización como alimento humano (Prokopiuk et al., 2000). También existen antecedentes sobre su uso como forraje y como ingredientes en suplementos.

En ensayos experimentales llevados adelante por el INTA – E.E.A. Saenz Peña en la provincia del Chaco, se instalaron sistemas silvopastoriles de algarrobo con un material de origen seleccionado conocido como "Campo Duran", que se destaca por su mayor crecimiento en diámetro y en altura en las edades iniciales. Estas plantaciones están iniciando su período de fructificación, por lo cual consideramos que constituye en una valiosa oportunidad para generar la curva de cantidad y calidad de producción en el tiempo desde el inicio del período productivo.

Los objetivos de este estudio son: a) Describir la producción y analizar la variabilidad morfológica y cualitativa de chauchas de individuos jóvenes en una plantación de *Neltuma alba* de origen "Campo Durán" y b) analizar su contribución forrajera en sistemas silvopastoriles. Esta información servirá de base para potenciales plantaciones multipropósitos, en las cuales la elección del material genético a partir de las características morfológicas y cualitativas de los frutos pueda ser una variable que considerar para lograr rodales con atributos comerciales específicos. La morfología de los frutos y la calidad nutricional pueden ser atributos de importancia comercial.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se encuentra ubicado en INTA, Estación Experimental Agropecuaria Sáenz Peña, en el centro de la Provincia del Chaco, Argentina, departamento Comandante Fernández (26° 51´ 16´´ S y 60° 25´ 25´´ O). El clima de la región es Subtropical intermedio entre marítima subhúmeda y continental seca, la precipitación promedio anual es de 999 mm, concentradas entre octubre y abril, con meses secos críticos entre junio y agosto. La temperatura media anual es de 22,5 °C, máxima media de 28,2 °C y mínima media de 14,8 °C, con extremos de -8,7 ºC en agosto y 44,2 ºC en diciembre. El período con peligro ocurrencia de heladas meteorológicas de 174 días.año^{-1}, se inicia el 12 de mayo y termina el 26 de setiembre.

El estudio se realizó en una plantación de *Neltuma alba* de 2 hectáreas de superficie. La edad de la plantación estudiada es de 8 años, originada a partir de plantines producidos de un pool de semillas de origen Campo Duran (Salta) seleccionado por el programa de mejoramiento genético del algarrobo. Comprende un sistema de plantación de líneas dobles (apareados) con marco de plantación de 2,5m entre plantas de las hileras x 4m entre hileras dobles y callejones de 14 m entre pares de líneas (densidad 444 pl.ha^{-1}), la orientación de las líneas de plantación es de Este a Oeste. El suelo abarca dos series (Golondrina y Matanza), cuyas características determinadas en muestreos de suelos previos a la plantación son: alto grado de compactación entre los 10 y 23 cm de profundidad (valores altos de resistencia a la penetración), textura franco-limosa a franco-arcillosa, medianamente provisto de materia orgánica y mediana capacidad de retención de agua, PH neutro a ligeramente alcalino, bien provisto de fósforo, valores moderados de nitrógeno total hasta 5 cm y pobre en profundidad. El manejo silvícola aplicado, consistió en poda de formación de fuste al primer año y podas sistemáticas hasta los 2,2 m de altura entre los 2,5 y 4 años. El primer raleo se realizó a los 7 años, con una intensidad de extracción del 30% de la densidad, apeando de forma selectiva los ejemplares mal conformados, enfermos, inclinados o tortuosos.

La colecta de los frutos se realizó a fines de diciembre del año 2023 y primera quincena de enero de 2024. Se recolectaron y pesaron el total de frutos producidos de 5 árboles. Estos árboles fueron seleccionados por su precocidad en la producción (fructificaron desde los 6 años) y por las diferencias en producción y forma de frutos observadas. Para describir la morfología de los frutos se tomaron muestras aleatorias (N=20 frutos) de cada uno de los 5 árboles, cuidando que los frutos estuvieran en buenas condiciones (enteros, sin signos de ataques de insectos). Las muestras fueron secadas en estufa hasta peso contaste. Se referenció el peso de cada muestra de 20 frutos, luego se midieron las siguientes variables siguiendo la metodología de Verga (2000):

- Largo de fruto (cm): En el caso de frutos curvos, se utilizó una cinta siguiendo el contorno del fruto y luego se midió con regla dicha cinta.
- Ancho de fruto (mm): Se midió sobre la región media del fruto y sobre la parte más ancha del artejo, usando calibre.
- Grosor de fruto (mm): Se midió sobre un artejo central que contenga semilla, con calibre.
- Forma del fruto (clases): Clasificación de los frutos de acuerdo con la siguiente escala: recto, curvo y semi curvo (intermedio entre ambos).
- Número de artejos (segmentos): se contó cada una de las divisiones que conforma la vaina (no se cuenta ni el pedúnculo ni el mucrón);
- Largo de mucrón (mm): se midió con regla.

Para la determinación de la cantidad de árboles que produjeron frutos en la parcela silvopastoril en el periodo 2023/2024 se realizó un censo que registró de forma visual la presencia - ausencia de frutos en el árbol o a su alrededor. Con las variables morfológicas se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y prueba de comparación de medias de Tukey utilizando el Software INFOSTAT versión, año. Para intentar relacionar las variables morfológicas de frutos medidas con los distintos árboles, se complementó el ANOVA con un análisis de componentes principales (ACP). Se realizó un análisis de correlación de Pearson, con el propósito de ver si existe algún efecto entre las características morfológicas y los atributos de calidad forrajera de las chauchas de algarrobo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La producción total de chauchas de 5 árboles de *Neltuma alba* de 8 años fue variable para el periodo 2023/2024, siendo el árbol 1 el de mayor producción (21 kg) y el árbol 3 el de menor producción (1,5 kg). El peso de las 20 chauchas de cada árbol también varió siendo las más pesadas las del árbol 2 (334 gr) mientras que las del árbol 1 fueron las más livianas (134 gr), gráfico 1.

Respecto a la producción de frutos de algarrobo existe poca información medida, especialmente en plantaciones forestales. Diaz y Karlin (1998), señalan una producción de 5 a 10 kg por árbol, mientras que Glibota et al., (2000); mencionaron una producción de 5 a 40 kg/árbol, todos ellos citados por Tagliamonte et al., (2014). García et al., 2020 en mediciones realizadas en la Colonia El Simbolar, provincia de Santiago del Estero, encontró un rendimiento de chauchas por árbol que varió entre 7 y 11 kg.árbol^{-1} en plantaciones de algarrobo blanco de13 años de edad y, en árboles dispersos de esta especie, un rendimiento entre 11 y 15 kg.árbol^{-1}.

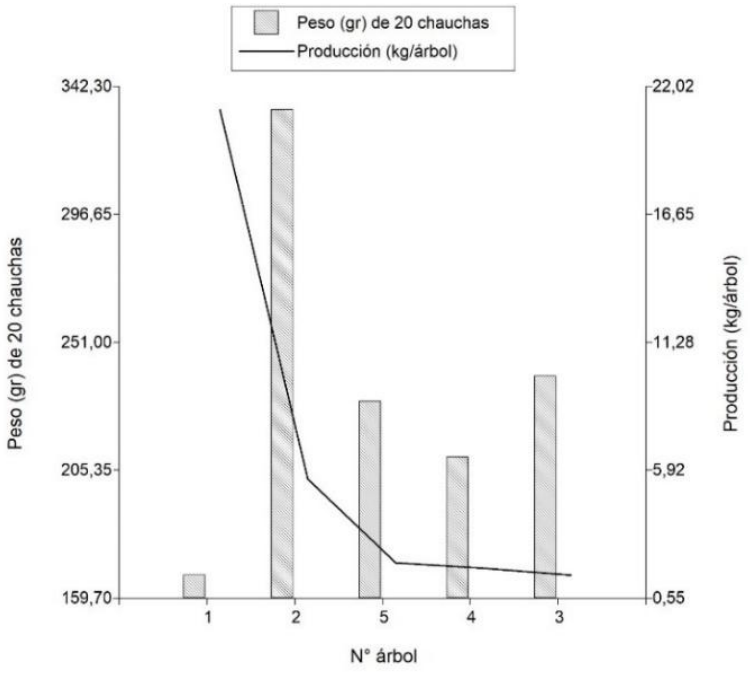


Gráfico N°1. *Producción total de chauchas de 5 árboles de algarrobo blanco en el verano 2023/2024 y peso de 20 chauchas de cada árbol evaluado.*

Distintos autores (Tagliamonte et al., 2014, Ricarte et al., 2022), señalan que esta especie posee una producción "errática" de frutos. Si bien no se han identificado descripciones de esta aparente "becerría", se mencionan años de nula fructificación con otros de excesiva. guardando una aparente relación con la edad del árbol y las condiciones climáticas. Entre las condiciones de tiempo climático, se señalan la relación entre floración y precipitaciones de los meses de septiembre y octubre, el viento y la ocurrencia de heladas tardías. Se menciona también como causales de variación de intensidad de floración entre años el carácter alógamo obligatorio (tipo de reproducción sexual que consiste en la polinización cruzada y fecundación entre individuos genéticamente diferentes). Por último, factores edáficos como una mayor salinidad, déficit hídrico y baja fertilidad pueden generar cambios en la producción de frutos, (Ricarte et al., 2022).

En la tabla 1 puede observarse que los diferentes parámetros morfológicos evaluados presentan diferencias significativas y altamente significativas (p= 0,05 y p < 0,0001): largo (p=0,0001), ancho (p=0,0001), grosor (p=0,0001), N° de artejos (p=0,0001), Largo de muñón (p=0,0123)

Tabla N°1: *ANOVA de parámetros morfológicos de los 5 árboles evaluados*

Árbol N°	Largo (cm)	Ancho (cm)	Grosor (cm)	N° Artejos	Largo muñón (cm)
4	28,58 ± 4,43 b	1,40 ± 0,15 ab	0,48 ± 0,07 a	25,95 ± 2,78 a	1,84 ± 0,56 ab
5	27,25 ± 3,34 b	1,69 ± 0,11 c	0,49 ± 0,07 a	23,42 ± 4,51 ab	1,89 ± 0,62 b
3	28,87 ± 2,55 b	1,45 ± 0,11 b	0,58 ± 0,09 a	30,4 ± 2,99 b	1,69 ± 0,44 ab
1	23,79 ± 2,38 a	1,33 ± 0,09 a	0,59 ± 0,06 b	27,1 ± 3,82 c	1,92 ± 0,47 b
2	28,54 ± 2,38 b	1,82 ± 0,10 d	0,62 ± 0,08 b	31,5 ± 2,48 c	1,42 ± 0,39 a

Las vainas del árbol 1 son las más cortas y de menor ancho (23,79 cm y 1,33 cm) y se diferencian significativamente de todos los árboles restantes en el largo. Tienen el mayor largo de muñón y grosor y el número de artejos es intermedio. Las vainas del árbol 2 son las más anchas y gruesas. También tienen la mayor cantidad de artejos y el menor largo de muñón. Las vainas del árbol 5 son las que tienen el menor número de artejos, mientras que las del árbol 3 son las que tienen el mayor largo.

Los frutos de los árboles evaluados de este origen presentan diferencias en cuanto al largo con los algarrobos blancos procedentes de Sáenz Peña que fueron estudiados por Prokopiuk, 2000. Todos los árboles evaluados tienen frutos de un largo de 14% a 29% mayor (de 3 a casi 9 cm) que los de la procedencia Sáenz Peña (20,40 ± 1,59 cm). El árbol 2 presenta también un mayor ancho y grosor que los de procedencia Sáenz Peña (ancho: 1,68 ± 0,06, grosor: 0,56 ± 0,06).

La variabilidad de las progenies del rodal respecto a estos caracteres permitiría seleccionar árboles por algunas de las características de sus frutos. Fernández, 2020, al estudiar la variación morfológica de los frutos *Prosopis flexuosa* DC. y *Prosopis chilensis* (Mol.), encontró que existe una elevada variabilidad dentro y entre procedencias a lo largo del gradiente latitudinal del bioma Monte.

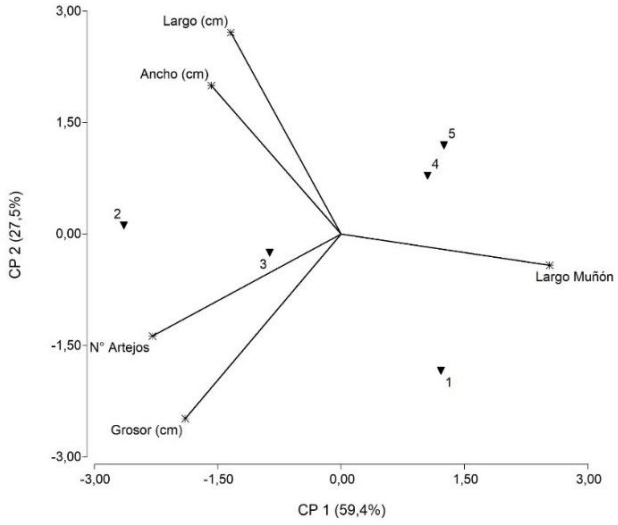


Gráfico N°2 *Gráfico de componentes principales para las diferentes características morfológicas de las chauchas por árbol.*

El Análisis de Componente Principales se realizó con la totalidad de datos obtenidos de las muestras de vainas (100), considerando las 5 variables cuantitativas evaluadas. Los dos componentes principales extraídos explicaron en un 86.9% la varianza total presente en las muestras de vainas. El primer componente principal (CP1) representó el 59,4%, el segundo componente (CP2) el 27.5% de la variabilidad total de los datos (Gráfico 2).

En el gráfico N°2 se pueden distinguir dos grupos, según el CP 1. El primero formado por las muestras de los árboles 1, 4 y 5 ubicado a la derecha del gráfico, caracterizado principalmente por tener mayor: largo de muñón, menor número de artejos. El segundo grupo, en la parte izquierda del gráfico, formado por las muestras de los árboles 2 y 3 representado por un menor largo de muñón y mayor número de artejos. Además, según el CP 2 se separa los frutos por el largo, el árbol 1 es el de menor largo mientras que el 5 y el 4 son los de largos mayores.

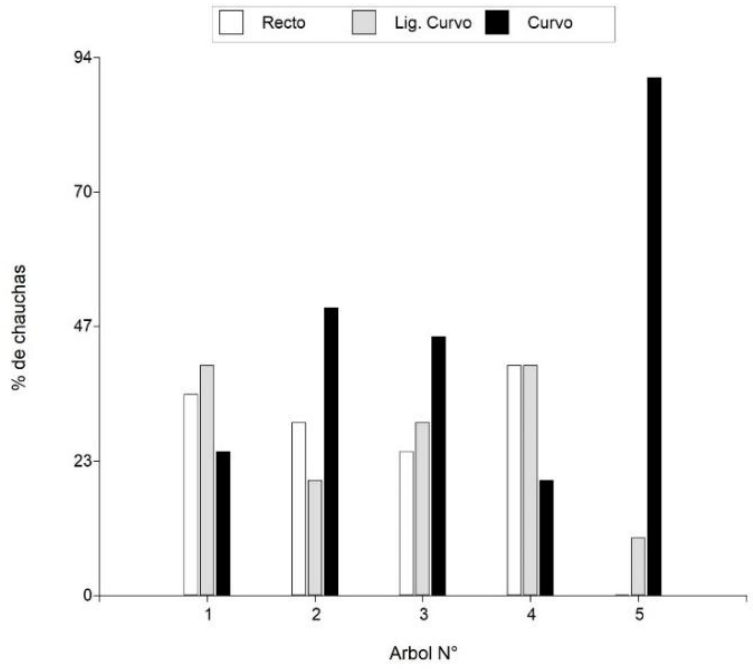


Gráfico N°3. *Proporción de forma de chauchas por árbol.*

La forma de los frutos fue variable dentro de un mismo árbol. A excepción del árbol 5, todos los árboles presentan las tres categorías de forma establecidas. El árbol 5 se destaca por presentar frutos de forma curvos (93%) y no tener frutos de forma recta. EL 50% de los frutos del árbol 2 son curvos y el 45 % en el árbol 3 mientras que el árbol 1y 4 tiene la menor cantidad de frutos curvos 25% y 20% respectivamente.

Fernández 2020 encontró que existe una elevada variación de la forma, en un análisis comparativo de morfología de frutos de Neltuma flexuosa dentro y entre procedencias a lo largo del gradiente latitudinal del bioma Monte.

Dado la importancia que tienen las chauchas de algarrobo como servicio de provisión de forraje nativo en los sistemas silvopastoriles, se realizó un análisis de calidad de forraje para una muestra de cada uno de los 5 árboles evaluados (gráfico 4).

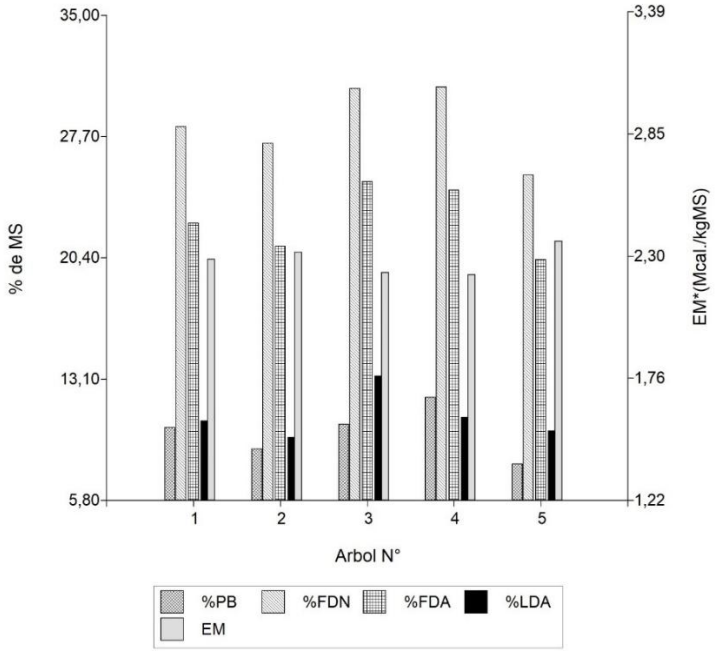


Gráfico N°4. *Parámetros de calidad de chuchas de algarrobo de 5 árboles.*

Existen diferencias en los valores de proteína bruta que presentaron las muestras de chauchas de los diferentes árboles: Variaron entre 8% y 12%, siendo el árbol 5 el de menor porcentaje de proteínas y el árbol 4 el de mayor. Estos valores concuerdan con los rangos citados en la literatura para *Neltuma alba*: 11,7% (Galera 2000 citado por Tagliamonte et al, 2014); 11gr/100gr MS (Galán et al., 2008). Los valores de energía metabolizable para los 5 árboles varían de 2,23 a 2,38 Mcal.kg^{-1}. Estos valores son inferiores a los planteados por Tagliamonte et al., (2014) quien calcula un contenido de energía metabolizable en la algarroba de 2,72 Mcal/kg de materia seca en función de los análisis de Galera (2000).

La FDA, la FDN y la energía metabólica son indicadores importantes para evaluar la digestibilidad del forraje en complemento con la concentración de proteína bruta. FDA alta reduce la digestibilidad y la disponibilidad de energía, afectando negativamente el rendimiento del animal. Los valores de FDA de las chauchas de los diferentes árboles variaron de 20,3% a 25%. Estos valores fueron mayores a los señalados por Silva et al., 2000 para Neltuma chilensis (FDA: 19,34 %). FDN alta reduce la ingesta de alimento, limitando la cantidad de nutrientes que el animal puede consumir. Generalmente se considera alto a partir de 45% para heno de alfalfa y 55% para pasturas, pero esto puede variar de acuerdo el tipo de alimento. Los valores de FDN de las chauchas de los diferentes árboles variaron de 25,4% a 30,7%. Estos valores son superiores a los reportados para Neltuma chilensis (FDN: 23,14 %), (Silva et al., 2000). La calidad forrajera de chauchas de algarrobo muestra variaciones entre especies, entre sitios, y aún dentro de la misma especie (Díaz y Karlin, 1988 citado por Silva et al., 2000). Analizando la relación entre variables de calidad forrajera y variables morfológicas se encontró correlaciones significativas entre PB y forma de las chauchas. El coeficiente de correlación de Pearson (p) entre el PB y curvo fue de -0,88 (p-valor 0,0496), entre PB y ligeramente curvo 0,90 (p-valor 0,0360), entre PB y recto 0,81 (p-valor 0,0980). Es decir que cuanto mayor es la proporción de frutos curvos menor es la PB, y esta última es mayor cuando tenemos más proporción de furtos ligeramente curvos y rectos. Entre largo de muñón y peso de 20 chauchas se encontró un coeficiente de correlación de -0,94 (p-valor 0,0175), indicando que las chauchas con mayor largo de muñón presentan menor peso.

Se analizó la provisión de chauchas para un rodal joven del origen Campo Duran desarrollado en sistema silvopastoril. Las características dasométricas fueron; densidad inicial 400 pl/ha, marco de plantación en sistema doble líneas 4m x 2,5m y callejones de 14m. Densidad actual 280 pl/ha. DAP 15,1 ± 3,1 cm, altura total 7,8 ± 0,9 m, altura de fuste 2,7 ± 0,25 m, diámetro de copa 6 ± 1,2 m. Sobre un total de 364 árboles evaluados, 50 produjeron frutos para el periodo diciembre 2023- enero 2024. La producción de chauchas fue de entre 1,5 y 21,0 kg por árbol, lo que implica un total de entre 60 y 821 kg.ha^{-1} en un sistema silvopastoril de 8 años.

Como se ha señalado son escasos los estudios que sistematizan información sobre la producción de chauchas por árbol y por hectárea. Existen aún menos trabajos que indiquen producción de frutos en plantaciones forestales, en sistemas silvopastoriles y de edades juveniles. Arce et al., 2014, menciona un rendimiento que ronda los 2.000 kg/ha. Los valores obtenidos en este estudio coinciden con los mencionado por INCUPO, 1998, citado por Tagliamonte et al, 2014 que estimaron para el Chaco Semiárido, una producción de frutos de 800 a 1.000 kg.ha^{-1} para una densidad de 50 árboles por hectárea



La producción de chaucha obtenida en este estudio fue significativamente menor al señalado por Tagliamonte et al, 2014. Estimaciones realizadas por estos autores dan cuenta de una producción de 6.000 kg de frutos por hectáreas para una plantación de 300 árboles considerando un valor de 20 kg por árbol. Estas diferencias pueden deberse a que las estimaciones están hechas para árboles maduros donde la producción es mayor y más constante. También el resultado surge de un cálculo matemático de multiplicar la producción por el total de árboles, pero en general no todos los árboles producen todos los años.

García et al., 2020, estima un rendimiento de frutos de 2.777kg.ha^{-1}, Este valor surgió del aporte medio (8,9 kg.árbol^{-1}) de árboles de algarrobo de 13 años creciendo en plantaciones forestales y con una proyección de rendimiento por hectárea del 50% de la densidad total de árboles (312 arb/ha). Ewens y Felker (2010) midieron un rendimiento de 5.000 kg/ha al séptimo año, en ensayos de clones con *Neltuma alba* (clones seleccionados por su producción de frutos) en la Estación Experimental Fernández de la Univarsidad Católica de Santiago del Estero, con un espaciamiento de 10m x 10m (100 árboles/ha).

Algunos autores han valorizado el servicio de provisión de forraje nativo en términos de energía metabolizable, y en términos de proteína bruta. En cuanto a energía metabolizable, Tagliamonte et al., 2014, considerando que en una ración forrajera son necesarios 18 Mcal de energía metabolizable para aportar 1 equivalente vaca (EV), establece que una producción media de 900
kg/ha de algarroba en bosque nativo puede ofrecer el equivalente a 132 raciones cada año. Siguiendo esos planteos en un sistema silvopastoril de 8 años como el planteado en este estudio, puede aportar inicialmente de 7 A 103 raciones en el año. A la vez los aportes de proteína que brindan podrían variar de 6 kg/ha a 82,5 kg/ha en función de la producción de chauchas estimadas. Este aporte de proteínas es similar al calculado por Tagliamonte et al., 2014, para un bosque nativo, (95 kg de PB/ha), y son menores a los calculados para una plantación adulta (631 kg de PB/ha) considerando valores de productividad de 20 Kg/árbol para 300 árboles por hectárea.

Kuczeva et al., (2018) estudió el aporte de harina de algarroba en comparación con maíz en alimentación individual de bovinos, no encontrando diferencias tanto en consumo total de heno, como en digestibilidad de la MS. También estudiaron la performance animal alimentados con harina de algarroba o maíz en formulaciones de suplementos en el cual no se detectó diferencias significativas en la repuesta de performance animal al reemplazar el maíz por harina de algarroba. Estos autores recomiendan una proporción de 30% de harina de algarroba en la formulación de suplemento a utilizar en pastura tropicales en invierno.

Teniendo en cuenta la juventud del rodal, los resultados obtenidos en este estudio son muy promisorios en cuanto a productividad de chauchas. Los fatores claves a considerar al priorizar la producción de vainas por sobre el de madera, son el manejo silvícola del rodal, regulando la densidad de árboles de tal modo de promover el desarrollo individual para consecuentemente lograr copas amplias y la selección de individuos "de alta productividad" de vainas. El sistema silvopastoril con algarrobo provee forraje de calidad a partir de la sombra que brinda a las pasturas (522 kg.ha^{-1} de PB en 3.940 Kg MS.ha^{-1} de forraje acumulado de gatton panic citados por Lertora, 2023) sumando a esto las proteínas brindadas por las chauchas.

CONCLUSIONES

Del análisis morfométrico de frutos realizado a árboles de *Neltuma alba* provenientes de un pool de semillas de origen Campo Duran muestra que existen, para las características evaluadas, variaciones dentro de este origen. Los frutos evaluados del origen Campo Duran tienen un largo superior a lo que reportaron otros estudios de la especie, pero de otras procedencias. Las variaciones de los frutos podrían deberse tanto a estrategias de adaptación o usos de los recursos del suelo como, al provenir de un pool de semilla del mismo origen creciendo en un mismo sitio, responder a variaciones genéticas. Son necesarios otros estudios para establecer estas cuestiones.

Los valores obtenidos en cuanto a calidad de las chauchas como forrajeras indican que el fruto de algarrobo blanco *Neltuma alba* de origen seleccionado creciendo en Sáenz Peña, es un alimento adecuado y comparable al de otras especies del género y otras procedencias para ser utilizado como suplemento alimenticio para bovinos. Presentaron buen contenido de proteínas bruta y bajo contenido en FDN y FDA, resultando interesante para proveer a los animales como suplemento forrajero especialmente en la época crítica invernal.

Este aporte forrajero es un servicio más que brinda el mismo sistema silvopastoril. Estos suplementos nativos permitirían disminuir la necesidad de suplementos con cereales externos al sistema, lo que influiría tanto en la eficiencia financiera del sistema como en la disminución de los gases de efecto invernadero por mejora de la performance animal al incrementarse la digestibilidad de su ingesta.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Señor la oportunidad de iniciar este primer aprendizaje en un sistema silvopastoril joven, que tiene la perspectiva de ofrecer más aprendizajes hasta lograr su madurez en una decena de años, en equipo.

Bibliografía

Atanasio, M. A., Pernochi, A. L. S., Chiossone, J.G., 2018. Productividad maderera y forrajera de un sistema silvopastoril de Prosopis alba de variable densidad de árboles y radiación. Actas IV Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles, Villa La Angostura, Neuquén.

Atanasio, M. A.; Pernochi, L., 2023. "Conducción de un SSP bajo plantaciones de algarrobo en la región chaqueña". Actas del XII del Congreso Internacional Sistemas Silvopastoriles Uruguay 2023. Sistemas Silvopastoriles: hacia una diversificación sostenible, Colombia: CIPAV. 2023. 978-628-95190-5-1.

Burkart, A. 1976. A monography of the genus Prosopis (Leguminosae Subfam. Mimosoidae). Journal of the Arnold Arboretum. 219-249 / 451-525.

Ewens, M. and P. Felker. 2010. A comparison of podproduction and insect ratings of 12 elite Prosopis alba clones in a 5-year semi-arid Argentine field trial. Forest Ecology and Management 260 (3): 378-383.

Fernández M. C. 2020. Variabilidad morfológica de las vainas y propiedades nutricionales de la harina de Prosopis flexuosa DC y Prosopis chilensis (Mol.) Stuntz, comparación entre diferentes procedencias de la provincia fitogeográfica del Monte. Arrascaeta s/n. Junín, Mendoza. Tesina para optar al título de Ingeniería en recursos naturales renovables. Universidad Nacional de Cuyo, Facultad de Ciencias Agrarias. Marzo 2020.

Galán González, A.; Duarte Corrêa, A.; Patto de Abreu, C. M. y Piccolo Barcelos, M.de F.; 2008. Caracterización química de la harina del fruto de *Prosopis spp.* procedente de Bolivia y Brasil. Archivos Latinoamericanos de Nutrición versión impresa ISSN 0004-0622versión On-line ISSN 2309-5806

Galera, F.M. 2000. Las especies del género Prosopis (algarrobo) de América Latina con especial énfasis en aquellas de interés económico. ISBN 987-43-2577-1. UNC-Secretaría de Ciencia y Tecnología y FAO. Córdoba. 269 p.interés económico. ISBN 987-43-2577-1. UNC-Secretaría de Ciencia y Tecnología y FAO. Córdoba. 269 p.

García, J.; Cardona, G. y Sanchez Ugalde, R.; 2020. Productividad de durante cosecha de vainas de algarrobo blanco. Caso de estudio: Colonia el Simbolar, Departamento Robles, Provincia de Santiago del Estero Argentina. Revista Forestal Ivyraretá 28 (2020) 57-62.

Kucseva, César Daniel; Balbuena, Osvaldo; Prieto, Paula Noelia; Vispo, Pablo E. 2018. Sustitución de maíz por harina de algarroba en novillos: 2. Respuesta animal. Hablemos de Ganadería. Jornada para la Integración de la Cadena Ganadera. Resúmenes/Grupo de comunicaciones, E.E.A. Colonia Benítez - 1a ed . – Colonia Benítez, Chaco: Ediciones INTA, 2018.

Cultivo del algarrobo en Argentina Buenos Aires: Ediciones INTA; Centro de Investigaciones Agropecuarias, 2024. 425 p. : il. (en PDF)

Prokopiuk, D.; Cruz, G.; Grados, N.; Garro, O.; Chiralt, A. 2000. Estudio comparativo entre frutos de *Prosopis alba* y *Prosopis pallida*. Multequina 9: 35-45.

Ricarte, R. A., Diaz, R. F., y Guzman, L. M., 2022. Estimación de la producción de frutos de algarrobo en un sitio del Chaco Árido Riojano. Web https://www.engormix.com/lecheria/sequia-planteo-ganadero/estimacion-produccion-frutos-algarrobo_f63429/

Romero Pereira Carolina Belén 2022. Efecto del tamaño materno de Prosopis flexuosa sobre las características morfológicas y reproductivas del fruto en un área del monte central de Argentina. Directora: Dra. en Ciencias biológicas A. Vanina Egea; Codirectora: Méd. Vet. María Eugenia Vázquez Novoa. Septiembre 2022

Silva, M. P., M. J. Martinez, R. Coirini, M. A. Brunetti, M. Balzarini y U. Karlin, 2000. Valoración nutritiva del fruto de algarrobo blanco (Prosopis chilensis) bajo distintos tipos de almacenamiento. Multequin 9: 65-74.

Tagliamonte, C.; Martinez Ortiz, U; Longo L. y Dal Pont, S. 2014. El servicio de provisión de forraje en el bosque nativo chaqueño: Una aproximación al análisis económico. Rev. Agronomía & Ambiente 34(1-2): 37-45. FA-UBA, Buenos Aires, Argentina.





BMA-09. Principales recursos forrajeros utilizados en Cuba para una ganadería sostenible

Main forage resources used in Cuba for sustainable livestock farming

D. Fortes González[*]*; R.S. Herrera; T.E. Ruíz; R.O. Martínez; C. R. Padilla y M.F. Díaz*

Instituto de Ciencia Animal, Carretera Central, km 47 ½, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba

[*]Correspondencia a: dayleni2000@gmail.com

RESUMEN

El objetivo del trabajo es analizar los principales recursos forrajeros utilizados en Cuba para garantizar una ganadería sostenible. Se presenta la amplia variedad de recursos forrajeros (pastos y forrajes) con que cuentan los ecosistemas ganaderos de nuestro país. Así como la importancia del uso de los mismos que va desde la utilización de los pastos naturales, hasta el uso de especies mejoradas de gramíneas, leguminosas, especies arbóreas y arbustivas cuya inclusión en los sistemas de producción agropecuarios permiten el incremento de la sostenibilidad del sistema por las múltiples ventajas que ofrecen los mismos. Se cuenta además con especies tolerantes a sequía y salinidad que constituyen opciones para garantizar el incremento de la productividad en los ecosistemas frágiles y degradados de Cuba. Por otro lado, se plantea la importancia de considerar la regionalización de los recursos forrajeros y las tecnologías de utilización que se adecuen a cada escenario productivo para lograr la sostenibilidad de los sistemas ganaderos.

Palabras clave: *pastos mejorados, arbustivas proteicas, sostenibilidad*

ABSTRACT

The objective of this paper is to analyze the main forage resources used in Cuba to ensure sustainable livestock farming. It presents the wide variety of forage resources (pastures and forages) available in our country's livestock ecosystems. It also presents the importance of their use, ranging from natural pastures to improved species of grasses, legumes, trees, and shrubs, whose inclusion in agricultural production systems allows for increased sustainability due to their multiple advantages. Drought and salinity-tolerant species are also available, offering options for ensuring increased productivity in Cuba's fragile and degraded ecosystems. It also raises the importance of considering the regionalization of forage resources and the utilization technologies appropriate to each production scenario to achieve sustainable livestock systems.

Keywords: *Improved pastures, protein shrubs, sustainability*

INTRODUCCIÓN

El sector agropecuario a nivel mundial se plantea importantes retos debido a la creciente población mundial y el incremento en la demanda de alimentos, donde la producción tendrá que aumentar en un 60% para el 2050; usando tierras que ya están siendo cultivadas, todo esto bajo la primicia de producir más, utilizando menos recursos naturales y al mismo tiempo hacer frente a un clima cambiante (Gerber 2013). Es por ello, que la sostenibilidad de los sistemas ganaderos es un aspecto que cada vez cobra mayor importancia, enfrentando la necesidad de crear ambientes eco-eficientes para la adaptación al cambio climático.

En los últimos años, la ganadería en el mundo ha desarrollado múltiples transformaciones orientadas al desarrollo de sistemas productivos sostenibles, caracterizados por el aprovechamiento de recursos forrajeros autóctonos, introducidos y mejorados que propician la conservación, la coexistencia con organismos diversos y el bienestar animal en los sistemas (del Pozo 2019). La inclusión de árboles y arbustos (proteicas y de usos múltiples) en los ecosistemas de pastos constituye también una importante opción en este sentido (Montagnini, *et al.* 2015).

En este sentido, el objetivo del trabajo es analizar los principales recursos forrajeros utilizados en Cuba para garantizar una ganadería sostenible.

Principales recursos forrajeros utilizados en la ganadería cubana

Para lograr una ganadería sostenible el problema no es la reforestación de especies *per se,* ni la siembra de nuevas variedades sino que es fundamental cuidar el suelo, las plantas y los animales, considerando el uso de los recursos fitogenéticos herbáceos y arbóreos según la regionalización, que contribuyan a cubrir las necesidades o requerimientos de los animales y que sean sistemas resilientes para mitigar el cambio climático.

En Cuba las áreas ganaderas cuentan con más de 50 variedades de pastos, entre las que se incluyen gramíneas, leguminosas y otras especies herbáceas y arbóreas tropicales perennes, con alta eficiencia en la captación de la energía solar, muchas de ellas C4, de raíces profundas, que se adaptan a diferentes tipos de suelos con mínimos insumos

importados. Todas estas plantas con un manejo estratégico del suelo y el agua pueden fijar carbono (y nitrógeno, en el caso de las leguminosas) a diferentes profundidades, evitar la erosión y mitigar el cambio climático. A continuación detallaremos las principales fuentes forrajeras utilizadas en Cuba para la alimentación ganadera.

Uso de forrajes verdes para la alimentación animal

- Pastos naturales

Los pastizales naturales constituyen, aún en el largo plazo, el componente más importante del ecosistema pastoril, ya que pertenecen a un patrimonio biológico de importancia incuestionable, el cual debe ser utilizado con técnicas de manejo que permitan sustentarla para el beneficio de las generaciones futuras (Pueyo 2002). Entre las bondades de estos pastizales se destaca la alimentación económica que suministran y la buena estabilidad (referida a su persistencia productiva, es decir que no debe intervenirse en forma recurrente como en las pasturas comerciales) y la capacidad de recuperación, aún después de severas contingencias climáticas, como prolongadas sequías.

Cuando el pastizal está constituido por distintas poblaciones es difícil alcanzar la máxima productividad ya que, en muchas ocasiones en praderas mixtas se hace complejo mantener una proporción deseada entre gramíneas y leguminosas debido a las variadas exigencias de los diferentes pastos que componen la asociación, dada su propia diversidad. El principal responsable de esta alta diversidad de especies en los pastizales lo constituye el pastoreo debido al consumo que ejercen los animales sobre las especies dominantes de la comunidad (Knapp, 1999), en este sentido, la asociación de gramíneas y leguminosas resulta la de mayor interés para el productor ganadero, por su importancia para la alimentación animal.

Estudios botánicos demuestran que Cuba presenta gran diversidad de leguminosas sin embargo, en nuestras praderas, áreas sometidas al pastoreo sistemático la diversidad del ecosistema se reduce a muy pocas variedades de esta familia, solo la especie *Alysicarpus vaginalis*, el *Desmodium triflorum*, *Desmodium scorpiurus*, el *Teramnus labialis* y en suelos ácidos el Stylosanthes parecen soportar por tiempos prolongados, la acción de la pezuña y el diente del animal (Hernández 1996). Entre las gramíneas naturales de mayor abundancia en nuestro país se encuentran Pitilla (*Dichanthium caricosum*), Jiribilla (*Dichanthium annulatum*) y Saca cebo (*Paspalum notatum*) creciendo junto a la vegetación de sabana y semisabana en una amplia gama de suelos como son: calcáreos, no calcáreos, plásticos y montmorilloníticos. Las leguminosas y gramíneas naturales pueden, por su frecuencia de aparición que se incrementa en el tiempo, asegurar un importante papel en la alimentación del ganado con producciones de leche y carne no tan elevadas pero sí sostenibles para las condiciones de Cuba, por lo que se hace necesario utilizarlas en sistemas de bajos insumos para la alimentación del ganado vacuno.

- Pastos mejorados

El empleo de variedades mejoradas, las cuales presentan un mayor potencial de producción que las especies de pastos naturales, es una opción que permite favorecer la alimentación de los animales en los ecosistemas ganaderos cubanos y garantizar la sostenibilidad de los mismos.

Debido a la importancia alcanzada por el género Cenchrus se desarrollan programas de mejora genética (Sinche *et al*. 2021) con el objetivo de obtener variedades que superen a las tradicionalmente utilizadas. En el Instituto de Ciencia Animal se desarrolló un programa de mejoramiento de *C. purpureus* con el objetivo de mejorar sus indicadores productivos y que se adaptaran a las actuales condiciones climáticas y de suelo (Herrera 2020).

Mediante el cultivo de tejido in vitro de conos apicales de king grass se obtuvieron 12 clones y de ellos se seleccionaron: a) Cuba CT-115 con el que se desarrolló la tecnología del banco de biomasa para ser pastoreado y solucionar el déficit de alimento en el período poco lluvioso; esta tecnología se extendió en Cuba y otros países de clima tropical con resultados satisfactorios y b) Cuba CT-169, caracterizado por su alta producción de forraje (Herrera y Martínez, 2015). Por su parte, mediante cruzamiento genético *de Cenchrus purpureus* vc*.* Cuba CT- 169 (progenitor masculino) con *Cenchrus glaucus* Tiffton Late (progenitor femenino), se obtuvo en el ICA el híbrido *Cenchrus purpureus* x *Cenchrus glaucus* Cuba OM-22, híbrido con excelentes características forrajeras.

Posteriormente se comenzó un programa de mejoramiento para la obtención de cultivares *C. purpureus* con tolerancia a la sequía, mediante cultivo de tejidos *in vitro* de conos apicales de *C. purpureus* vc. Cuba CT-115. Como resultado se seleccionaron los clones *C. purpureus* vc*.* Cuba CT-605 y *C. purpureus vc.* Cuba CT-608, con tolerancia a la sequía y rendimientos superiores a su progenitor (tabla 1). Al realizar la caracterización molecular de estas plantas, mediante determinación electroforética, se demostró que eran variedades, y se reafirmó al mantenerse sus características iniciales por más de cinco generaciones.



Tabla 1. *Características morfoagronómicas de clones resistentes a sequía*

Variedad de *C. purpureus*	Largo hoja, cm	Ancho hoja, cm	Grosor tallo, cm	Altura, cm	Rendimiento, tMS/ha/año
CT-115	98.5	4.1	0.9	99	12
CT-605	93.8	4.7	1.0	74.2	16
CT-608	100.7	4.3	1.2	99.4	24

Fuente: Herrera 2022

También mediante cultivo de tejidos *in vitro* de conos apicales de *C. purpureus* vc. Cuba CT-115 se obtuvieron clones con tolerancia a salinidad de los cuales se seleccionaron el *C. purpureus* Cuba CT-508 y Cuba CT-504, los que tuvieron los mejores indicadores morfológicos, rendimiento de materia seca (tabla 2), tasa de crecimiento y componentes de la pared celular. Estos clones mostraron que se adaptan a condiciones de suelo de baja a mediana salinidad y pueden ser una opción para la alimentación del vacuno en este tipo de suelo en la región oriental del país.

Tabla 2. *Comportamiento del rendimiento de materia seca (t/ha) de variedades de Cenchrus purpureus tolerantes a la salinidad en las condiciones edafoclimáticas de la provincia Granma, Cuba.*

Período lluvioso Edad, días						
Variedad	45	60	75	90	EE±	P
CT-504	6.22 ^{j}	9.18 ^{g}	12.07^{d}	14.79^{a}	0.66	0.001
CT-508	4.84 ^{k}	7.52 ^{h}	11.31 ^{e}	13.71^{b}		
CT-115	5.61 ^{l}	8.21 ^{i}	11.22 ^{f}	13.50^{c}		
Período poco lluvioso Edad, días						
Variedad	45	60	75	90	EE±	P
CT-504	1.79 ^{j}	3.23^{g}	4.31 ^{d}	4.99^{a}	0.14	0.001
CT-508	1.35 ^{k}	2.72 ^{h}	3.83 ^{e}	4.59^{b}		
CT-115	1.26 ^{l}	2.93 ^{i}	3.69 ^{f}	4.73^{c}		

a,b,c,d,e,f,g,h Valores con letras no comunes difieren a P<0.01 Keuls (1952)

EE, error estándar de la interacción variedad x días

Fuente: Álvarez *et al.*2024

La caña de azúcar es otro recurso forrajero de elevada importancia en la alimentación animal, especialmente las variedades forrajeras constituyen una opción valiosa en la alimentación del ganado bovino en Cuba debido a su alto contenido energético y su capacidad para crecer en variadas condiciones climáticas. Su utilización contribuye a la sostenibilidad y eficiencia del sistema de alimentación ya que, mejora la productividad del ganado y optimiza los recursos disponibles. Las variedades de caña de azúcar con alta proporción de cogollo y baja de tallo son las que deben ser empleadas para la alimentación del ganado por su mayor digestibilidad (Martín 2015).

Otras gramíneas mejoradas pero con hábito de crecimiento macolloso y buenas condiciones pratenses, e incluso forrajeras, se pueden señalar las variedades: *Megathyrsus maximus* (Jacq.) cvs. Likoni, Uganda, Común de Australia; *Cenchrus ciliaris* L. cvs. Biloela y Formidable; *Andropogon gayanus* CIAT-621 una variedad de hábito semimacolloso, variedades de hábito rastrero como *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk, Cynodon *dactylon* cvs. 67 y 68, *Digitaria decumbens* PA-32 y *Cynodon nlemfuensis* Vanderyst cvs. Jamaicano (Corbea *et al.,* 1996). Dichas variedades, independientemente de su hábito de crecimiento, alcanzan un potencial productivo medio de materia seca entre 15,6 y 22,1 t/ha/año cuando se riegan y fertilizan; entre 9,8 y 16,0 t/ha/año en secano y fertilizadas solo en el período de lluvia, y entre 9,0 y 11,0 t/ha/año en secano sin fertilización, lo que representa un incremento medio de 35,7; 44,6 y 40,4 % por encima de lo que producen las gramíneas naturales y/o naturalizadas (Sánchez *et al.* 2020) .

En los últimos años se introdujeron por el Instituto de Investigaciones de Pastos y Forrajes de Cuba, nuevas variedades, entre las que se encuentran *M. maximus* vc. Mombaza y Tanzania, y Brachiaria hibrido cv. Mulato. Estas especies se caracterizan por presentar contenidos de proteína de 12 a 15 %, una digestibilidad de 55 a 62 % y una producción forrajera de hasta 25 t de MS/ha/año, con fertilización (Guiot, 2001). Dichos valores se encuentran dentro de los

mejores rendimientos hallados en las especies comerciales más productivas, como *M. maximus* cv. Likoni, *C. nlemfuensis* y *C. purpureus* vc. Cuba CT-115 en condiciones similares (Herrera, 2005).

En Cuba, se aprobaron siete variedades de leguminosas herbáceas: *Lablab purpureus* cv. Rongai, apropiada para corte e incluso para pastoreo; *Medicago sativa* cv. Gilboa Africana, preferentemente para la producción de forraje; así como *Stylosanthes guianensis* cv. CIAT-184, *Teramnus labialis* cv. Semilla Clara, *Macroptilium atropurpureum* cv. Siratro, *Centrosema* hibrido CIAT-438 y *Arachis postrata*, todas con características eminentemente pratenses. El potencial de producción de materia seca de estas leguminosas comerciales se encuentra entre 7 y 17 tMS/ha/año (Sánchez *et al.* 2020).

- Árboles y arbustivas proteicas

La utilización de plantas perennes leñosas en los sistemas ganaderos, se visualiza entre las principales acciones definidas en los Objetivos para el Desarrollo Sostenible para el 2030 (ONU 2016); debido, entre otros aspectos, al incremento sostenido en la producción animal, sustentado en el aumento de la productividad y calidad de los pastizales asociados, motivado por la fijación de nitrógeno atmosférico al suelo cuando las plantas son leguminosas, el aporte importante de hojarasca de fácil mineralización, que favorece el reciclaje de nutrientes, la captación de carbono (CO2) y el aumento de la diversidad de la flora y fauna en el sistema.

Leucaena leucocephala fue la primera especie arbustiva utilizada en estudios en el ICA y posteriormente en EEPF "Indio Hatuey" como árbol multipropósito para la producción agropecuaria, dichos estudios condujeron a la generación de tecnologías que han sido aplicadas nacional e internacionalmente con éxito para la producción de leche y carne. Se utilizan fundamentalmente las variedades *Leucaena leucocephala* vc. Cunningham, Perú, Ipil-Ipil y CNIA-250 con posibilidades para el ramoneo en bancos de proteína o asociaciones.

En la actualidad la morera (Morus alba), tithonia (*Tithonia diversifolia*) y moringa (*Moringa oleifera*) son las arbustivas proteicas más utilizadas en los sistemas de alimentación animal. Su alto valor nutricional al ser consumidas permite cubrir en buena parte las necesidades de los animales. Sin embargo, la especie que mayor aceptación tiene por los productores para el ganado bovino es *Tithonia diversifolia,* que sobresale por su excelente capacidad de producir biomasa comestible de alta calidad alimentaria y se adapta a una amplia variedad de condiciones edafoclimáticas, tiene alta variabilidad en su capacidad de rebrote, desempeño agronómico, composición química y de adaptación, debido probablemente a su alta diversidad genética (Ruiz *et al.* 2014), desde 2006 se trabaja con esta planta mediante un estudio integral de la potencialidad de una fuente de follaje abundante en el trópico y componente de la flora cubana con resultados destacados como otra alternativa de arbusto para su inclusión en sistemas silvopastoriles y como forraje proteico. Se tiene información acerca del comportamiento de los diferentes materiales vegetales colectados en Cuba; lo que permitió confeccionar tecnologías para la producción de biomasa, según su comportamiento bajo corte o pastoreo, así como para su utilización en la alimentación animal teniendo el comportamiento biológico y fisiológico de su utilización en las dietas de los animales. El ICA tiene registradas cuatro variedades de *Tithonia diversifolia: T . diversifolia* ICA Cuba Oc-10; ICA Cuba Oc-23; ICA Cuba Oc-24 y ICA Cuba Oc-25 por la Dirección de semillas y recursos fitogenéticos del MINAG en su Registro de Variedades Comerciales, todos ellos materiales destacados para la alimentación animal. Estos materiales seleccionados poseen buena producción de biomasa (10-13 tMS/ha/año), así como elevados contenidos de PB (20-24 %) y digestibilidad (72-78 %) que favorecen su utilización tanto en la alimentación de rumiantes como de monogástricos con la sustitución de la disminución de concentrados (Ruíz *et al.* 2022). Se dispone de tecnologías para la producción de semilla gámica o agamica de tithonia, establecimiento, producción de biomasa, alimentación de animales rumiantes y monogástricos. Además, se puede contribuir a la biodiversidad y sostenibilidad de los sistemas productivos de la ganadería con esta planta proteica.

Por último, es importante resaltar que el uso de todos los recursos forrajeros ya mencionados para la alimentación animal debe partir del principio de la adaptabilidad de las especies al medio, lo que se considera como el criterio esencial para su difusión en un territorio específico. Para que esto sea posible es necesario un conocimiento profundo de los agroecosistemas ganaderos y de la flora forrajera natural y naturalizada predominante. Quebrantar este principio ha provocado errores costosos en muchos países, incluso en Cuba con sensibles pérdidas económicas que se manifiestan, generalmente, en la poca persistencia de las especies establecidas y los consecuentes costos de reposición.

Nuestro país, ha desarrollado diversas tecnologías para la utilización efectiva de sus recursos forrajeros, cada productor debe seleccionar los que mejor se adapten a las condiciones de su finca, entre las de mayor utilización están las siguientes: Banco de biomasa de *C. purpureus* vc. Cuba CT-115, Sistemas silvopastoriles en múltiples modalidades utilizando fundamentalmente como arbustiva *Leucaena leucocephala* y *Tithonia diversifolia,* Establecimiento y producción de semilla gámica de *T. diversifolia*, Producción de forrajes proteicos de *T. diversifolia,* Producción de forrajes de Cenchrus, entre otras.



CONCLUSIONES

Los resultados expuestos en este trabajo reflejan la amplia variedad de recursos forrajeros con que cuentan los ecosistemas ganaderos de nuestro país. Así como la importancia del uso de los mismos que va desde la utilización de los pastos naturales, hasta el uso de especies mejoradas de gramíneas, leguminosas, especies arbóreas y arbustivas cuya inclusión en los sistemas de producción agropecuarios permiten el incremento de la sostenibilidad del sistema por las múltiples ventajas que ofrecen los mismos.

Contar además con especies tolerantes a sequía y salinidad garantiza el incremento de la productividad en los ecosistemas frágiles y degradados de nuestro país.

Considerar la regionalización de los recursos forrajeros y las tecnologías de utilización que se adecuen a cada escenario productivo son aspectos fundamentales para lograr la sostenibilidad de los sistemas ganaderos.

Bibliografía

Álvarez, Y, Herrera, R.S., Ramírez, J.L., Verdecia D.M., Benítez, D., López S. 2024. Performance of *Cenchrus purpureus* varieties tolerant to salinity under the edaphoclimatic conditions of Granma province, Cuba. Cuban Journal of Agricultural Science. 58, enero-diciembre 2024, https://cu-id.com/1996/v58e01

Corbea, l. A.; Hernández, Marta; Machado, R.; Lamela, l., Cáceres, O. 1996. Variedades comerciales de pastos y forrajes para el desarrollo ganadero en Cuba. Resúmenes del X Seminario Científico de Pastos y Forrajes. Matanzas. Cuba: EEPF Indio Hatuey. p. 118.

Del Pozo, P.P. 2019. Los sistemas Silvopastoriles. Una alternativa para el manejo ecológico de los pastizales: Experiencias de su aplicación en Cuba. Cadernos de Agroecologia – ISSN 2236-7934 – Anais do III Encontro Pan-Americano sobre Manejo Agroecológico de Pastagens – V. 14, n° 2, Fev. 2019.

Gerber, P.J. 2013. Hacer frente al cambio climático a través de la ganadería. Evaluación global de las emisiones y las oportunidades de mitigación. Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura (FAO). Roma (Italia), 154 p.

Hernández, R. 1996. Resum. X Sem. Cient. EEPF "Indio Hatuey" Matanzas. Cuba. 48. Hill M, O. 1997. An evenness

Herrera, R. S. Evaluación de gramíneas. Contribución del Instituto de Ciencia Animal. Rev. Cubana Cienc. agric. 39:253-259, 2005.

Herrera, R.S., Martínez, R.O. 2015. Mejoramiento genético. En: R. S. Herrera, ed. Producción de biomasa de variedades y clones de *Pennisetum purpureum* para la ganadería. La Habana: EDICA. p. 13-32, 2015.

Herrera, R.S. 2022. Mejoramiento de *Cenchrus purpureus* para la alimentación animal. Congreso Biohabana 2022, 25-29 abril Palacio de Convenciones Habana, Cuba.

Herrera R. S. 2020. Obtención y evaluación de clones de *Cenchrus purpureus* con Tolerancia a la sequía y salinidad. Capítulo 9. pp 162-183. Editoras: Milagros de la C. Milera Rodríguez, Tania Sánchez Santana y Martha Hernández Chávez. Editorial Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, Matanzas, Cuba. ISBN: 978-959-7138-44-0 Versión impresa ISBN: 978-959-7138-45-7 Versión digital.

Martín, P.C. 2015. La alimentación del ganado con caña de azúcar y sus subproductos. EDICA. 244 p.

Montagnini, F., Somarriba, E., Murgueitio, E., Fassola, H., Eibl., B. 2015. Sistemas agroforestales. Funciones productiva, socioeconómica y ambiental. 1º ed.–Cali, CO: CIPAV; Turrialba, CR: CATIE, 2015. 454 p. il. – (Serie técnica. Informe técnico / CATIE; no. 402). ISBN 978-958-9386-74-3.

Ruiz, T. E., Febles, G. J., Galindo, J., Savón, L., Chongo, B. B., Torres, V., Cino, D. M.;,Alonso, J., Martínez, Y., Gutiérrez, D., Crespo, G. J., Mora, L., Scull, I., La O, O., González, J., Lok, S., González, N., Zamora, A. 2014. *Tithonia diversifolia,* sus posibilidades en sistemas ganaderos. Revista Cubana Ciencia Agrícola 48(1): 79-82.

Ruíz *et al.* 2022. Características de materiales destacados de *Tithonia diversifolia* colectados en la zona centro-occidental de Cuba. Congreso Biohabana 2022, 25-29 abril Palacio de Convenciones Habana, Cuba.

Sánchez-Santana, T., López-Vigoa, O., Milera-Rodríguez, M. de la C., Lamela-López, L. 2020. Principales sistemas de alimentación utilizados en la producción de leche en Cuba. Capítulo 7. En: Recursos Forrajeros Multipropósitos. Milagros de la C. Milera, Tania Sánchez y Martha Hernández (Eds.). Editorial Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey ISBN: 978-959-7138-45-7 Versión digital.

Sinche, M., Kannan, B., Paudel, D., Corsxato, C., Lopez, Y., Wang, J., Altpeter, F. 2021. 'Development and characterization of Napiergrass (*Cenchrus purpureus* Schumach) mapping population for flowering –time -and biomas- related traits revea lindividual swith exceptional potential and hybrid vigor". *GCB Bioenergy*, 1: 1561-1575. ISSN: 1757-1707, https://doi.org/10.1111/gcbb.12876.

BMA-10. Comportamiento morfoagronómico de accesiones de *Megathyrsus maximus* (Jacq.) B.K. Simon & S.W.L. Jacobs.

Morphoagronomic comportment of *Megathyrsus maximus* (Jacq.) B.K. Simon & S.W.L. Jacobs accessions.

A. Hernández Herranz[*]*; Y. Olivera Castro; O. C. Toral Pérez; Y. Sanabria Ramírez; A. Hernández Mijango, E. Corzo Rodríguez.*

Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey" Central España Republicana, CP 44280, Matanzas, Cuba.

[*]Correspondencia a: abel.hernandez@ihatuey.cu

RESUMEN

Con el objetivo de conocer la variabilidad morfoagronómica de cinco accesiones de la especie *Megathyrsus maximus* (Jacq.) B.K. Simon & S.W.L. Jacobs, insertadas en el esquema del flujo varietal, para su futura selección como variedades comerciales, se realizó un estudio en la Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey". Se efectuó la caracterización morfobotánica y agronómica de las accesiones. Para ello, se utilizó un grupo de descriptores morfológicos (18) y agronómicos (4). Para el procesamiento de los datos morfológicos, se utilizó el Análisis de Componentes Principales (ACP). Para los datos del comportamiento agronómico, se realizó un análisis de varianza. Los descriptores morfológicos que más variabilidad mostraron fueron el número de internodios, la longitud y ancho del limbo, la longitud de la vaina y la altura vegetativa, los cuales se deben tener en cuenta en investigaciones futuras. Entre los descriptores agronómicos se comprobó que las plantas mostraros diferencias significativas en las variables estudiadas, siendo la T-62, la de mejor comportamiento. Por lo que se recomienda completar la información necesaria para proponerla como variedad comercial.

Palabras clave*: Evaluación, selección, pasto guinea.*

ABSTRACT

In order to know the morphoagronomic variability of five accessions of the species *Megathyrsus maximus* (Jacq.) B.K. Simon & S.W.L. Jacobs, inserted in the varietal flow scheme, for their future selection as commercial varieties, a study was carried out at the "Indio Hatuey" Pasture and Forage Experimental Station. The morphobotanical and agronomic characterization of the accessions was carried out. For this, a group of morphological (18) and agronomic (4) descriptors was used. For the processing of morphological data, Principal Component Analysis (PCA) was used. For the agronomic performance data, an analysis of variance was performed. The morphological descriptors that showed the most variability was the number of internodes, the length and width of the limb, the length of the sheath and the vegetative height, which should be considered in future research. Among the agronomic descriptors, it was found that the plants showed significant differences in the variables studied, with T-62 being the one with the best behavior. Therefore, it is recommended to complete the necessary information to propose it as a commercial variety.

Keywords*: evaluation, selection, guinea grass*

INTRODUCCIÓN

Dentro de los programas de mejoramiento genético de gramíneas a nivel mundial se ha trabajado en la identificación de nuevos materiales. En Cuba también hay varios centros dedicados a esta actividad y en la Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, existe un programa de evaluación y selección de gramíneas, llamado Flujo varietal o Flujo de variedades, donde se han estudiado varias gramíneas y muchas fueron propuestas como variedades comerciales.

Entre las especies que más se explotan en la ganadería esta las de la familia Poaceae (Guillen-Arellano, 2022). Esta familia aporta fibra y energía en la dieta del animal (Mojica-Rodríguez et al., 2019). Dentro de esta familia, se encuentra el género *Megathyrsus* y dentro de éste, la especie *Megathyrsus maximus* se encuentra entre las especies más estudiadas y es una de las más utilizadas en el mundo tropical. Lo justifican sus cualidades sobresalientes en términos de adaptabilidad, incluso bajo la sombra, producción de biomasa, valor nutritivo y potencialidad para la producción de leche y carne (Mojica-Rodríguez et al., 2019).

Por estas razones se decidió, como objetivo, Realizar la caracterización y evaluación morfoagronómica de las accesiones K-183, T-62, CTIH-5, CTIH-6 y CIH-25 de *Megathyrsus maximus* y seleccionar la o las accesiones de mejor comportamiento, para insertarlas en el esquema de evaluación y futura propuesta de variedades comerciales.



MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área experimental. El estudio se realizó en áreas de la EEPF "Indio Hatuey", sobre un suelo Ferralítico Rojo.

Diseño y tratamientos. Se utilizaron parcelas de 20 m^2 (5 x 4 m), con cuatro réplicas para un total de 20 parcelas. Con separación entre parcelas de 2 m y entre calles de 4 m. Accesiones precomerciales estudiadas para condiciones de pastoreo y sombra: K-183: Gigante de hoja ancha, T-62: Gigante de hoja ancha, CTIH-5: Mediano de hoja estrecha, CTIH-6: Mediano de hoja estrecha y CIH-25: Mediano de hoja estrecha.

Plantación y establecimiento. En todas las accesiones se utilizaron porciones de macollas con una longitud aproximada de 20,0 cm, conformadas por 5-8 vástagos, los que se plantaron a una profundidad estimada de 10,0 cm. Las parcelas estuvieron conformadas por surcos espaciados a 0,70 m e igual distancia entre plantas. Tanto los surcos como las macollas externas estuvieron separados de los bordes de la parcela, a una distancia de 0,35 m.

Mediciones. Para la caracterización morfobotánica se tuvieron en cuenta 11 y 7 descriptores cuantitativos y cualitativos, respectivamente.

Para la evaluación agronómica se midieron y estimaron el Rendimiento de MS (RTO), las Afectaciones por insectos fitófagos (AIF), las Afectaciones por microorganismos patógenos (AMP) y la Hojosidad (HOJ).

Todo ello según lo recomendado en la Metodología de evaluación de especies de pastos (Machado et al., 1997)

Análisis estadístico. Para el procesamiento de los datos morfológicos, se utilizó el Análisis de Componentes Principales (ACP). Este permitió determinar la variabilidad explicada por todas las variables tomadas en consideración y sus relaciones. Para identificar los componentes que explicaron la mayor variación, se seleccionaron aquellas que tuvieron un valor propio superior a uno; mientras que para identificar las variables que más influyeron en la variabilidad extraída por cada componente se tomó en consideración que los factores de suma o preponderancia alcanzaran un valor superior a 0,60.

Para los datos del comportamiento agronómico, se realizó un análisis de varianza. Previo a este análisis se comprobó la distribución normal a través de la prueba de Kolmogorov-Smirnov y la homogeneidad de varianza. Las medias se compararon a través de la prueba de rangos múltiples de Duncan, para un nivel de significación de $p< 0,05$ (Duncan, 1955).

Todo mediante el paquete estadístico SPSS Versión 22

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 1 se indican los resultados del ACP de las variables morfológicas. De estos valores se infiere que la variabilidad que caracterizó a la población fue alta, ya que en las cuatro primeras componentes se explicó el 100,0 % de la misma, sobre la base de las 11 variables incluidas en esta fase.

Tabla 1. *Variabilidad y relación existente entre las variables.*

Variables	Componentes principales			
	CP1	CP2	CP3	CP4
Área Foliar	,492	**-,777**	-,005	-,392
Altura Total de la Planta	,648	**,755**	-,084	-,054
Altura vegetativa de la Planta	,535	**,835**	-,079	-,103
Diámetro del Tallo	,157	-,582	-,090	**,793**
Longitud del Limbo	**-,988**	,040	,027	,143
Ancho del Limbo	**,956**	,211	,104	,174
Número de Hojas	**-,793**	,466	,286	,268
Número de Entrenudos	,585	-,178	**,791**	-,025
Longitud de los Entrenudos	,190	-,490	**,850**	,046
Capacidad de Macollamiento	**-,653**	,065	,515	-,552
Longitud de la Inflorescencia	-,026	,580	**,760**	,294
Valor propio	4,30	3,09	2,30	1,31
Varianza (%)	39,07	28,05	20,95	11,92
Varianza acumulada (%)	39,07	67,13	88,08	100,00

Como se puede observar, la varianza en la primera componente alcanzó un valor de 39,07 % y en la segunda componente fue de 28,05 %. Para estas componentes las variables que más influyeron en la varianza extraída, fueron la longitud del limbo, ancho del limbo, número de hojas y capacidad de macollamiento en la componente uno (CP1); mientras que en la componente dos (CP2) fue el área foliar, altura total de la planta y altura vegetativa de la planta.

En estas componentes, se encontraron aquellas variables que alcanzaron un mayor grado de diferenciación entre los descriptores estudiados en las accesiones y se puede plantear que se cuenta con una riqueza botánica variable, ya que siete de las 11 variables estudiadas, se encuentran en estas dos primeras componentes.

Este resultado posee relevante interés ya que esa variabilidad puede constituir un basamento importante a la hora de realizar estudios posteriores de mejora de estas accesiones para las condiciones de Cuba.

En la componente tres (CP3), las variables que más influyeron en la varianza acumulada fueron el número y la longitud de los entrenudos y la longitud de la inflorescencia, todas relacionadas de forma positiva.

En la componente cuatro (CP4), con un 11,92 % de la varianza, influyó el descriptor diámetro del tallo, el cual mostró ser un descriptor poco variable, por lo que se pudiera prescindir del mismo cuando se vayan a realizar los estudios de evaluación y mejora de las accesiones dentro de esta especie.

De acuerdo con la variabilidad antes discutida y los rangos de los valores alcanzados por los indicadores cuantitativos, adquiere notable trascendencia, ya que se relacionó, fundamentalmente, con variables estructurales relacionadas con la hoja (Longitud y ancho del limbo y el Número de hojas) y otras como las relacionadas con la altura vegetativa y total de la planta, la capacidad de macollamiento y el área foliar de estas accesiones, los cuales son descriptores determinantes en la mejora y estudios de accesiones de esta especie.

En cuanto a los caracteres cualitativos (tabla 2), todas las accesiones se caracterizaron por tener un hábito de crecimiento macolloso, además, las accesiones K-183 y T-62 también mostraron un crecimiento erecto, ya que ellas se encuentran dentro del grupo denominado gigante de hoja ancha y se caracterizan por tener un porte muy grande en altura y ancho de la macolla. Todas las accesiones poseen una inflorescencia en forma de Panícula con ramificaciones primarias y secundarias distribuida en forma piramidal, esta última es una característica diferencial de este género (Gantner, 2012).

La coloración de las partes de la hoja (limbo y la vaina) fue de manera general de color verde al igual que el color de tallo, aunque la accesión K-183 presentó una coloración verde más oscura en el limbo y visos carmelitas en el tallo, lo que denota que también hay variabilidad en esos descriptores cualitativos. En todas las accesiones se mantuvo la constancia de la no presencia de pelos en el envés, pero si por el haz del limbo, característico de esta especie (Subiza y Jerez, 2008).

Todo ello corrobora la riqueza genética de ese material, que se deben tener en cuenta en investigaciones futuras relacionadas con la mejora y selección para la inserción de estos materiales en sistemas de alimentación ganadero.

Tabla 2. *Descriptores cualitativos de las accesiones.*

Accesión	TI	HC	CL	CV	PH	PE	CT
K-183	Panícula con ramificaciones primarias y secundarias distribuida en forma piramidal	Erecto Macolloso	Verde oscuro	Verde	Si	No	Verde con visos carmelita
T-62			Verde	Verde	Si	No	Verde
CTIH-5		Macolloso decumbente	Verde	Verde	Si	No	Verde
CTIH-6			Verde	Verde	Si	No	Verde
CIH-25			Verde	Verde	Si	No	Verde

Al hacer un análisis de los resultados obtenidos en la evaluación agronómica, se pudo observar que hubo diferencias estadísticas en todas las variables estudiadas (tabla 3).

Como se aprecia, no hubo diferencias estadísticas entre las accesiones, solamente difirió la CTIH-5. A pesar de ello, la hojosidad fue buena para todas las accesiones, con un porcentaje superior al 70 % de presencia de hojas por encima de tallos, según la escala utilizada. Por lo que se atribuye que estas son especies que poseen una aceptable producción de hojas.



Tabla 3. *Comportamiento agronómico de las accesiones de M. maximus.*

Accesión/variable	Hojosidad (Valor escalar)	AIF (%)	SMP (%)	Rendimiento (t de MS/ha/corte)	
				PLI	PPLI
M. maximus CIH-25	3,75[a]	2,75[b]	0,75[c]	5,38[c]	3,02
M. maximus CTIH-5	3,5[b]	2,5[b]	0,75[c]	6,54[b]	3,56
M. maximus CTIH-6	3,75[a]	3,75[c]	0,75[c]	6,56[b]	3,45
M. maximus T-62	4[a]	1[a]	0,25[a]	7,98[a]	3,89
M. maximus K-183	4[a]	1,5[a]	0,5[b]	4,46[d]	2,45
EE $\bar{x}$ ±	0,88**	0,80**	0,90**	1,90**	0,04[n.s]

Letras distintas indican diferencias significativas p≤0,05 según Duncan (1955)

Según Atencio et al. (2014), en forrajeras, el interés de los ganaderos está centrado en la acumulación de la materia seca proporcionada por las hojas, al ser estas la parte de la planta que es consumida en mayor proporción por los animales y las que aportan el más alto contenido en nutrientes. Por lo que es siempre deseable una alta proporción de hojas pues en ese órgano se encuentra la mayor proporción de nutrientes y, por ende, ello está asociado con una mejor calidad del material a consumir por los animales.

Además, es de mucha importancia tener un pasto con alto porcentaje de hojas ya que estas, también de que cumplen función de síntesis y asimilación de carbohidratos, presentan un alto volumen de tejido parenquimatoso localizado en el mesófilo; esto ayuda a una mejor acumulación de proteínas y carbohidratos no estructurales que definen sus altos valores nutritivos (Liendo et al., 2019).

En cuanto a las afectaciones por insectos fitófagos (AIF) así como por síntomas causados por microorganismos patógenos (SMP), de manera general se encontraron en el rango de tolerantes, según la escala utilizada.

En cuanto a las AIF, hubo diferencias significativas entre las accesiones. La accesión CTIH-6, fue la que mostró un mayor grado de afectación en cuanto al daño causado por los insectos. Sin embargo, estas afectaciones, según la escala empleada se considera que estas plantas son resistentes a dichas afectaciones y por lo tanto no fueron lo suficientemente marcadas como que influyeran en el desarrollo y productividad de las mismas.

En cuanto a los SMP, también hubo diferencias significativas entre las accesiones, mostrando una mayor afectación las accesiones CIH-25, CTIH-5 y la CTIH-6, que no difirieron entre ellas, pero si con las otras dos accesiones, sin embargo, estas afectaciones también se encuentran en el rango de resistente a tolerantes, como se mencionó con anterioridad.

Por lo que se considera que este efecto no influyó o influyó muy poco en el desarrollo de las plantas, ya que los valores observados en dichos indicadores se encuentran en el rango de inmune a tolerante. Este aspecto es muy interesante, ya que los efectos ocasionados por cualquier tipo de estrés, entre ellos los mencionados, pueden ocasionar cuantiosas pérdidas en términos cuantitativos y cualitativos de la biomasa, lo que se ha discutido en innumerables trabajos desarrollados con germoplasma de estas y otras especies de la familia de las gramíneas (Olivera, 2016).

Lo que denota que en estas accesiones se comportaron como entes tolerantes o poco susceptibles ante estos agentes depresivos, debido a que poseen características genéticas y bioquímicas que les permiten dar esta respuesta favorable.

A pesar que *M. maximus* pueda cumplir con el principio de ser una planta resistente a plagas, dado fundamentalmente por la existencia de diversas variedades, clones, cruzamientos y selecciones que se adaptan a diferentes ecosistemas, lo esencial quizá sean sus características botánicas, su gran potencial para desarrollarse, producir biomasa y también debido a un manejo adecuado de la gramínea en sí, pues las plagas siempre constituirán un componente de los agroecosistemas (Milera et al., 2017).

Uno de los indicadores más relacionados con el comportamiento agroproductivo de las plantas es el rendimiento de biomasa comestible, el cual está vinculado con las condiciones ambientales y de manejo. Los cambios que se produzcan en este sentido pueden modificar sensiblemente la producción de materia seca.

Con relación al rendimiento, se observa (tabla 3) que en el PPLl no hubo diferencias significativas entre las accesiones, sin embrago, en el PLl, sí hubo una marcada diferenciación entre las accesiones.

La accesión T-62 fue la de mejor comportamiento y difirió estadísticamente del resto de las accesiones y la K-183 fue la de más bajo rendimiento en esta etapa y a pesar de que durante el PPLl no hubo diferencias estadísticas entre las accesiones, esta última también fue la de más bajo rendimiento durante el PPLl.

Para esta especie, se reportan rendimientos desde 12,0 t de MS/ha/año (sin riego ni fertilización) hasta 26,0 t de MS/ha/año (cuando se fertiliza con 350 kg de N/ha/año) en suelos ferralíticos rojos de mediana fertilidad (Milera Rodríguez et al., 2017), por lo que se considera que la T-62, mostró un alto rendimiento de biomasa (más de 20 t de MS/ha/año) y ello se considera relevante, aún más cuando no se utilizó riego ni fertilización durante la etapa de evaluación de las accesiones.

Todas estas accesiones, por su comportamiento, se adaptan en mayor o menor grado a las condiciones y fueron tolerantes, de acuerdo con el régimen de explotación al que fueron sometidas. Tales aspectos se reafirman si se parte del hecho de que el suelo donde se llevó a cabo este experimento es de baja fertilidad.

Ello se debe a que las especies de *Megathyrsus* poseen mecanismos morfológicos, como la presencia de un profundo sistema radical con raíces adventicias que les permite absorber los nutrientes, y también la disposición de las hojas que les permite hacer un uso mayor de la radiación solar, además de la capacidad que tienen algunas de estas especies de adaptarse a los ambientes específicos, debido a que aprovechan bien su metabolismo y las sustancias de reserva las invierten en mantener su funcionamiento. Todo ello está supeditado al régimen de explotación al que estén sometidas y al balance alcanzado entre la demanda y el suministro de recursos de crecimiento establecido por las plantas, lo que también influyó en esa respuesta.

Las especies de *Megathyrsus* estudiadas en esta pequeña colección, son pastos mejorados que tienen beneficios y/o bondades como son: Mayor producción de biomasa por ha/año; Mayor contenido de nutrientes; Mejor palatabilidad y digestibilidad; Mayor carga animal por ha; Disponibilidad de pasto durante todo el año; Mejor control de malezas y Mejor producción de leche y carne (Gómez Huerta y Urbina Barrera, 2020), por lo que fue factible la incorporación de las mismas en el esquema del flujo varietal.

CONCLUSIONES

Al hacer un análisis integral de las accesiones, se concluye que la accesión T-62 fue la que mejor comportamiento agronómico, ya que fue la que mostró el mejor comportamiento en todas las variables agronómicas estudiadas, lo que corrobora la riqueza genética de ese material y por ello se recomienda insertarla en el flujo varietal para su extensión en áreas productivas.

Bibliografía

Atencio, L.M.; Tapia, J.J.; Mejía, S.L. & Cadena, J. 2014. Comportamiento fisiológico de gramíneas forrajeras bajo 3 niveles de humedad en condiciones de casa malla. Revista Temas Agrarios 19 (2): 245-259.

Duncan, D.B. 1955. Multiple range and multiple F test. Biometrics. 11:1.

Gantner, A.R. 2012. Poaceae I. Parte general y Panicoideae. Fascículo 17-A. En: Flora de la República de Cuba. Tomo I Texto. Ruggell: 44-58.

Gómez Huerta, B.J. & Urbina Barrera, E.J. 2020.Estado fitosanitario de las pasturas en tres fincas de la comarca Panamerica del municipio de Camoapa, Boaco en el periodo de septiembre a diciembre 2019. Trabajo de Graduación. Sede Regional Camoapa. Universidad Nacional Agraria. Camoapa, Boaco, Nicaragua, 62 p.

Guillen-Arellano, D.A. 2022.Productividad de las principales especies gramíneas forrajeras mejoradas del trópico ecuatoriano en condiciones de secano. Componente práctico del Examen de Grado de carácter Complexivo, presentado al H. Consejo Directivo de la Facultad como requisito previo para obtener el título de: Ingeniero Agropecuario. Carrera de Ingeniería Agropecuaria. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Técnica de Babahoyo. Babahoyo - Los Ríos – Ecuador. 36 p.

Liendo, M.E.; González Coletti, A.A.; Olea, L.E.; Alegre, A.; Suárez, L.; Guerineau, M.; Martín (h.), G.O. &. Toll, J.R. 2019. Relación Hoja-Tallo en el estado fenológico de floración, en gramíneas naturales y cultivadas del Chaco Occidental Semiárido del departamento Trancas, Tucumán, Argentina. Rev. Agron. Noroeste Argent. 39 (1): 45-51.

Machado, R.; Seguí, Esperanza & Alonso, O. 1997. Metodología para la evaluación de especies herbáceas. EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. (Mimeo). 35 p.

Milera Rodríguez, Milagros de la C.; Alonso Amaro, Osmel; Machado Martínez, Hilda C. & Machado Castro, Rey L. 2017. *Megathyrsus maximus*. Resultados científicos y potencialidades ante el cambio climático en el trópico Avances en Investigación Agropecuaria. 21 (3):41-53.



Milera, M. C.; Machado, R.; Simón, L.; García-Trujillo, R.; Mesa, A. R.; González Yolanda, Pérez A.; Remy, V. A.; Ojeda, F.; Esperance, M.; Lamela, L.; Hernández D.; Cáceres, O.; Hernández, M.; Paretas, J. J.; López, Mirta, Machado, Hilda, C.; Seguí, Esperanza, Martín, G. J.; Iglesias, J. M.; Valdés, L. R.; Gerardo, J. G.; Hernández, R.; Arece, J.; Reyes, F.; Hernández, I.; Hernández, C.; Blanco F.; Alonso, O.; Lezcano, J. C.; Sánchez, Saray, Olivera, Yuseika, Toral, Odalys, C.; Hernández L. A.; Blanco, D.; Soca, Mildrey, González, E.; Wencomo, Hilda B .; Montejo, I. L.; Pentón, Gertrudys, Fiallo. R. C.; Prieto, Marlene, Corbea, L. A.; Matías, C.; Menéndez, J.; Martínez H. L.; Hernández, Neice, Pereira, E.; Francisco, Ana G.; Roche, R.; Martínez, J.; Delgado, A. y Miret, R. 2017. Especies comerciales. Resultados y tecnologías para la producción de semillas. En: Tecnologías, metodologías y resultados generados por la EEIH. (Eds. Milera, M. y Sánchez, T.). pp. 5-30.

Mojica-Rodríguez, J.E.; Castro-Rincón, E.; Carulla-Fornaguera, J.E. & Lascano-Aguilar, C.E. 2019. Perfil lipídico en leche de vacas en pastoreo de gramíneas en el trópico seco colombiano. Agronomía Mesoamericana. 30(2): 497-515. doi:10.15517/am. v30i2.34723.

Olivera, Yuseika. 2016. Evaluación agronómica y del valor nutritivo y selección de accesiones de *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf en suelos ácidos. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. Universidad de Matanzas. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey. 183p.

Subiza, J. & Jerez, M. 2008. Gramíneas Poaceae. Características botánicas y distribución. Disponible en: http://www.infojardin.com/foro/archive/index.html.

BMA-11. Respuesta agroindustrial de cultivares de caña de azúcar utilizadas como alimento animal 1 en condiciones de sequía.

Agroindustrial response of sugarcane cultivars used as animal feed under drought 3 conditions.

A. Hernández Rubiella[1]., L. Pardo Mora[1]., J. Sotolongo Camero[1]., T. Casero Rodríguez[1]., A. 5 Rodríguez Martínez[1]., J. Delgado Padrón[1].*

[1]Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar 6 (INICA). Km 1½ Carretera a la CUJAE, Boyeros, La Habana, Cuba.
[*]Correspondencia a: alejandro.hernandezrubiella97@gmail.com

INTRODUCCIÓN

Los estudios recientes de variabilidad e inestabilidad del clima en Cuba demuestran que los procesos de sequía se hacen más frecuentes, intensos y extensos tanto temporal como espacialmente (Planos *et al.*, 2013). La incidencia del cambio climático en la agricultura cubana está contemplada en la Tarea "Vida" Plan del Estado Cubano para su Enfrentamiento (CITMA, 2017).

La caña de azúcar (*Saccharum* spp.) como cultivo también se encuentra afectada por el factor sequía, con una importancia mayor en los suelos Ferralitizados cálcicos (Hernández *et al.,* 2015) debido a su alto poder de infiltración y poca retención del agua. El contenido de humedad en los tallos durante el período de maduración y cosecha es importante para asegurar una óptima concentración de azúcares (Lamela *et al.,* 2019).

Se conoce que la caña de azúcar se utiliza desde hace más de 400 años como fuente de forraje para el ganado vacuno durante la época de seca, considerada una de las plantas de mayor producción de biomasa por hectárea (Molina *et al.*, 2000). Su gran adaptabilidad a distintas condiciones edafoclimáticas del país ha superado todas las plantas forrajeras conocidas en producción de materia seca y energía metabolizable por hectárea. Es el captador vivo de energía solar más eficiente, la cual la almacena en biomasa en forma de fibra y azúcares fermentables (Fernández *et al.,* 2014). En variedades seleccionadas en secano, solo necesita irrigación durante el establecimiento. Evita los gastos de conservar los excedentes del período lluvioso y de los cortes de forraje en esta época. Posee una alta variabilidad genética, de modo que existen variedades para la mayoría de los ambientes tropicales y subtropicales (Salazar *et al.,* 2017).

Todas estas razones confirman que la caña de azúcar constituye en los momentos actuales una opción viable y sostenible para la alimentación bovina. Contribuya a la obtención de producciones estables y sostenibles de leche y carne en la ganadería principalmente en el período poco lluvioso del año en Cuba (Fernández *et al.,* 2014). Por ello, es objetivo de este trabajo evaluar la respuesta agroindustrial de cultivares de caña de azúcar como alimento animal en condiciones de sequía.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló en el bloque experimental de la Unidad Empresarial de Base Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (UEB INICA) Mayabeque; ubicado en las coordenadas georeferenciadas latitud norte: 22º 47´ 12´´ y longitud oeste: 82º 23´ 13´´, en el municipio Quivicán, provincia Mayabeque, Cuba. En suelo Ferralítico Rojo típico, sobre material basal caliza dura saturado, con profundidad efectiva de 171 cm, medianamente humificado, poco erosionado, arcilla (caolinítica > 75 %) y sobre relieve llano (Hernández *et al.*, 2015).

El experimento se plantó en bloques al azar en octubre de 2015 en condiciones de secano con cuatro réplicas. Las parcelas estuvieron conformadas por cuatro surcos de 7,5 m de largo y 1,6 m de ancho (48 m²), con 12 cultivares evaluados por Fernandez et al. (2019) ('C86-12', 'C86-56', 'C86-156', 'C86-165', 'C8751', 'C89-148', 'C89-176', 'C90-501', 'C92-325', 'C97-445', 'C120-78' y 'C1051-73'). La cosecha se realizó en la cepa de caña planta en febrero de 2017, en soca en marzo de 2018 y en primer retoño en febrero de 2019; con 18, 13 y 12 meses de edad respectivamente. El rendimiento agrícola (TCHA) se estimó por el método propuesto por Milanés (1978), mediante la expresión matemática:

$$TCHA = \left(\frac{nt}{2}\right) 4 \left(\frac{pm}{20}\right)\left(\frac{10}{48 - avp}\right)$$

Donde; nt: Número de tallos promedio de un surco. pm: Peso de la muestra de 20 tallos.

avp: Área vacía de la parcela.

En la determinación del porcentaje de Pol en caña (PPC) se tomó una muestra de un metro de caña por cada parcela y se analizó en el laboratorio de la propia UEB según el " Manual de Métodos Analíticos" (Pérez y Fernández, 2006). El polarímetro digital posibilitó una lectura directa, la cual permitió realizar el cálculo mediante de la fórmula:

$$TPHA = \frac{TCHA * PPC}{100}$$

Los valores de precipitaciones y la evaporación, fueron obtenidos de una estación del Instituto de Recursos Hidráulicos, ubicados a 500 m del bloque experimental (Tabla 1). Los valores de evaporación se convirtieron en evapotranspiración, según FAO (1992) multiplicándolos por el coeficiente K= 0,75; las cuales se reflejan en la Tabla 2.

Tabla 1. *Valores de precipitaciones (Precp.) ocurridas en el período de estudio.*

Años	Meses	Precip. (mm)	Añ11os	Meses	Precip. (mm)	Años	Meses	Precip. (mm)
2015	Octubre	41,0	2016	Diciembre	11,5	2018	Febrero	21,0
2015	Noviembre	83,0	2017	Enero	65,5	2018	Marzo	39,0
2015	Diciembre	53,8	2017	Febrero	28,5	2018	Abril	43,0
2016	Enero	192,0	2017	Marzo	0	2018	Mayo	310,0
2016	Febrero	21,5	2017	Abril	142,0	2018	Junio	261,0
2016	Febrero	21,5	2017	Abril	142,0	2018	Junio	261,0
2016	Marzo	40,0	2017	Mayo	165,0	2018	Julio	213,0
2016	Abril	76,5	2017	Junio	386,0	2018	Agosto	208,0
2016	Mayo	109,0	2017	Julio	260,0	2018	Septiembre	254,0
2016	Junio	277,0	2017	Agosto	328,5	2018	Octubre	150,0
2016	Julio	189,0	2017	Septiembre	210,0	2018	Noviembre	169,0
2016	Agosto	429,0	2017	Octubre	151,0	2018	Diciembre	24,0
2016	Septiembre	295,0	2017	Noviembre	67,0	2019	Enero	94,0
2016	Octubre	37,0	2017	Diciembre	14,5	2019	Febrero	22,0
2016	Noviembre	0	2018	Enero	0			

Tabla 2. *Valores de evapotranspiración (Etp) promedio mensual para la caña de azúcar durante una serie histórica de 30 años.*

Meses	Etp	Meses	Etp	Meses	Etp	Meses	Etp
Enero	93,0	Abril	132,0	Julio	155,0	Octubre	120,9
Febrero	92,4	Mayo	161,2	Agosto	142,6	Noviembre	114,0
Marzo	117,8	Junio	168,0	Septiembre	126,0	Diciembre	111,6

Se realizó el análisis de varianza (ANOVA) de clasificación simple y las comparaciones de las medias se efectuó mediante la prueba de Tukey ($p<0,05$) con el paquete estadístico STATISTICA versión 8.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El comportamiento de las precipitaciones fue irregular en los meses y años de estudio (Figura 1).

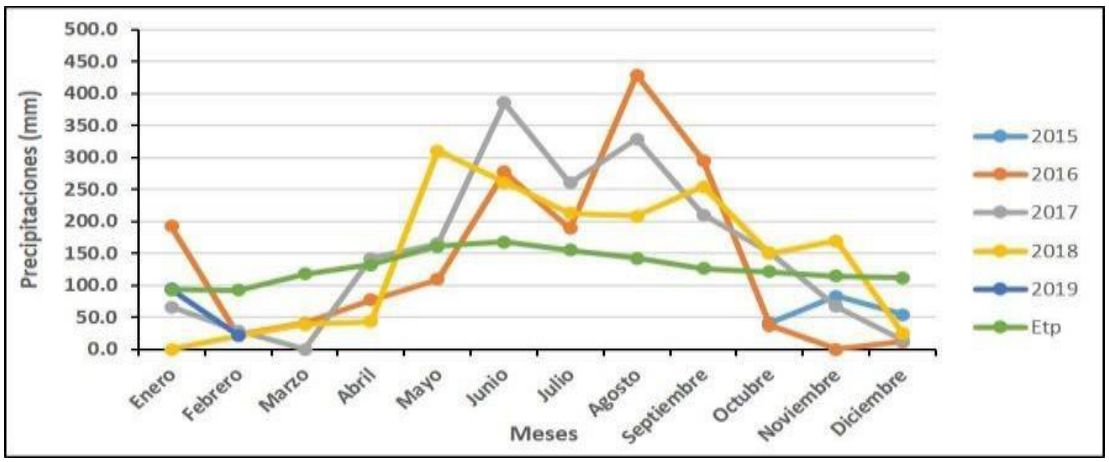


Figura 1. *Comportamiento de las precipitaciones en el período estudiado y su relación con la evapotranspiración para la caña de azúcar.*

En algunos meses los acumulados no rebasaron los valores de evapotranspiración del cultivo de la caña de azúcar, por lo que se produjo un desbalance hídrico, lo cual conllevó a la sustitución de genotipos poco adaptados a estas condiciones y la plantación de cultivares tolerantes a este factor ambiental.

Con referencia a lo anterior, Roque y Lamelas (2013) plantearon que en Cuba el comportamiento de la lluvia presenta variaciones según la época del año. Según Espinoza (2019), la precipitación promedio ideal para la caña de azúcar está entre 1200 a 1500 mm/año. Para producir 1 g de materia seca la planta utiliza entre 148 a 300 g de agua y su requerimiento varía según la etapa de desarrollo o ciclo vegetativo. En el periodo de crecimiento el cultivo requiere grandes cantidades de agua para producir mayor cantidad de biomasa, mientras que en la maduración reduce su requerimiento hídrico, debido a que el almacenamiento de la sacarosa ocurre cuando detiene su crecimiento.

Existieron diferencias significativas entre los cultivares en cuanto al promedio del rendimiento agrícola (Figura 2). Se destacan ´C86-12´, ´ C86-56´, ´C90-501´, ´C92-325´ y ´ C120-78´ como las más productoras de caña. En este sentido Fernández *et al.,* (2019), plantea que ´C92-325´ posee mejor producción de biomasa que ´C86-12´, ´C1051-73´ y ´C86-156´ con diferencias significativas de la primera con respecto a las demás.

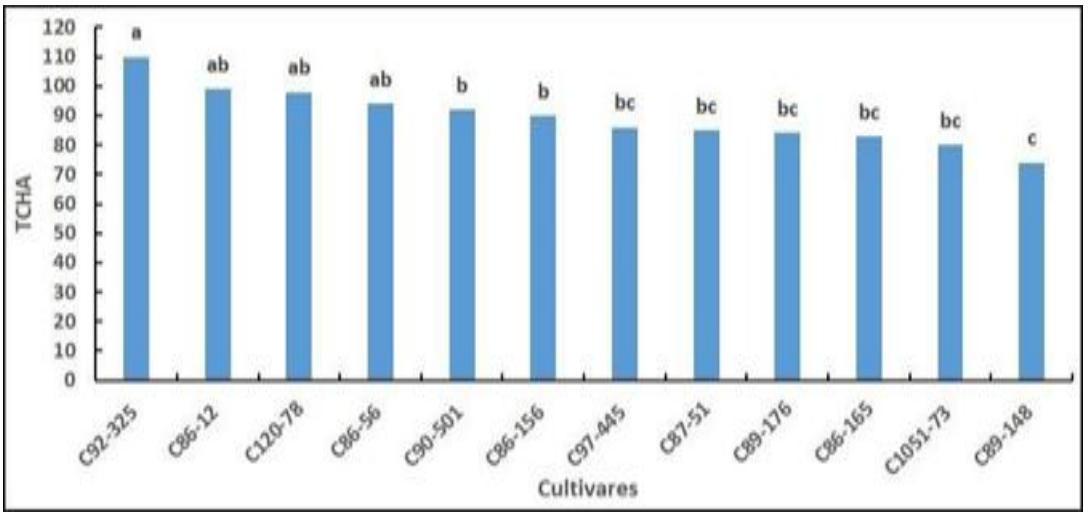


Figura 2. *Rendimiento agrícola promedio de los cultivares evaluados. Letras desiguales difieren significativamente según prueba de Tuckey (p<0,05).*

Según lo planteado por González (2019), los cultivares ´C86-12´, ´C8656´, ´C86-165´, ´C89- 176´, ´C89-148´, ´C92-325´ son tolerantes a la sequía; pero ´C89-148´, ´C86-165´ y ´C89-176´, fueron los que mostraron menores rendimientos en este estudio. Los cultivares ´C120-78´ y ´C87-51´ están recomendados para zonas con altos regímenes pluviométricos y para áreas con riego; sin embargo, en condiciones de secano se destacaron por su rendimiento agrícola. En rendimiento industrial los mejores resultados los presentan los cultivares ´C86-12´ y ´C87-51´ (Figura 3) y con un comportamiento muy parecido a estos ´C86-156´, ´C86-165´, ´C89-148´, ´C89-176´, ´C90-501´, ´C92-325´ y ´C1051-73´. Por su parte, los cultivares ´C86-12´, ´C86-56´, ´C86-156´, ´C87-51´, ´C90-501´, ´C92325´ y ´C120-78´ se destacaron en el rendimiento agroindustrial (Figura 4).

Los cultivares con mejores respuestas productivas fueron ´C86-12´ y ´C92-325´ al aportar las más altas producciones de caña y azúcar por unidad de superficie, como una alternativa para atenuar los efectos del cambio climático bajo estas condiciones. La utilización de la caña de azúcar en la alimentación animal tuvo una influencia positiva en el incremento de la producción de leche. Además, con el empleo de la misma se redujo la edad promedio al sacrificio (Fernández *et al.,* 2014).

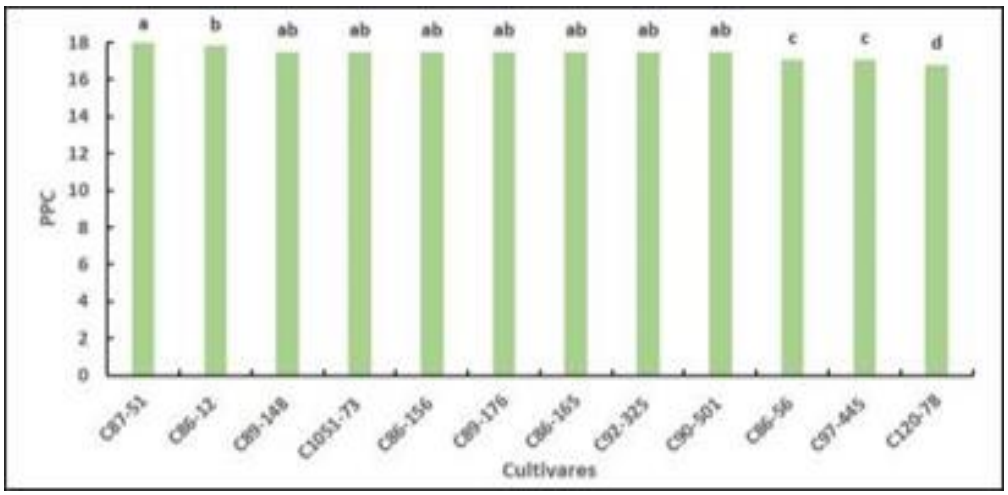


Figura 3. *Rendimiento industrial promedio de los cultivares evaluados. Letras desiguales difieren significativamente según prueba de Tuckey (p<0,05).*

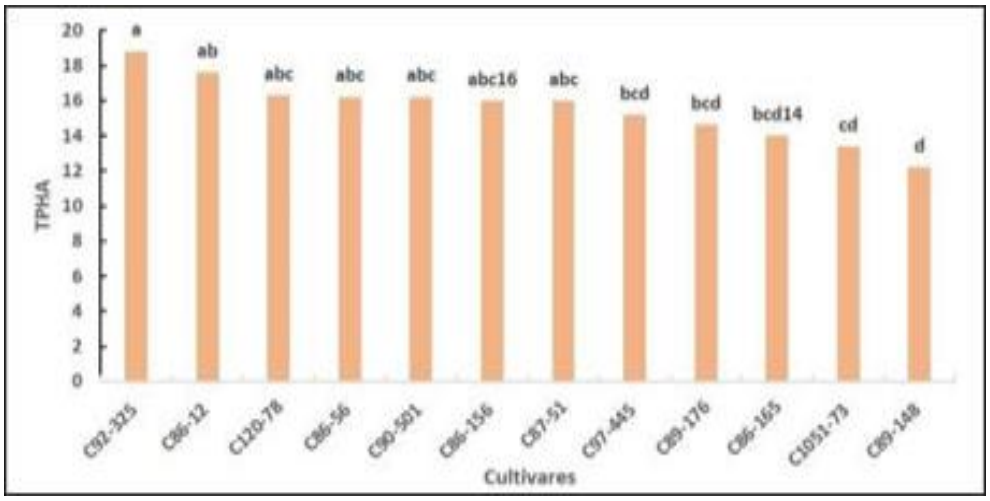


Figura 4. *Rendimiento agroindustrial promedio de los cultivares evaluados. Letras desiguales difieren significativamente según prueba de Tuckey (p<0,05).*

La plantación en las áreas ganaderas de las variedades más destacadas en este estudio permitirá paliar el déficit de pastos principalmente en el período poco lluvioso del año y por lo tanto contribuiría a mejorar los indicadores productivos de la masa bovina siempre que se haga un uso correcto de esta fuente de forraje a la hora de suministrarla.

CONCLUSIONES

En las condiciones de sequía los cultivares ´C86-12´, ´C86-56´, ´C86-156´, ´C87-51´, ´C90-501´, ´C92-325´ y ´C120-78´ mostraron los mejores comportamientos. Es de destacar que la C86-12, C87-51 y C90-501 tienen una alta digestibilidad de la materia seca; lo que demuestra sus excelentes condiciones para ser extendidas en la ganadería.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA). (2017). Enfrentamiento al cambio climático en la 132 República de Cuba. Documento Rector. La Habana.

Espinoza, F. (2019). Caña De Azúcar: Manual Técnico. Paraguay, Instituto Paraguayo de Tecnología Agraria (IPTA).

Fernández, Y., Ramírez, H., Pedraza, R., Guevara, R., Llanes, A., Montalvan, J., Torres, I., & Noy, A. (2014). USE OF 135 (SACCHARUM SPP.) SUGARCANE AS ANIMAL FOOD IN CARLOS MANUEL DE CÉSPEDES MUNICIPALITY. 136 *Centro Azúcar Journal*, *41*(2).

Fernández, Y., Torres, I., Montalván, J., Hermida, Y., Montes, D., Rivera, A., & Fernández, Y. (2019). Caracterización 138 fenológica y producción de biomasa de 12 variedades de caña de azúcar para la alimentación bovina. Agrisost, 25(3), 1-7.

González, R.M. (2019). Variedades de caña de azúcar cultivadas en Cuba. Cronología, legislación, metodologías y conceptos 140 relacionados. La Habana, ICIDCA.

Hernández, A., Bosch, D.; Pérez J.M. y Castro, N. (2015). Clasificación de los suelos de Cuba (1ra edición). La Habana, Cuba. 142 INCA-IS. ISBN: 978- 959- 7023- 77- 7.

Lamela, C.; García, S.; Fonseca, J.; González, R.M.; Pérez, J.R.; Vidal, M.L. y Álvarez, L. (2019). Variedades de caña de azúcar 144 y el coeficiente de respuesta al agua. En: González, R.M. (ed.) Variedades de caña de azúcar cultivadas en Cuba. Cronología, 145 legislación, metodologías y conceptos relacionados. La Habana, ICIDCA. 123- 131. ISBN: 978- 959- 7165-58- 3.

Milanés, N. (1978). Variabilidad de los criterios del rendimiento de la caña de azúcar. Tesis en opción al grado científico de 147 Doctor en Ciencias Agrícolas. Universidad de la Habana, La Habana.

Molina, A., Leal, P., Vera, A., Milanés, N., Pedroso, D., Torres, V., Traba, J y Tomeu, A. (2000). Valor forrajero para la 149 ganadería de variedades comerciales de caña de azúcar. VI Congreso Internacional sobre Azúcar y Derivados de la Caña. 150 Diversificación 2000.La Habana, Cuba, pp. 33-34.

Pérez, F. y Fernández, F. (2006). Métodos analíticos para azúcar crudo. Instituto Cubano de Investigaciones Azucareras, 152 ICINAZ. MINAZ. Publicaciones azucareras. 37-81.

Planos, E.; Rivero, R. y Guevara, V. (2013). Impacto del Cambio Climático y Medidas de Adaptación en Cuba. Instituto de 154 Meteorología, Agencia de Medio Ambiente, CITMA: AMA.

Roque, R. y Lamelas, C.J. (2013). Riego y drenaje. En: Pérez, H.; Santana, I.; Rodríguez, I. (eds.). Manejo sostenible de tierras 156 en la producción de caña de azúcar. La Habana, AZCUBA-INICA. ISBN: 978- 9942- 24- 031-6.

Salazar, J., Trejo, L.I., Valdez, A., Sentíes, H.E., Rosas, M., Gallegos, J., Gómez, F.C. (2017). Caña de azúcar (Saccharum spp.) 158 en la alimentación de rumiantes: experiencias generadas con cañas forrajeras. Agroproductividad, 10 (11), 70-75.



BMA-12. Procedimientos para la realización de los diseños en parcelas ganaderas del proyecto IRES en el municipio de Jobabo provincia Las Tunas.

F. B. Ugarte Pavón[1*], *P. R. Rodríguez Coba*[2], *N. Valdés Rodríguez*[3]

[1,2,3]Grupo Agroforestal Cuba, Proyecto IRES, Unidad municipal Jobabo, Las Tunas, Cuba

[*]Correspondencia a: braulliougarte72@gmail.com

INTRODUCCIÒN

El desarrollo ganadero en Cuba, constituye una necesidad emergente para lograr producciones sostenibles que aporten de forma significativa a lograr la soberanía alimentaria así como para disminuir importaciones en este sector tan susceptible, en otro orden es importante con medidas organizativas que no dependan en nada de utilizar presupuestos que puedan limitar esta tarea, y que si pueden hacer su aporte significativo solo por la vía de lograr una organización más ajustada a las condiciones actuales.

Por otra parte, el trabajar al amparo de un proyecto con prioridad en la mitigación de efectos de cambio climático, van a constituir uno de los retos en aras de lograr una humanidad más protegida, ante consecuencias tales como el aumento de la temperatura media del planeta, crecimiento del nivel del mar, deshielo de los casquetes polares y los glaciares, los cambios en las corrientes oceánicas y en los patrones del clima (Hartmann et al., 2013).

Los sistemas silvopastoriles (SSP), representan una alternativa de adaptación y mitigación al cambio climático, logrando la combinación de árboles y pastos, los que, al sustentarlos sobre una correcta distribución de sus estructuras, no cabe dudas de que los resultados a esperar tienen que superar los que hoy se muestran.

La capacitación de nuestros productores ganaderos es otra de las aristas que debe aportar al objetivo de los incrementos sostenibles de la producción, no solo de leche, sino de carne, y derivados, incluido la industria de la talabartería, el calzado, etc.

Es necesario en este empeño, lograr un trabajo armónico con los productores demostrando y convenciendo de la importancia que tiene realizar un diseño de sus parcelas y sitios que permitan un mejor manejo de la masa ganadera, disminuyendo condiciones adversas, y con ello elevando indicadores productivos, sin hacer mayores inversiones, es decir solo trabajando en la parte organizativa.

El incremento en la productividad primaria del agroecosistema ganadero al tener más árboles, arbustos forrajeros, arvenses y pastos contribuye a mitigar el cambio climático a través de varios mecanismos (Murgueitio et al., 2013)

En América Latina, existen sistemas de producción que demuestran la importancia de tener sistemas ganaderos tropicales compatibles con los conceptos del desarrollo sostenible (Ibrahim et al., 2006), que sean amigables con el manejo de la diversidad biológica.

El municipio de Jobabo, al sur de la provincia de Las Tunas, beneficiado por el proyecto IRES (Incremento de la Resiliencia climática en ecosistemas Agrícolas de la república de Cuba) por encontrarse entre los 7 municipios más vulnerables a los efectos del cambio climático en Cuba, contando con un área beneficiada por IRES de 7815 ha, de ellas unas 4913 ha dedicadas a la ganadería incorporadas a módulos con sistemas silvapastoriles.

El presente trabajo propone los procedimientos para la realización de los diseños en parcelas ganaderas del proyecto IRES en el municipio de Jobabo en la provincia de Las Tunas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realiza en parcelas y sitios ganaderos del proyecto IRES en el municipio de Jobabo realizando entrevistas a productores en recorridos por sus áreas, realizando charlas de carácter técnico, y buscando las mejores opciones para diseñar las unidades, con la utilización de programas de computación (Qjis y Paint), quedando geolocalizadas las instalaciones a ejecutar, así como la ubicación de las fuentes de abasto, bebederos y cuartones.

RESULTADOS

Propuesta de los procedimientos a seguir para realizar el diseño de las parcelas y sitios.

1. Selección de los sitios.
2. Visita y recorrido por el sitio.
3. Entrevista con el productor.

4. Trazado manual.
5. Geolocalización por programa Qjis.
6. Cálculos.
7. Replanteo por programa Paint.
8. Conclusión del trabajo.

CONCLUSIONES

1. El proyecto IRES contribuye a la mitigación de los efectos del cambio climático en los ecosistemas silvopastoriles de Cuba con la implementación de sus módulos.
2. Es posible incrementar de forma sostenible las producciones pecuarias con diseños que organizan los sitios ganaderos del proyecto IRES.

ANEXOS

1. VISITA A SITIOS

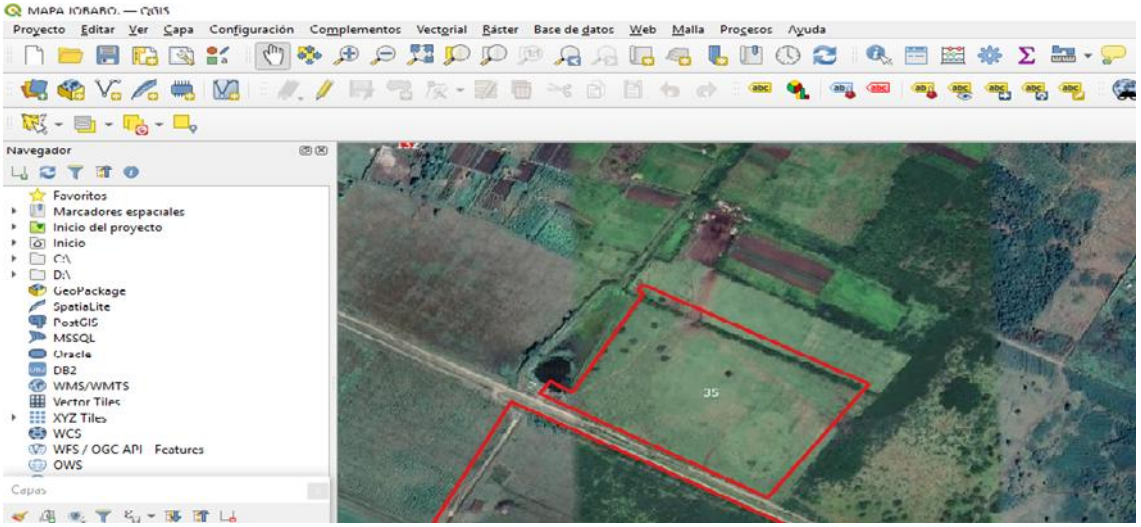




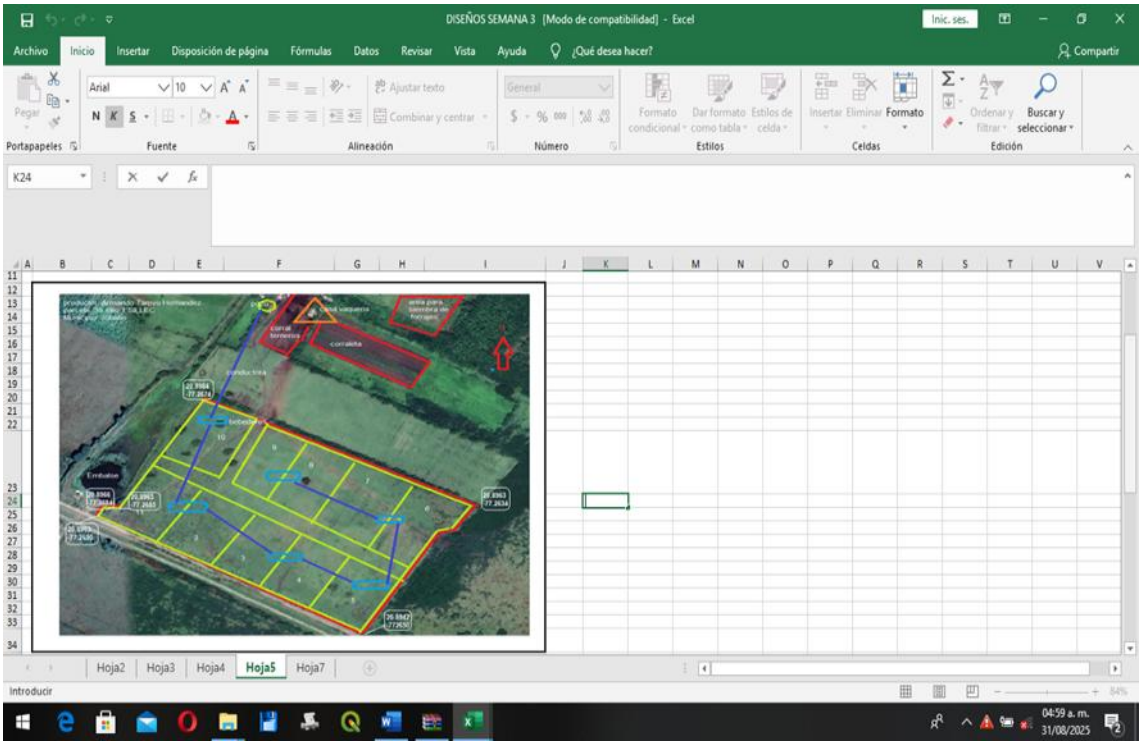
2. ENTREVISTAS



3. GEOLOCALIZACION.



4. CÁLCULO, REPLANTEO Y RESULTADO FINAL.



SILVOPAT – 2025 | ICA | ISBN: 978-959-7171-88-1 | Cu-ID: https://cu-id.com/book/978-959-7171-88-1



BMA-13. Comportamiento alimentario de cabras en pastoreo intensivo en agroecosistemas con *Dichrostachys cinerea* (L.) Wight & Arn.

Feeding behavior of goats under intensive grazing in agroecosystems with *Dichrostachys cinerea* (L.) Wight & Arn.

G. Pérez-Hernández[1]; A. Rizo-Borrego[1]; M. Soca-Pérez[1]; A. L. Schmitt-Filho[2]; O. C. Toral-Pérez[1]; M. A. Benítez-Alvarez[1]; Y. Armas-Caloto[1]; Y. Milián-Sánchez[1]; D. Tortoló Betancourt[1]; F. Hernández-Acosta[1] y L. C. Rodríguez-Rodríguez[1]*

[1] Estación Experimental de Pastos y Forrajes *Indio Hatuey*, Universidad de Matanzas, Ministerio de Educación Superior, Central España Republicana CP 44280, Matanzas, Cuba

[2] Laboratório de Sistemas Silvipastoris e Restauração Ecológica - LASSre/UFSC, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Florianópolis, Brasil

[*]Correspondencia a: gabyph08@gmail.com

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar el comportamiento alimentario de cabras en pastoreo intensivo en agroecosistemas con marabú (*Dichrostachys cinerea* (L.) Wight & Arn), se desarrolló la presente investigación en la finca *El Renacer,* ubicada en el municipio Perico, Matanzas, Cuba. Se seleccionaron tres cabras adultas sanas para observar su comportamiento alimentario durante tres horas diarias, en el período poco lluvioso y se replicó en tres momentos dentro de la época. Se identificaron con cintas de diferentes colores, se utilizaron cronómetros y binoculares. Se registraron siete comportamientos, agrupándolos en activos y pasivos. Las cabras realizaron 121 observaciones relacionadas con el comportamiento alimentario, lo que constituye el 67,2 % del total de comportamientos registrados. El consumo de pastos (43,9 %) fue mayor al ramoneo de las plantas de marabú (23,3 %). Se registraron otras observaciones entre ellas: descanso de pie, rumia tanto en posición echada como de pie, exploración del entorno e interacción social. Estos comportamientos facilitan la observación del entorno y la detección de oportunidades de alimentación. Se observó una diversidad de especies vegetales (9) consumidas por las cabras, pertenecientes a las familias Poaceae, Fabaceae y Malvaceae. Siendo las más representadas *Paspalum notatum* Flüggé (15,96 %) y *D. cinerea* (37,13 %). Los resultados muestran que las cabras dedican una gran cantidad de tiempo a actividades relacionadas con la alimentación. También se destaca la exploración del entorno, la rumia y el descanso de pie. El comportamiento activo fue mayor, con un 85 % de las observaciones totales, con respecto al comportamiento pasivo.

Palabras clave: *sistema de pastoreo, producción caprina, alimentación, marabú, observaciones.*

ABSTRACT

To evaluate the feeding behavior of goats intensively grazed in agroecosystems with marabou (Dichrostachys cinerea (L.) Wight & Arn), this study was conducted at the El Renacer farm, located in the Perico municipality, Matanzas, Cuba. Three healthy adult goats were selected to observe their feeding behavior for 3 hours daily during the dry season, and the observations were replicated at three different time points within the season. They were identified with colored ribbons, and stopwatches and binoculars were used. Seven behaviors were recorded, grouped into active and passive. The goats made 121 observations related to feeding behavior,

which constituted 67.2% of the total behaviors recorded. Pasture consumption (43.9%) was greater than browsing of marabou plants (23.3%). Other observations recorded included: standing resting, rumination both lying down and standing, environmental exploration, and social interaction. These behaviors facilitate observation of the environment and detection of feeding opportunities. A diversity of plant species (9) was observed consumed by goats, belonging to the Poaceae, Fabaceae, and Malvaceae families. The most represented were Paspalum notatum Flüggé (15.96%) and D. cinerea (37.13%). The results show that goats spend a large amount of time on feeding-related activities. Environmental exploration, rumination, and standing rest were also highlighted. Active behavior was greater, accounting for 85% of total observations, than passive behavior.

Keywords: *grazing system, goat production, feeding, marabou, observations.*

INTRODUCCIÓN

La ganadería caprina juega un papel muy importante en la economía y el sustento de las familias de escasos recursos, ya que las cabras son capaces de transformar los forrajes de baja calidad en productos de gran valor biológico como la leche, la carne y sus derivados. Además, por sus características de adaptabilidad, bajos costos en la crianza y fácil manejo (Pesántez y Sánchez, 2021). Según datos de la FAO (2022) esta especie supera los 1 300 millones de cabezas, de los cuales más del 50 % se encuentran en regiones áridas y semiáridas de los continentes asiático y africano (Ramos-Martínez *et al.,* 2020).

Se estima que para el año 2050 la población humana aumente a 10 mil millones y como consecuencia se intensifique la demanda de alimentos. En este contexto, la FAO sugiere que los caprinos pueden desempeñar un papel importante en el apoyo a la seguridad alimentaria, sobre todo en regiones vulnerables afectadas por la pobreza extrema, la sequía e inundaciones (Lu, 2023). Se prevé que los caprinos se adapten mejor a las consecuencias negativas del cambio climático, debido a su comportamiento alimentario, aptitud para producir en regiones áridas, eficiencia en la conversión alimentaria, alta resistencia a las enfermedades y a su potencial para emitir menor cantidad de gases de efecto invernadero, como el metano (CH4), en comparación con otros rumiantes (Koluman, 2023).

La eficiencia alimenticia de las cabras les permite sostenerse en entornos con recursos limitados, donde otras especies de ganado no serían viables económicamente. Son una especie que pueden cambiar con facilidad sus hábitos alimentarios. Esta habilidad se debe a los mecanismos anatómicos y fisiológicos que posee. Entre ellos: la capacidad de pararse en dos patas (para ramonear), la hipsodoncia para detectar abrasividad (anatomía bucal), presencia de proteínas salivares unidas a taninos, flora del tracto digestivo adaptada a plantas taníferas y capacidad de reciclar urea en el rumen. Las cuales le permiten a esta especie digerir de manera eficiente los alimentos (Ackermans *et al.,* 2019; Torres-Fajardo *et al.,* 2019; Schmitt *et al.,* 2020).

El uso de las cabras no solo puede ayudar a estabilizar los ingresos de los agricultores, sino también a mejorar la sostenibilidad global de las granjas, al integrar prácticas que maximizan la utilización de los recursos locales sin comprometer la salud ambiental o la biodiversidad (Jamelli *et al.,* 2021; Chebli *et al.,* 2022; Nóbrega *et al.,* 2023). La utilización de plantas nativas en la alimentación de cabras no solo mejora la eficiencia alimentaria y la salud del ganado, sino que también contribuye a la conservación de la biodiversidad local y la resiliencia de los sistemas agroecológicos en regiones con recursos limitados (Miraba, 2022).

Entre las especies localmente adaptadas se encuentra el marabú (*Dichrostachys cinerea* (L.) Wight & Arn), leguminosa perteneciente a la familia Fabaceae, es un arbusto o árbol pequeño

de múltiples tallos tortuosos, con numerosas ramificaciones gruesas y finas, con una apariencia espinosa que suelen formar entramados impenetrables, prospera en entornos semiáridos con poca lluvia y es resistente a la sequía. Considerada una de las especies invasoras más problemáticas en los ecosistemas cubanos. Su proliferación incontrolada ha transformado paisajes enteros, afectando la agricultura, la biodiversidad y la economía del país (Martínez-Sáez y Estévez-Alfayate, 2020; Hernández, 2025). A pesar de todas estas negatividades, ofrece múltiples oportunidades para ser utilizada en la alimentación del ganado ovino-caprino por ser una fuente de alimento proteico. Su uso ha sido fundamentalmente en sistemas extensivos (Chávez *et al.,* 2022).

OBJETIVO

Evaluar el comportamiento alimentario de cabras en sistemas de pastoreo intensivo en agroecosistemas con marabú (*Dichrostachys cinerea* (L.) Wight & Arn).

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización: La investigación se realizó en la finca *El Renacer,* del propietario *Carlos Rivero* perteneciente a la Cooperativa de Crédito y Servicios (CCS) *Ramón Rodríguez Milián* (Fig. 1). La finca se encuentra ubicada en los 20° 50` de latitud Norte y 79° 32` de longitud Oeste, a una altitud de 19 msnm, en el poblado del Central España Republicana, municipio Perico en la provincia de Matanzas, Cuba.



Fuente: Google Maps

Fig. 1. *Foto satelital de la Finca El Renacer.*



Estas investigaciones fueron auspiciadas por el Proyecto Internacional REA-CUBA. *Rehabilitación ecológica de agroecosistemas invadidos por marabú (Dichrostachys cinerea (L.) Wight & Arn) en Cuba.* Entre la EEPF *Indio Hatuey* y la Universidad Federal de Santa Catarina. Financiado por la Agencia Brasileña de Cooperación.

Caracterización de la finca: La finca está ubicada sobre un suelo ferralítico rojo lixiviado de mediana fertilidad, con un 80 % de arcilla, buenas condiciones de aireación y un pH ligeramente ácido (6,3) (Hernández-Jiménez *et al.,* 2019).

La región en estudio se corresponde a la zona occidental que se caracteriza por un clima tropical, la temperatura media anual es de 25 oC, con una humedad relativa de 60-70 % durante el día y 80-90 % durante la noche. La precipitación media anual es aproximadamente de 1 200 mm.

La finca posee un área total de 53,2 ha, de ellas: 2 ha destinadas al cultivo agrícola para autoconsumo familiar y 51,2 ha dedicadas al pastoreo de bovinos y caprinos. El propósito productivo de la finca es la ceba de toros, la cría de animales en desarrollo y la producción de leche.

Manejo y alimentación del rebaño: Para la investigación se utilizó un sistema de pastoreo, con manejo intensivo. El área de pastoreo estaba delimitada con cerca eléctrica y las plantas de marabú fueron previamente podadas a una altura entre 50 y 100 cm. El pastoreo se inició cuando el rebrote alcanzó aproximadamente entre 70 y 80 cm de altura. Se utilizaron ocho cuartones, con un período de ocupación de dos días y 15 de descanso.

Los animales pastorearon de día y fueron estabulados en el horario nocturno, en instalaciones rústicas donde se le suministró agua y forraje troceado en canoa, a voluntad. El pastoreo inició a partir de las 9:00 am, para evitar afectaciones pódales por el rocío.

Procedimiento experimental: El estudio se realizó durante el período poco lluvioso y se replicó en tres momentos dentro de la época. El rebaño estaba formado por 17 animales adultos de raza criolla, con una edad de seis años. Se seleccionaron al azar tres cabras adultas, clínicamente sanas, que representaron el 18 % de los animales adultos dentro del rebaño.

Para el estudio del comportamiento animal se utilizó la metodología descrita por Portales-Fabregat *et al.* (2024). Las cabras se identificaron con cintas de diferentes colores, para facilitar la evaluación del comportamiento a la distancia, se utilizaron cronómetros para sincronizar los tiempos de muestreo entre los observadores y binoculares para apreciar la actividad natural de los animales sin interferencias.

Participaron tres observadores con experiencia en este tipo de estudio, que registraron las actividades de los animales de manera independiente. Se rotaron los observadores según se muestra en la tabla 1, para garantizar la disminución del error experimental por el factor humano.

Una vez que las cabras salieron del corral, se observó su comportamiento, siguiéndolas en su recorrido desde las instalaciones hasta el área de pastoreo. La observación del comportamiento alimentario se realizó durante tres horas diarias, desde las 9:00 am hasta las 12:00 m, registrando las actividades cada 10 minutos.

Tabla 1. *Rotación de los observadores.*

Días	Observador 1	Observador 2	Observador 2
Día 1	Cabra 1	Cabra 2	Cabra 3
Día 2	Cabra 2	Cabra 3	Cabra 1
Día 3	Cabra 3	Cabra 1	Cabra 2

Mediciones experimentales: Se evaluaron siete comportamientos en los animales, los cuales fueron: consumo de pasto, descanso de pie, rumia echados, rumia de pie, ramoneo, exploración del entorno y actividad social. Se agruparon en comportamientos activos: el consumo en pastoreo, el consumo en ramoneo y comportamiento social. Mientras que, se consideraron como comportamiento pasivo: descanso de pie, rumia echada, rumia de pie, dormir y descanso echado.

Para la determinación de la composición florística del pastizal y la identificación de las especies vegetales consumidas por las cabras, se utilizó el método de los pasos descrito por Anon (1980). Después de haber recorrido el cuartón se trazaban dos diagonales y se tomaban 100 observaciones.

Análisis estadístico: Los datos fueron registrados en hojas de cálculo de Microsoft® Excel® para realizar sus respectivos análisis.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la figura 2 se presentan los resultados del análisis del comportamiento alimentario de las cabras en un sistema de pastoreo intensivo en agroecosistemas con marabú, mostrando una amplia gama de actividades asociadas con la alimentación y la conducta general de los animales. Las cabras realizaron 121 observaciones relacionadas con la búsqueda y consumo de alimentos, lo que constituye el 67,2 % del total de los comportamientos registrados.

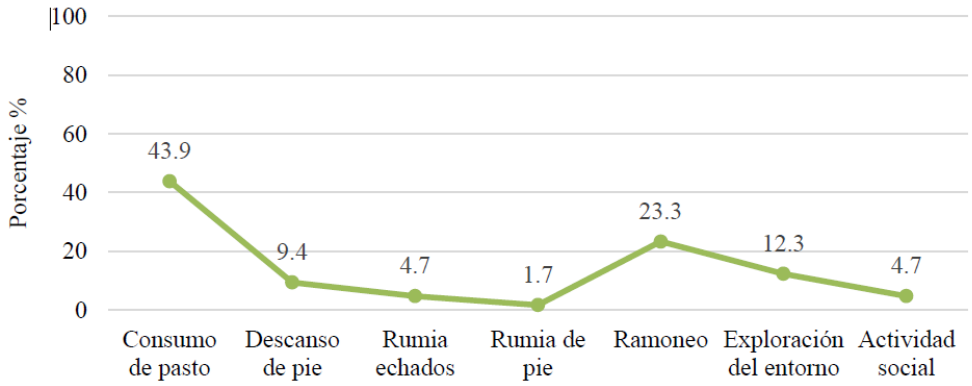


Fig. 2. *Comportamiento de cabras en pastoreo intensivo en agroecosistemas con marabú.*

El consumo de pastos (43,9 %) fue mayor al ramoneo de las plantas de marabú (23,3 %). La alta frecuencia indica que las cabras están en constante busca de fuentes de alimento verde y fresco, lo cual es coherente con su condición de herbívoros y su necesidad de una dieta variada para cumplir con sus requisitos nutricionales. Resultados similares fueron reportados por Portales-Fabregat *et al.* (2024) al estudiar el comportamiento de cabras bajo sistemas de pastoreo en bosques de matorral.

Una de las aptitudes a destacar en las cabras es la habilidad para ramonear, lo cual les permite obtener los brotes y las hojas aun cuando la planta posee estructuras espinosas para su protección. Su comportamiento dietario de ramoneo y la preferencia por especies de mayor consistencia, desde arbustos duros y leñosos hasta plantas que presentan espinas y de sabor amargo (umbral alto para los amargos), les permite consumir un rango más amplio de especies vegetales e incluso, contribuir al control de especies arbustivas invasoras como el marabú (Pacheco y Jerónimo, 2023).

Es una estrategia que las cabras emplean para acceder a nutrientes específicos o para complementar su dieta con componentes que no pueden obtener fácilmente a través del pastoreo. Esta habilidad subraya la inteligencia adaptativa de las cabras en la búsqueda de nutrientes. La selectividad en la alimentación, y una fuerte preferencia por el ramoneo, permiten a los caprinos reducir los efectos de la variación en la energía y la proteína de la dieta, causada por las condiciones ambientales o de manejo, lo cual constituye de gran importancia para garantizar el consumo de alimento en esta especie y su supervivencia (Landau y Provenza, 2020; Zapata-Campos y Mellado-Bosque, 2021; Triadani *et al.,* 2023).

Se registraron 16 observaciones de descanso de pie, equivalentes al 9,4 % del total. Aunque esta actividad es menos común que el pastoreo, juega un papel fundamental en la supervivencia de las cabras, ya que les permite mantenerse alertas ante posibles peligros mientras, mantienen contacto con el suelo. Además, esta postura facilita la observación del entorno y la detección de oportunidades de alimentación.

En cuanto a la rumia, se contabilizaron 8 observaciones de rumia echada (4,7 %) y 3 de rumia de pie (1,7 %). La rumia, tanto en posición echada como de pie, es esencial para la digestión de las cabras, ayudando a descomponer los alimentos y facilitar la absorción de nutrientes. Esta capacidad de rumiar en diferentes posturas demuestra la versatilidad de las cabras en adaptarse a diversas situaciones, asegurando así su eficiencia digestiva. Resultados similares fueron reportados por Rúa y Tarazona (2023) al evaluar el comportamiento ingestivo de cabras en un sistema de pastoreo controlado de sucesiones naturales en bosque seco tropical.

La exploración del entorno es una parte integral del comportamiento de las cabras, permitiéndoles descubrir nuevas fuentes de alimento y evaluar la seguridad de su entorno. Con 24 observaciones, equivalente al 12,30 % del total, esta actividad demuestra la curiosidad natural de las cabras y su disposición para explorar. En este sentido Triadani *et al.* (2023), plantean que la exploración no solo beneficia a las cabras en términos de alimentación, sino que también les permite adaptarse mejor a su entorno, lo cual es crucial para su supervivencia y bienestar.

Las cabras son animales sociales que disfrutan de la compañía de otros miembros de su rebaño. Aunque la actividad social representa una parte menor del tiempo de las cabras, con 8 observaciones (4,7 % del total), según Zobel y Nawroth (2020), esta actividad es importante para el bienestar emocional de las cabras y para el funcionamiento armonioso del grupo. Esta interacción social permite establecer jerarquías, resolver conflictos y fortalecer la cohesión del rebaño, aspectos fundamentales para la salud física y mental de las cabras.

El comportamiento activo representa el 85 % de las observaciones totales, con una frecuencia de 153 veces (figura 3). La predominancia del comportamiento activo sugiere que las cabras pasan la mayor parte de su tiempo involucradas en actividades que requieren movimiento, búsqueda de alimento y socialización. Esto es consistente con su naturaleza herbívora y su necesidad de explorar y adaptarse a su entorno para encontrar fuentes de alimento y mantener su bienestar.

Mientras que, el comportamiento pasivo fue menos frecuente, con un 15 % de las observaciones totales (27 veces), también juega un papel decisivo en la vida de las cabras. Este comportamiento incluye actividades como el descanso de pie y la rumia. Estas actividades son vitales para la recuperación energética, la digestión y la supervivencia de las cabras, permitiéndoles descansar y procesar la comida ingerida. En esta investigación se apreció la misma tendencia que en los estudios realizados por Portales-Fabregat *et al.* (2024) al estudiar el comportamiento de cabras bajo sistemas de pastoreo en bosques de matorral.

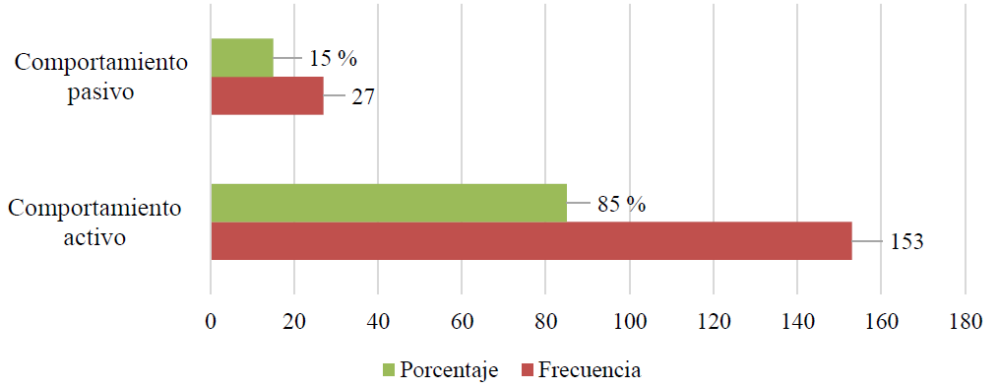


Fig. 3. *Tipos de comportamientos realizados por las cabras durante el pastoreo intensivo en agroecosistemas con marabú.*

La tabla 2 muestra la diversidad de especies vegetales consumidas por las cabras. Las cuales estuvieron representadas por nueve especies, de las familias Poaceae, Fabaceae y Malvaceae. Según Portales-Fabregat *et al.* (2024) esta composición florística del pastizal es propia de la época poco lluviosa (periodo seco) en los sistemas de pastoreo en Cuba, dada las condiciones climáticas.

Tabla 2. *Composición florística del pastizal.*

Familia	Nombre científico	Nombre común	Frecuencia	Porcentaje
Poaceae	*Dichanthium caricosum* (L.) A. Camus	Jiribilla	68	8,03
Poaceae	*Dichanthium annulatum* (Forssk.) Stapf.	Pitilla	60	7,09
Poaceae	*Paspalum notatum* Flüggé	Alpargata	135	15,96
Poaceae	*Megathyrsus maximus* (Jacq.) B.K. Simon & S.W.L. Jacobs	Guinea	63	7,45
Poaceae	*Cynodon dactylon* (L.) Pers	Bermuda	26	3,07
Fabaceae	*Mimosa pudica L.*	Dormidera	42	4,96
Fabaceae	*Dichrostachys cinerea* (L.) Wight & Arn	Marabú	314	37,13

Fabaceae	*Eutaxia myrtifolia* (Sm.) R. Br	Tocino	38	4,49
Malvaceae	*Malva sylvestris L.*	Malva	100	11,82
Total de observaciones			**846**	**100**

Las cabras hacen un alto consumo de estas especies, lo que muestran su capacidad de adaptación y preferencia por la vegetación disponible. Además, le permite aprovechar recursos forrajeros como la dormidera y el marabú. Este comportamiento está relacionado según Torres-Fajardo *et al.* (2019) y Schmitt *et al.* (2020), dada su anatomía bucal (hipsodoncia para detectar abrasividad), presencia de proteínas salivares unidas a taninos y flora del tracto digestivo adaptada a plantas taníferas. Las cuales le permiten a esta especie digerir de manera eficiente estos alimentos.

De ahí que, la importancia de este estudio radica en su capacidad para proporcionar una base científica sólida que pueda guiar a los productores caprinos en la implementación de prácticas alimentarias más sostenibles y eficaces. Así como incrementar la productividad agrícola, fortalecer la sostenibilidad ambiental, y ofrecer un modelo replicable y adaptativo para otras regiones con desafíos similares.

CONSIDERACIONES GENERALES

Los resultados muestran que las cabras dedican una gran cantidad de tiempo a actividades relacionadas con la alimentación (consumo de pastos y ramoneo). También se destaca la exploración del entorno, la rumia y el descanso de pie. El comportamiento activo fue mayor, con un 85 % de las observaciones totales, con respecto al comportamiento pasivo. Las cabras pasan la mayor parte de su tiempo involucradas en actividades que requieren movimiento, búsqueda de alimento y socialización, lo que muestra su capacidad de adaptación.

La diversidad de especies vegetales consumidas por las cabras durante el periodo poco lluvioso, refleja una adaptación eficiente a los recursos disponibles, permitiéndoles explotar una amplia gama de plantas para satisfacer sus necesidades nutricionales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ackermans, L. N., Martín, F. L., Hummel, J., Muller, D. W. H., Clauss, M., Hatt, J. M. 2019. Feeding selectivity for diet abrasiveness in shep and goats. *Small Ruminant Research.* 175:160-164. DOI: https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2019.05.002.

Anon. 1980. Muestreo de pastos. Taller del IV Seminario Científico de la EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. 44 p.

Chávez, M., Cantú, I., Gonzales, H., Montañez, O. 2022. Sistemas de producción de pequeños rumiantes en México y su efecto en la sostenibilidad productiva. *Revista MVZ Córdoba*. 27(1). Doi: https://doi.org/10.21897/rmvz.2246

Chebli, Y., El Otmani, S., Hornick, J., Kelli, A., Bindelle, J., Cabaraux, J., Chentouf, M. 2022. Forage availability and quality, and feeding behaviour of indigenous goats grazing in a Mediterranean silvopastoral system. *Ruminants*. 2(1):74-89. https://doi.org/https://doi.org/10.3390/ruminants2010004

FAO. 2022. Cultivos y productos de ganadería. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL

Hernández, H. 2025. El Marabú en Cuba: invasión, impacto y desafíos para su control. *Tocororo Cubano*. https://tocororocubano.com/el-marabu-en-cuba-invasion-impacto-y-desafios-para-su-control/

Hernández-Jiménez, A., Pérez-Jiménez, J. M., Bosch-Infante, D., Speck, N. 2019. La clasificación de suelos de Cuba: énfasis en la versión de 2015. Cultivos Tropicales, Vol. 40, No. 1, a15-e15.

Jamelli, D., Bernard, E., Melo, F. 2021. Habitat use and feeding behavior of domestic free-ranging goats in a seasonal tropical dry forest. *Journal of Arid Environments*. 190:104532. https://doi.org/doi.org/10.1016/J.JARIDENV.2021.104532

Koluman, N. 2023. Goats and their role in climate change. *Small Ruminant Research.* 228:1-5. https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2023.107094.

Landau, S. Y., Provenza, F. D. 2020. Of browse, goats, and men: Contribution to the debate on animal traditions and cultures. *Applied Animal Behaviour Science*, 232, Article 105127. https://doi.org/10.1016/j.applanim.2020.105127

Lu, C. D. 2023. The role of goats in the world: Society, science, and sustainability. *Small Ruminant Research* 227:1-12. https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2023.107056.

Martínez-Sáez, S., Estévez-Alfayate, J. 2020. El Marabú (*Dichrostachys cinerea*) como planta medicinal. *Revista de Producción Animal*. 32(3). https://revistas.reduc.edu.cu/index.php/rpa/article/view/e3526



Miraba, H. 2022. Comportamiento productivo de caprinos criollos en sistema extensivo con suplementación alimenticia, comuna San Marcos-provincia de Santa Elena. Universidad Estatal Península de Santa Elena. https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/8761/4/UPSE-TIA-2022-0052.pdf

Nóbrega, J., Bruno, R., Silva, L., Medeiros, A., Andrade, A., Magalhaes, A., Lima, C. 2023. Seed recovery of native plant species of the Caatinga biome ingested by goats and its effect on seed germination, in Brazilian semiarid region. *Arid Land Research and Management*. 38:109 - 121. https://doi.org/https://doi.org/10.1080/15324982.2023.2235316

Pacheco, H. A., Jerónimo, H. D. I. 2023. Alimentación de pequeños rumiantes en pastoreo del trópico. *Brazilian Journal of Development.* 9(12): 31017-31039. https://doi.org/10.34117/bjdv9n12-030

Pesántez, M., Sánchez, D. 2021. La Caprinocultura en Ecuador: Un sector próspero y emergente. *Colaboración de la International Goat Association (IGA)*. 68-72. https://doi.org/https://www.igagoatworld.com/uploads/6/1/6/2/6162024/tierras_caprinas_ecuador_abril_2021.pdf

Portales-Fabregat, D. A., Sánchez-Santana, T., Pérez-Rodríguez, Y., Díaz de Villega, Á. C., Rizo-Alvarez, M., Prieto-Duarte, J. L., Frómeta-Milanés, C., Array-Arteaga, Y. 2024. Comportamiento alimentario de cabras en un sistema de pastoreo en bosque matorrales en el Circuito Sur Cumanayagua, Cienfuegos. En: Memorias. Convención Internacional Agrodesarrollo´2024. *Mildrey Soca y Nayda Armengol* (Editores). EEPF *Indio Hatuey*. ISBN: 978-959-7138-51-8. p: 1430 – 1437.

Ramos-Martínez, J. Salinas-González, H. Medina-Elizondo, M. Figueroa-Viramontes, U., Maldonado-Jáquez, J. 2020. La organización y agrupación como eje toral para el diseño de esquemas de atención a caprinocultores en el norte de México: Estudio de caso. *Abanico veterinario*. 10(1):1-19. http://dx.doi.org/10.21929/abavet2020.13

Rúa, C. V., Tarazona, A. 2023. Comportamiento ingestivo de cabras en un sistema de pastoreo controlado de sucesiones naturales en bosque seco tropical. *Spei Domus*. 19(1): 1-14. doi: https://doi.org/10.16925/2382-4247.2023.01.02

Schmitt, M. H., Ward, D., Shrader, A. M. 2020. Salivary tannin-binding proteins: a foraging advantage for goats? *Livestock Science*. 234:103974. https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.103974

Torres-Fajardo, R. A.; Navarro-Alberto, J. A.; Ventura-Cordero, J.; González-Pech, P. G.; Sandoval-Castro, C. A., Chan-Pérez, J. I. 2019. Intake and selection of goats grazing heterogeneous vegetation. Effect of gastrointestinal nematodes and condensed tannins. *Rangeland Ecology & Management.* 72 (6):946-953. DOI: https://doi.org/10.1016/j.rama.2019.08.002

Triadani, C. O. E.; Suarez, L, F., Sánchez, D. L. M. 2023. Alimentación de las cabras (Parte 3 – Pasturas, pastoreo, ramoneo, productividad forrajera, determinación de la carga animal, cálculo de la oferta forrajera). Boletín INTA Nº 09. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). INTA - EEA Manfredi – AER Villa de María de Río Seco, Córdoba- República Argentina. ISSN: 2684 – 0480. https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/handle/20.500.12123/15091

Zapata-Campos, C. C., Mellado-Bosque, M. A. 2021. La cabra: selección y hábitos de consumo de plantas nativas en agostadero árido. *CienciaUAT.* 15:2 169-185. https://doi.org/10.29059/cienciauat.v15i2.1409

Zobel, G., Nawroth, C. 2020. Current state of knowledge on the cognitive capacities of goats and its potential to inform species-specific enrichment. *Small Ruminant Research.* 192:106208. https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2020.106208

BMA-14. Caracterización morfológica de accesiones de *Cenchrus purpureus* obtenidas por cultivo de tejidos del banco de germoplasma del Instituto de Ciencia Animal

Morphological characterization of *Cenchrus purpureus* accessions obtained by tissue culture from the germplasm bank of the Institute of Animal Science

R.S. Herrera García[*]

Instituto de Ciencia Animal Carretera Central km 47½ San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba

[*]Correspondencia a: rherrera48@gmail.com

RESUMEN

El Instituto de Ciencia Animal dispone de un banco de germoplasma con las accesiones de *Cenchrus purpureus* obtenidas mediante la biotecnología, mutagénesis física e hibridización. El objetivo del presente trabajo fue realizar la caracterización morfológica de todas las accesiones obtenidas por el primer método. Se utilizó la información de los experimentos de campo, donde se evaluaron las accesiones durante varios años en ambas estaciones climáticas. Se determinaron los estadígrafos de posición y dispersión. En el período poco lluvioso la altura registró un valor medio de 96 cm, su coeficiente de variación fue de 44% y la varianza de 2004; para la longitud de la hoja los valores fueron de 72 cm, 113% y 407, respectivamente mientras que para el rendimiento de MS los valores fueron 3.39 t/ha, 174% y 4, respectivamente. En el periodo lluvioso los valores fueron, en ese mismo orden, para la altura 101 cm, 132% y 2535, respectivamente; para la longitud de la hoja fueron 90 cm, 142% y 266, respectivamente y para el rendimiento de MS fueron 6.86 t/ha, 118% y 4, respectivamente. Se demostró la variabilidad obtenida y permite la selección de las accesiones para producción y calidad de la biomasa, así como tolerancia a la sequía y salinidad.

Palabras clave*: genofondo, indicadores agronómicos, biotecnología, cultivo de tejidos*

ABSTRACT

The Animal Science Institute has a germplasm bank with *Cenchrus purpureus* accessions obtained through biotechnology, physical mutagenesis and hybridization. The objective of this work was to carried out the morphological characterization of all the accessions obtained by the first method. Information from field experiments was used where accessions were evaluated over several years in both climatic seasons. Position and dispersion statistics were determined. During the dry season, height averaged was 96 cm, with a variation coefficient of 44% and 2004 of variance; leaf length values were 72 cm, 113%, and 407, respectively and DM yield values were 3.39 t/ha, 174%, and 4%, respectively. In the rainy season the values were, in the same order, for height 101 cm, 132% and 2535, respectively; for leaf length they were 90 cm, 142% and 266, respectively and for DM yield they were 6.86 t/ha, 118% and 4 respectively. The variability obtained was demonstrated and allows the selection of accessions for biomass production and quality, as well as tolerance to drought and salinity.

Keywords: *genetic background, agronomic indicators, biotechnology, tissue culture*

INTRODUCCION

A mediados de la década del 80 del pasado siglo en el Instituto de Ciencia Animal se comenzó a desarrollar el programa de mejora genética de *Pennisetum purpureum* (en la actualidad *Cenchrus purpureus*) mediante la biotecnología, la mutagénesis física y química, y la hibridación empleando la semilla agámica y gámica de King grass que en aquel momento era la más difundida en el país (Herrera y Martínez 2015).

Las accesiones que se obtuvieron se sometieron a la evaluación inicial en el campo durante un año en ambas estaciones climáticas, para con posterioridad evaluarlas en diferentes ambientes y variadas condiciones ambientales (Herrera 2015, Herrera y Ramos 2015, Martínez *et al.* 2015).

Considerando que la evaluación inicial es el paso determinante para futuras investigaciones, se establecieron los principales indicadores morfológicos y agronómicos que podían determinar las probables diferencias entre las pantas obtenidas.

Por lo antes expuesto, se decidió cuantificar las diferencias entre las accesiones, considerando solo las obtenidas por cultivo de tejidos *in vitro* y algunos indicadores morfológicos fundamentales.



MATERIALES Y MÉTODOS

Se recopiló la información disponible de la evaluación inicial de las accesiones que se obtuvieron en el laboratorio mediante cultivo de tejidos *in vitro* de conos apicales de *Cenchrus purpureus* con diferentes propósitos (producción de biomasa, calidad, tolerancias a la sequía, resistencias a la salinidad y para pastoreo, entre otras). Estas evaluaciones se realizaron en las mismas condiciones ambientales y de manejo. En este análisis no se incluyeron las accesiones obtenidas mediante mutagénesis física y química, así como hibridación.

La información obtenida se procesó y se obtuvieron los estadígrafos valor medio, coeficiente de variación, rango de valores, desviación estándar y varianza de acuerdo con Di Rienzo *et al.* (2012). Se informan los resultados en ambas estaciones climáticas (período lluvioso y período poso lluvioso).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A partir de los resultados obtenidos en las evaluaciones iniciales de la accesiones en condiciones de campo y al tener en cuenta que se tomaron más de 20 indicadores morfológicos, mediante diferentes análisis matemáticos que incluyeron análisis de componente principal se pudo disminuir en número de indicadores a muestrear y que fueran capaces de mostrar las diferencias entre las accesiones con rigor y precisión. En total 11 indicadores cumplieron este objetivo. Estos elementos que demostraron la variabilidad entre accesiones con posterioridad fueron confirmados mediante la determinación electroforética de cinco isoenzimas.

La tabla 1 presenta una secuencia resumida de algunos de los indicadores estudiados y su comportamiento estadístico. Durante el período lluvioso las accesiones mostraron variabilidad en su altura y la diferencia entre los valores máximos y mínimos fue superior a 100cm. El resto de los indicadores estudiados (ancho de la hoja, longitud de la hoja y área foliar) también demostraron las diferencias existentes entre las accesiones. Sin embargo, a pesar que los estadígrafos del rendimiento presentaron los menores valores, en general, también fue un buen indicador para demostrar las diferencias entre las plantas evidenciando que la diferencia entre el mayor y menor valor fue superior a las 10 t MS/ha.

En el período poco lluvioso los indicadores mostraron la variabilidad entre las accesiones en menor cuantía y evidenciaron menor crecimiento, expresado por la altura lo que redundo en menor medida de las hojas y como consecuencia menor rendimiento.

Tabla 1. *Estadígrafos de los indicadores morfológicos estudiados*

Indicador	Estadígrafo					
	Desviación estándar	Media	Coeficiente de variación, %	Varianza	Máximo	Mínimo
	Período lluvioso					
Altura, cm	22	78	170	712	145	43
Ancho hoja, cm	0.5	3	125	0.2	3.7	1.9
Longitud hoja, cm	10	85	149	98	137	71
Área foliar, cm^2	62	233	184	3750	431	146
tMS/ha	3	6.5	36	8	12	1.2
	Período poco lluvioso					
Altura, cm	25	77	51	643	130	40
Ancho hoja, cm	0.8	2	90	0.6	3.5	0.9
Longitud hoja, cm	20	72	113	408	101	32
Área foliar, cm^2	93	172	96	8410	307	27
tMS/ha	1.2	2.6	30	1.4	4	0.9

Estos indicadores morfológicos han sido empleados en la evaluación de accesiones de *Cenchrus* (Díaz 2007, Arias *et al.* 2019) y en diferentes especies de pastos (Ramírez 2010) y los resultados evidenciaron su efectividad para determinar variabilidad morfológica entre plantas independiente de la estación climática y del manejo a que fueron sometidas.

Es importante señalar que el indicador área foliar fue una variable que resultó también apropiada para la identificación de variabilidad entre plantas, sobre todo en aquellos sistemas de explotación en condiciones de sequía, salinidad y otros factores limitantes.

Los resultados señalaron la variación que se produce en los indicadores como consecuencia de los cambios en los indicadores del clima, ya que durante el período poco lluvioso las bajas temperatura, las pobres precipitaciones, duración e intensidad de la luz, entre otros factores limitan el crecimiento y desarrollo de la planta.

CONCLUSIONES

Por lo anterior se considera que en estas condiciones los indicadores morfológicos estudiados son apropiados para conocer las diferencias entre las accesiones obtenidas en el programa de mejoramiento genético desarrollado en la institución.

BIBLIOGRAFIA

Arias, R. C., Reyes, J. J., Ledea, J. L., Benítez, D. G., Ray, J. V., Hernández. L. G. 2019. Respuesta agro productiva de nuevas variedades de *Cenchrus purpureus* Tropical and Subtropical Agroecosystems 22, 79-86.

Díaz, D. 2007. Evaluación agronómica de nuevas variedades de *Pennisetum purpureum* en condiciones de sequía en el Valle del Cauto. Tesis presentada en opción al título de Master en Pastos Tropicales, Univ. Matanzas.

Di Rienzo, J.A., Casanoves, F., Balzarini, M.G., González, L., Tablada, M. Robledo, C.W. 2012. InfoStat. Versión 2012 [Windows]. Grupo InfoStat, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Available: http://www.infostat.com.ar.

Herrera, R.S. 2015. Nuevos clones con tolerancia a la sequía y salinidad. En: Producción de biomasa de variedades y clones de *Pennisetum purpureum* para la ganadería. p. 33-56. Capítulo III. Ed. R.S. Herrera, EDICA, Mayabeque, Cuba.

Herrera, R.S., Martínez, R.O. 2015. Mejoramiento genético. En: Producción de biomasa de variedades y clones de *Pennisetum purpureum* para la ganadería. p. 13-32. Capítulo II. Ed. R.S. Herrera, EDICA, Mayabeque, Cuba.

Herrera, R.S., Ramos, N. 2015. Factores que influyen en la producción de biomasa y calidad. En: Producción de biomasa de variedades y clones de *Pennisetum purpureum* para la ganadería. p. 87-131. Capítulo VI. Ed. R.S. Herrera, EDICA, Mayabeque, Cuba.

Martínez, R.O., Fortes, D. Herrera, R.S. 2015. Empleo del banco de biomasa de *P. purpureum* vc. Cuba CT-115 para solucionar el déficit de alimentos en el período poco lluvioso. En: Producción de biomasa de variedades y clones de *Pennisetum purpureum* para la ganadería. p. 195-229. Capítulo X. Ed. R.S. Herrera, EDICA, Mayabeque, Cuba.

Ramírez, J.L. 2010. Rendimiento y valor nutritivo de cinco gramíneas en el Valle del Cauto. Tesis presentada en opción al grado de Doctor en ciencias Veterinarias. Univ. Granma



BMA-15. Avances en el aislamiento e identificación de bacterias presentes en el cultivo de tejidos de *Cenchrus purpureus* CT-608

Advances in isolation and identification of bacteria in tissue cultures of *Cenchrus purpureus* CT-608

A. Abreu Cruz[1]*; M. A. Mesa Pérez*[1]*; M. Peréz Peréz*[1]*; M. Isidrón Peréz*[1] *y A. R. Hernández Montesinos*[2*]

[1]Universidad Agraria de La Habana "Fructuoso Rodríguez Pérez" (UNAH), Cuba.

[2]Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba.

[*]Correspondencia a: andresraulhm@gmail.com

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo consistió en reportar los avances en el aislamiento e identificación de bacterias presentes en el cultivo de tejidos de *Cenchrus purpureus* CT-608. El estudio se desarrolló en el Laboratorio de Biotecnología de la Universidad Agraria de la Habana. Se empleó fragmentos de colonias de bacterias provenientes de vitroplantas contaminadas y se aislaron en tubos de ensayos con 15 mL de medio Agar Nutriente. Las colonias se describieron según sus características macroscópicas y microscópicas mediante tinción de Gram y microscopio óptico con aumento 1000X. Se evaluaron los descriptores morfológicos: forma celular, tamaño, forma de agrupación, reacción a la tinción de Gram, producción de quistes, producción de cápsula, producción de endosporas. Se determinó la sensibilidad bacteriana al set de antibióticos: Pencillina, Amoxacillina, Ampicillina, Cefalexina, Cefixime, Ceftrioxima, Ácido nalidíxico, Gentamicina y Cloranfenicol. La respuesta a los antibióticos se realizó mediante la técnica de Kirby-Bauer. Se aislaron dos colonias bacterianas con características macroscópicas diferentes, donde se obtuvo un morfotipo Gram + (MF1) y dos morfotipos Gram – (MF2 y MF3) en una de las colonias. Los morfotipos mostraron sensibilidad al Ácido nalidíxico y la Cefalexina, y resistencia a Penicillina, Amoxacillina y Ampicillina. Se aislaron tres morfotipos bacterianos en vitroplantas de *C. purpureus CT-608* con características morfológicas y fisiológicas diversas. Su aparición tardía en el medio de cultivo *in vitro* y su circunscripción alrededor del explante indican que pueden tratarse de microorganismos endófitos del pasto, aspecto que debe comprobarse mediante técnicas de quimiotaxis.

Palabras clave*: colonias, características macroscópicas y microscópicas, endófitos, morfotipos*

ABSTRACT

The objective of this work was to report advances in the isolation and identification of bacteria present in tissue cultures of *Cenchrus purpureus* CT-608. The study was conducted at the Biotechnology Laboratory, Agrarian University of Havana. Bacterial colony fragments from contaminated microplants were isolated in test tubes containing 15 mL of Nutrient Agar medium. Colonies were described macroscopically and microscopically through Gram staining and optical microscopy at 1000X magnification. Evaluated morphological descriptors included: cellular shape, size, grouping arrangement, Gram reaction, cyst production, capsule production, and endospore formation. Bacterial sensitivity to the following antibiotic panel was determined: Penicillin, Amoxicillin, Ampicillin, Cephalexin, Cefixime, Ceftriaxone, Nalidixic Acid, Gentamicin, and Chloramphenicol. Antibiotic response was assessed using the Kirby-Bauer technique. Two bacterial colonies with distinct macroscopic characteristics were isolated, revealing one Gram-positive morphotype (MF1) and two Gram-negative morphotypes (MF2 and MF3) from a single colony. Morphotypes exhibited sensitivity to Nalidixic Acid and Cephalexin, and resistance to Penicillin, Amoxicillin, and Ampicillin. Three bacterial morphotypes with diverse morphological and physiological characteristics were isolated from *C. purpureus* CT-608 microplants. Their late emergence in the *in vitro* culture medium and confinement around explants suggest they may represent grass endophytes a possibility requiring verification through chemotaxis techniques.

Keywords: *colonies, endophytes, macroscopic and microscopic characteristics, morphotypes*

INTRODUCCIÓN

El cultivo de tejidos vegetal es un método biotecnológico que permite producir plantas completas a partir de fragmentos de una planta establecidas en condiciones ambientales controladas, con ausencia de microorganismos asociados, nutrición heterotrófica y recipientes de plástico o vidrio (Suárez, 2020). Dentro de esta técnica biotecnológica podemos encontrar los métodos de micropropagación los cuales tiene un gran potencial comercial debido a su alta tasa de propagación y a su capacidad para producir plantas vigorosas y libres de enfermedades (Castro-Restrepo *et al.*, 2022).

Generalmente, la técnica de micropropagación se realiza en condiciones totalmente asépticas, por lo tanto, las bacterias se han descrito a menudo como contaminantes que pueden provocar la muerte de los tejidos vegetales, ya que compiten por los nutrientes y modifican el medio de cultivo (El-Banna *et al.*, 2021; Romadanova *et al.*, 2022). Sin embargo, debido al conocimiento actual sobre el rendimiento de los microorganismos endófitos y las bacterias asociativas en la promoción del crecimiento y la inducción de tolerancia al estrés, ha aumentado el interés en su uso en algunas etapas de la micropropagación (Soumare *et al.*, 2021).

Cenchrus purpureus (Schumach.) Morrone, llamado hierba elefante, se cultiva en toda la región tropical y subtropical, debido a su alto potencial de acumulación de biomasa, valor nutritivo, vigor y persistencia, lo que la convierte en un forraje de elevada demanda para la alimentación de especies rumiantes (Nguyen *et al.,* 2021). Se ha reportado que esta planta tiene el potencial de asociarse con microorganismos promotores del crecimiento, incluyendo las bacterias diazotróficas endófitas (Vander *et al*., 2021). En este sentido, se aislaron de las raíces de esta especie cuatro géneros bacterianos: *Sphingomonas*, *Bacillus*, *Pantoea* y *Enterobacter*, asociados a la disminución del estrés salino y promoción del crecimiento vegetal (Li *et al*., 2016).

En la actualidad se desarrollan ensayos para optimizar la micropropagación de *C. purpureus* CT-608 mediante segmentos de plantas cultivadas *in vitro*. Como primer paso se realizaron experimentos de desinfección y estableciendo *in vitro*, y seguido se efectuaron estudios para regenerar plántulas por organogénesis directa en el cual se encontraron bacterias asociadas a las vitroplantas. En la literatura no se reportan investigaciones en las que se describan los géneros y especies de bacterias presentes en el cultivo de tejidos de *C. purpureus*. Por lo que, el objetivo del siguiente estudio es reportar los avances en el aislamiento e identificación de bacterias presentes en el cultivo de tejidos de *C. purpureus* CT-608.

MATERIALES Y MÉTODOS

El siguiente estudio se desarrolló en las instalaciones de cultivo de tejidos vegetales pertenecientes al Laboratorio de Biotecnología de la Facultad de Agronomía de la Universidad Agraria de la Habana (UNAH), San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

Material biológico: consistió en bacterias detectadas en plántulas de *C. purpureus* CT-608 cultivadas *in vitro*, obtenidas del segundo subcultivo en experimentos de regeneración. Las plantas se encontraban establecidas en tubos de ensayo con 15 mL de medio de cultivo, en condiciones controladas en cámara de crecimiento con fotoperíodo de 16 h de iluminación y 8 h de oscuridad, humedad relativa de 70 ± 5 %, intensidad lumínica de 45 µmol m^{-2} s^{-1} y temperatura de 25 ± 2 °C.

Aislamiento de bacterias: se extrajo un fragmento de la colonia directamente del tubo de ensayo contaminado y se cultivó en tubos de ensayos con 15 mL de medio Agar Nutriente compuesto por 5,0 g/L de peptona bacteriológica, 1,0 g/L de extracto nutritivo, 2,0 g/L de extracto de levadura, 5,0 g/L de cloruro de sodio y 15,0 g/L de agar, y se le ajustó el pH a 5.7. Después de realizada la siembra se colocaron los tubos en incubación durante 48h a 30 ± 2 °C.

Descripción de las colonias bacterianas: posterior al aislamiento se procedió con la descripción macroscópica de forma visual, para ello se determinó la forma, color, superficie y borde de las colonias de bacterias según lo propuesto en el Manual de Bacteriología de Bergey (Brenner *et al.,* 2006). Seguido se realizó la descripción microscópica para determinar la morfología de las colonias mediante tinción de Gram. Para ello se evaluaron los siguientes descriptores: forma celular, tamaño, forma de agrupación, reacción a la tinción de Gram, producción de quistes, producción de cápsula, producción de endosporas. Las observaciones se realizaron en microscopio óptico con aumento 1000X.

Antibiograma: se determinó la sensibilidad bacteriana al set de antibióticos: Penicillina, Amoxacillina, Ampicillina, Cefalexina, Cefixime, Ceftrioxima, Ácido nalidíxico, Gentamicina y Cloranfenicol. La respuesta a los antibióticos se realizó mediante la técnica de Kirby-Bauer o difusión en disco (Kirby *et al.,* 1966). Para ello, las colonias bacterianas subcultivadas en placa de Petri con medio Agar Nutriente se suspendieron hasta lograr una turbidez estándar de 0.5 en la escala de Mc Farland y se incubaron durante 24 h. Pasado este tiempo se colocaron cinco discos, por placa, impregnados en antibióticos con una separación mínima de 24 mm para evitar interferencias y se incubaron durante 24 h a 35 ± 2 ºC. Se evaluó el ancho del halo de inhibición incluyendo el disco en milímetros (mm) y se comparó con la tabla de puntos de corte Eucast para clasificarlas en sensibles, indiferentes o resistentes.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se aislaron dos colonias bacterianas que aparecieron alrededor de los 30 días de la fase de multiplicación en múltiples réplicas del cultivo *in vitro* de *C. purpureum*. Siempre se presentaron por separado en los tubos de ensayo y se circunscribía su crecimiento a la zona inmediata al explante sin colonizar el resto del medio, no obstante, su presencia no afectaba el desarrollo y crecimiento de las vitroplantas. Este resultado podría indicar que los microorganismos presentes son endófitos y por eso resisten los tratamientos de desinfección aplicados al explante.

Las bacterias en estudio se muestran en la (figura 1 a y b). Primariamente se aislaron dos colonias (figura 1 c y d), las cuales se diferencian entre sí por sus características macroscópicas (tabla 1). Al realizar la observación microscópica de los aislados se comprobó la existencia de dos morfotipos bacterianos en la colonia 1 y un morfotipo en la colonia 2. En la colonia 1 se procedió a su purificación mediante técnica de agotamiento para separar los morfotipos bacterianos aislados los cuales se identificaron como MF1 y MF2, y MF3 en la colonia 2.

La caracterización microscópica muestra un morfotipo Gram + (MF1) y dos morfotipos Gram – (MF2 y MF3) (figura 1 e y f). Predomina la forma bacilar, aunque MF3 presenta una típica forma irregular y arrocelada, típica del Phylum Firmicutes. No hay indicios de presencia de quistes, endosporas o cápsulas en ninguno de los morfotipos aislados. Los tres morfotipos son catalasa + con un marcado metabolismo aerobio (tabla 2).

La sensibilidad a antibióticos mostró sensibilidad al Ácido nalidíxico y la Cefalexina (Rocephin) para los morfotipos MF1 y MF2, y resistencia a Penicillina, Amoxacillina y Ampicillina. El ensayo no se pudo realizar en MF3, ya que no creció después del subcultivo, por lo que no se pudo aplicar los discos con antibióticos.

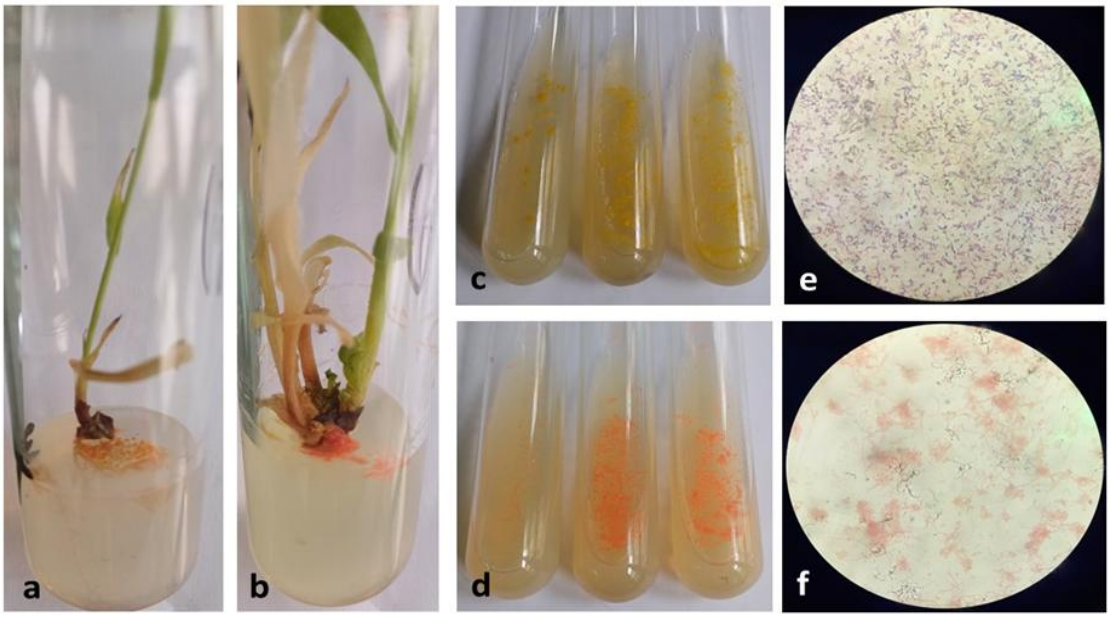


Figura 1. *a. Vitroplantas de C. purpureus CT-608 con crecimiento de las colonias de bacterianas (MF1-MF2). b. Vitroplantas de C. purpureus CT-608 con crecimiento de la colonia de bacteriana MF3. c. Bacterias aisladas en medio Agar Nutriente (MF1-MF2). d. Bacterias aisladas en medio Agar Nutriente (MF3). e. Características microscópicas de los morfotipos MF1 y MF2. f. Características microscópicas del morfotipo MF3.*

Tabla 1. *Descripción macroscópica de las colonias bacterianas aisladas en medio Agar Nutriente.*

Morfotipos hallados en las colonias bacterianas	Descripción macroscópica
MF1	Colonia de tamaño mediano (3-4 mm de diámetro) en 48 horas de crecimiento. Forma circular con tendencia a la irregularidad. Elevación difusa. Borde ligeramente ondulado. Color amarillo intenso. Textura cremosa. Catalasa positiva.
MF2	Colonia de tamaño mediano (3-4 mm de diámetro) en 48 horas de crecimiento. Forma circular con tendencia a la irregularidad. Elevación difusa. Borde ligeramente ondulado. Color amarillo tenue. Textura cremosa. Catalasa positiva.
MF3	Colonia de tamaño mediano (3-4 mm de diámetro) en 48 horas de crecimiento. Forma circular con tendencia a la irregularidad. Elevación difusa. Borde entero. Color naranja intenso. Textura cremosa. Catalasa positiva.

Tabla 2. *Características microscópicas de los morfotipos bacterianos aislados en medio Agar Nutriente.*

Características morfológicas	Morfotipos de bacterias		
	MF1	MF2	MF3
Forma celular	bacilar	bacilar	bacilar
Tamaño	3-4 mm	3-4 mm	3-4 mm
Forma de agrupación	bacilo	bacilo	Irregular, arrocelada
Gram	+	-	-

Los microorganismos endófitos desarrollan parte de su ciclo de vida dentro de una planta. La mayoría colonizan diferentes compartimentos de la planta como el apoplasto, incluyendo los espacios intercelulares de las paredes de las células y los vasos del xilema (Pérez *et al*., 2013). Los métodos de desinfección no siempre eliminan las poblaciones de microorganismos en los tejidos de las plantas *in vitro,* muchos son capaces de permanecer latentes en haces conductores y quedan protegidos de los agentes químicos. Además, existen factores que pueden incidir en la contaminación como son la desinfección deficiente de los explantes, los problemas con la esterilización de los medios de cultivo, los contaminantes ambientales y las deficiencias en la manipulación de las áreas estériles (Chavarría y López, 2010).

El análisis macroscópico, es de gran importancia al momento de caracterizar microorganismos ya que permiten determinar características específicas de las cepas, y constituye el método primario más común para la identificación de los fenotipos de las colonias. Este método se basa en las características macroscópicas observables de las colonias como su tamaño, tipo de colonia, textura, color y apariencia (Bou *et al.*, 2011). Por otra parte, el análisis microscópico evidencia características claves para la identificación bacteriana como son el tipo de pared celular que presenta el microorganismo o la presencia de estructuras distintivas (Mayea *et al*., 2009).

Dentro de estos métodos, la tinción de Gram, permite clasificar las bacterias basado en las diferencias en la composición de la pared celular. Al conocer si las bacterias son Gram-positivo o negativo posibilita la toma de medidas adecuadas para identificar o incluso combatir bacterias en el caso de ser patógenas (Yoshimura *et al*., 2023)

Las células bacterianas pueden variar en forma, y de acuerdo a ello se pueden clasificar en cocos (esféricos), bacilos (cilíndricos, forma varilla), espirilos (espirales o helicales), y filamentos (formas complejas). Conocer la forma de la célula nos brinda información sobre su supervivencia, actividad en el ambiente, y motilidad. En el caso de los bacilos, poseen un área superficial mayor a la tasa de volumen, y pueden obtener nutrientes más eficientes de soluciones diluidas (Slonezewski y Foster, 2010). Además, producen y liberan agua oxigenada (H_2O_2) y ácido láctico, cuyos productos liberados por estas bacterias impiden el desarrollo de otras formas bacterianas y de hongos (Del Re *et al*., 2025).

Los antibióticos son un subgrupo de antimicrobianos con actividad antibacteriana que causan la muerte o inhiben el crecimiento de bacterias y hongos en los medios de cultivo y plantas cultivadas *in vitro* (Hernández y González, 2010). Sin embargo, es importante tener en cuenta que el uso excesivo o inapropiado de antibióticos puede inducir resistencia bacteriana, lo que puede tener efectos negativos en la producción comercial de plantas. Por lo tanto, es importante usar los antibióticos de manera responsable y en combinación con otras medidas de control, como la esterilización adecuada de los medios de cultivo, herramientas y equipos (Sandino y Salmerón, 2024).

Antibióticos como el Ácido nalidíxico y la Ampicillina tienen actividad eficaz frente a un amplio espectro de bacterias Gram negativas (Quetylas y Azonzo, 2015). El Ácido nalidíxico es una quinolona que actúa en el interior de las bacterias y de la girasa del DNA, enzima esencial para el enrollamiento y superenrollamiento del DNA bacteriano, acción que impide su duplicación y favorece su rompimiento (Castro, 2023). Por otra parte, la Penicillina, la Amoxacillina y la Ampicillina inhiben la reproducción, crecimiento, y provoca alargamiento y lisis de las bacterias susceptibles (Martínez *et al*., 2018).

Existen un grupo de bacilos Gram negativos que poseen enzimas que le confiere resistencia a Amoxacillina y Ampicillina, y algunas cefalosporinas de primera generación. Las cefalosporinas de segunda o tercera generación son estables a estas enzimas y pueden, por lo tanto, ser utilizadas como alternativa de tratamiento. Sin embargo, la resistencia de algunos bacilos Gram positivos está predominantemente asociada a cambios estructurales en la pared celular o en componentes citosólicos como los ribosomas y no a mecanismos enzimáticos, haciéndolos resistentes a Penicillina o cefalosporina (Fica, 2014).



CONCLUSIONES

Se aislaron tres morfotipos bacterianos en vitroplantas de *C. purpureus* CT-608 con características morfológicas y fisiológicas diversas. Su aparición tardía en el medio de cultivo *in vitro* y su circunscripción alrededor del explante indican que pueden tratarse de microorganismos endófitos del pasto, aspecto que debe comprobarse mediante técnicas de quimiotaxis.

BIBLIOGRAFÍA

Bou, G., Fernández-Olmos, A., García, C., Sáez-Niet, J. A. & Valdezate, S. 2011. Métodos de identificación bacteriana en el laboratorio de microbiología. Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica, 29(8): 601-608. ISSN 0213-005X. DOI: https://doi.org/10.1016/j.eimc.2011.03.012

Brenner, D. J., Staley, J. T. & Krieg, N. R. 2006. Classification of Procaryotic Organisms and the Concept of Bacterial Speciation. In: Bergey's Manual® of Systematic Bacteriology. pp 27-32. DOI: https://doi.org/10.1007/0-387-28021-9_4.

Castro, A. J. M. 2023. Estudio de la adsorción y degradación fotocatalítica de ácido nalidíxico con catalizador TiO2 Evonik P25. Tesis para obtener el grado de: Maestro en ciencias en Ingeniería Química. Facultad de Ciencias Químicas. Centro de Investigación y Estudios de Posgrado. Repositorio nacional CONACYT. pp 14. URI: https://repositorioinstitucional.uaslp.mx/xmlui/handle/i/8333.

Castro-Restrepo, D., Dominguez, M. I., Gaviria-Gutiérrez, B., Osorio, E. & Sierra, K. 2022. Biotization of Endophytes *Trichoderma asperellum* and *Bacillus subtilis* in *Mentha spicata* Micro Plants to Promote Growth, Pathogen Tolerance and Specialized Plant Metabolites. Plants, 11: 1474. ISSN: 2223-7747. DOI: https://doi.org/10.3390/plants11111474.

Chavarría, D. & López, G. 2010. Micropropagación de ápices caulinares en Plátano (*Musa spp*. AAB) cultivar Cuerno Gigante. Doctoral dissertation, Universidad Nacional Agraria, UNA. pp 55. URI https://repositorio.una.edu.ni/id/eprint/2138.

Del Re, C. L., Rosenberg, C. E. & Madrid, V. G. (2025). Organismos procariotas y eucariotas. En: Biología celular y genética. Capítulo 3. Ed. Universidad Nacional de La Plata (EDULP). Facultad de Ciencias Médicas. pp 36-49. ISBN: 978-950-34-2523-7.

El-Banna, A. N., El-Mahrouk, M. E., Dewir, Y. H., Farid, M. A., Abou Elyazid, D. M. & Schumacher, H. M. 2021. Endophytic Bacteria in Banana *In Vitro* Cultures: Molecular Identification, Antibiotic Susceptibility, and Plant Survival. Horticulturae, 7: 526. ISSN: 2311-7524. DOI: https://doi.org/10.3390/horticulturae7120526.

Fica, C. A. 2014. Resistencia antibiótica en bacilos gram negativos, cocáceas gram positivas y anaerobios. implicancias terapéuticas. Revista Médica Clínica Las Condes, 25(3): 432-444. ISSN: 2531-0186. DOI: https://doi.org/10.1016/S0716-8640(14)70060-4.

Hernández, Y. & Gonzáles, M. 2010. Efecto de la contaminación Microbiana y Oxidación Fenólica en el Establecimiento *In vitro* de frutas perennes. Cultivos tropicales, 4(1): 88–100. ISSN 0258-5936

Kirby, W. M. M., Bauer, A. W., Sherris, J. C. & Turck, M. 1966. Antibiotic susceptibility testing by a standardized single disk method. American Journal of Clinical Pathology, 45(4): 493–496. ISSN: 1943-7722. DOI: https://doi.org/10.1093/ajcp/45.4_ts.493.

Li, X., Geng, X., Xie, R., Fu, L., Jiang, J., Gao, L. & Sun, J. 2016. The endophytic bacteria isolated from elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schumach) promote plant growth and enhance salt tolerance of hybrid *Pennisetum*. Biotechnology for Biofuels, 9: 190. ISSN: 1754-6834. DOI: https://doi.org/10.1186/s13068-016-0592-0

Martínez, F., Sigcha, E. & Toaquiza, P. 2018. Alternativa para la propagación *in vitro* de plátano variedad maqueño (*Musa balbisiana* AAB). Ciencia y Tecnología, 1(1): 43. ISSN: 1390-4043. DOI: https://doi.org/10.18779/cyt.v1i1.101.

Mayea, S., Corone, M., Novo, R., Boado, I., Silveira, E., Soria, M. & Valiño, A. 2009. Microbiología Agropecuaria. Tomo II. Editorial Félix Varela. La Habana, Cuba. ISBN: 10-959-07-0576-6.pp 281.

Nguyen, B. T., Le, L. B., Pham, L. P., Nguyen, H. T., Tran, T. D. & Van Thai, N. 2021. The effects of biochar on the biomass yield of elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schumach) and properties of acidic soils. Industrial Crops and Products, 161: 113224. ISSN: 1872-633X. DOI: https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.113224

Pérez, A. F., Pérez, C. R. & Chamorro, C. M. 2013. Bacterias endófitas asociadas a cultivo de arroz con actividad antimicrobiana sobre *Burkholderia glumae*. Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas, 25: 31-40. ISSN: 0120-4173. DOI: https://doi.org/10.24188/recia.v4.n1.2012.306.

Quetylas. F. & Azonzo J. 2015. Antibioticos β-lactamicos. En. Velásquez Farmacología Básica y Clínica. Madrid. pp. 805-824. ISBN: 978-84-9835-168-2.

Romadanova, N. V., Tolegen, A. B., Kushnarenko, S. V., Zholdybayeva, E. V. & Bettoni, J. C. 2022. Effect of Plant Preservative Mixture TM on Endophytic Bacteria Eradication from *in Vitro*-Grown Apple Shoots. Plants, 11: 2624. ISSN: 2223-7747. DOI: https://doi.org/10.3390/plants11192624.

Sandino, L. K. N. & Salmerón, Q. W. E. 2024. Diagnóstico y antibiograma de microorganismos contaminantes en la micropropagación de plátano (*Musa* spp) en el Centro Nacional de Cultivo de Tejidos del INTA. Doctoral dissertation, Universidad Nacional Agraria. pp. 9. URI: https://repositorio.una.edu.ni/id/eprint/4717.

Slonezewski, J. & Foster, J. 2010. Microbiology: An Evolving Science. Segunda Edición. Ed. W. W. Norton & Company, Estados Unidos. pp. 1097. ISBN-10-0393934470.

Soumare, A., Diédhiou, A. G., Arora, N. K., Tawfeeq Al-Ani, L. K., Ngom, M., Fall, S., Hafidi, M., Ouhdouch, Y., Kouisni, L. & Sy, M.O. 2021. Potential Role and Utilization of Plant Growth Promoting Microbes in Plant Tissue Culture. Frontiers in Microbiology, 12: 649878. ISSN: 2332-8266. DOI: https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.649878

Suárez, P. I. E. 2020. Prehistoria e historia del Cultivo de Tejidos Vegetales. En: Cultivo de Tejidos Vegetales. Suárez Padrón, I. E. (ed.). Ed. Fondo Editorial Universidad de Córdoba. pp. 13-19. ISBN: 978-958-5104-09-9.

Vander, P. A., de Andrade Lira, M., Machado, J. C., de Miranda Gomide, C. A., Martins, C. E., da Silva Lédo, F. J. & Daher, R. F. 2021. Elephantgrass, a tropical grass for cutting and grazing. Revista Brasileira de Ciencias Agrarias, 16(3): 1-13. ISSN: 1981-0997. DOI: https://doi.org/10.5039/agraria.v16i3a9317.

Yoshimura, J., Ogura, H. & Oda, J. 2023. Can Gram staining be a guiding tool for optimizing initial antimicrobial agents in bacterial infections?. Acute Medicine & Surgery, 10(1): e862. ISSN: 2052-8817. DOI: https://doi.org/10.1002/ams2.862.





BMA-16. Espécies regenerantes e seu potencial para formação de sistema silvipastoril biodiverso na savana brasileira

Regenerative species and their potential for implementation of a biodiverse silvipastoral system in the brazilian savanna

Elisa Pereira Bruziguessi[1]; Sheilly Layane Alves Lopes[1], Julia Eumira Neves[1]*

[1] Instituto Federal de Brasília – Campus Planaltina, Planaltina-DF, Brasil.

[*]Correspondencia a: elisa.bruziguessi@ifb.edu.br

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the richness and density of regenerating species in a pasture area in the Cerrado biome, managed with Rational Voisin Grazing (PRV), and to analyze the impact of cattle on these regenerating species. Twenty-eight plots of 240 m² were sampled, totaling 6,720 m², where 380 regenerating individuals belonging to 44 species and 19 families were recorded. The dominant species were Peritassa campestris, Eugenia dysenterica, Solanum lycocarpum, and Machaerium opacum. The average density was 565.5 individuals/ha, of which 320 were trees. The entry of cattle caused damage to 74% of the individuals, mainly related to leaf foraging and branch breakage. However, there was no mortality, and rapid regrowth was observed, highlighting the resilience of the species. The results reinforce the potential of these plants to compose biodiverse silvopastoral systems in the Cerrado.

Palavras-chave: *árvores nativas, pecuária regenerativa, Cerrado*

Keywords: *Native trees, regenerative livestock, Cerrado*

INTRODUÇÃO

O bioma Cerrado possui papel de destaque na produção agropecuária brasileira concomitante a sua importância ambiental. Este bioma possui a segunda maior formação vegetal do Brasil, cobrindo cerca de 24% do território nacional (Sano et al., 2019), se destaca por ser a savana mais biodiversa do mundo (Myers et al., 2003). Porém, cerca de 50% deste bioma já é ocupado por atividades agropecuárias, sendo a pecuária a atividade predominante (>75%), é a região com maior área destinadas à pecuária no Brasil (Mapbiomas, 2023). No entanto, estima-se que mais de 60% dessas pastagens encontram-se em algum estágio de degradação (Mapbiomas, 2023).

Considerando a importância e os impactos da pecuária no Cerrado, torna- se essenciais práticas mais sustentáveis, em especial as que são capazes de na mesma área, aliar ganhosnde produtividade e conservação dos recursos naturais e da biodiversidade. Uma alternativa que merece destaque no Cerrado é a implementação de sistemas silvipastoris que incluem árvores nativas na pastagem. Estes sistemas são capazes de agregar serviços ecossistêmicos, estimular o papel da pecuária para a conservação da biodiversidade, transformando as pastagens em ambientes mais amigáveis para a fauna nativa, além de aumentar o bem-estar do rebanho com potenciais ganhos produtivos e diversificar a renda do agricultor por incluir produtos madeireiros e da sociobiodiversidade. (Bruziguessi et al., 2021). Além das vantagens citadas acima, a restauração de árvores nativas nas pastagens ajudará as estratégias globais de mitigação das mudanças climáticas (BUSTAMANTE et al., 2019).

Estes tipos de sistema já são encontrados em muitas regiões do Cerrado (SILVA et al., 2023) e podem ser implantados em pastagens por meio do manejo da regeneração natural a um baixo custo (SILVA et al., 2021; BRUZIGUESSI et al., 2021). Portanto, é fundamental conhecer a regeneração natural das árvores do Cerrado nas áreas de pastagem e avaliar o potencial destas para implementação de sistemas silvipastoris biodiversos. Portanto, pretende-se avaliar o potencial da regeneração natural de árvores do Cerrado em área de pastagem no IFB campus Planaltina para formar sistema silvipastoril biodiverso e verificar a impacto do gado nestas árvores regenerantes quando em Pastoreio Racional Voisin e Pastejo Semi-contínuo.

MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo foi conduzido em uma área de pastagem localizada no Instituto Federal de Brasília (IFB), campus Planaltina, instituição pública de ensino voltada à formação em ciências agrárias. A área situa-se nas coordenadas geográficas 15° 39' 45" S e 47° 41' 26" O, a uma altitude aproximada de 950 metros, sobre latossolo vermelho. A vegetação original da região corresponde ao Cerrado sentido restrito, porém foi desmatada há mais de 50 anos para dar lugar a pastagens, atualmente formadas por Brachiaria decumbens e utilizadas para pecuária leiteira com animais da raça Girolando. Apesar da escassez de árvores adultas capazes de fornecer sombreamento adequado, a área apresenta uma expressiva densidade de regeneração natural, com indivíduos predominantemente entre 30 e 100 cm de altura.

A área experimental possui 5 hectares e está em processo de implantação de um sistema silvipastoril baseado no Pastoreio Racional Voisin (PRV). Para a estruturação do sistema, a área permaneceu fechada ao pastoreio por aproximadamente um ano. Durante esse período, foi realizado o levantamento inicial da regeneração natural. Três meses após a entrada do gado, um novo levantamento foi executado com o objetivo de avaliar os impactos causados pela introdução dos animais sobre as plantas regenerantes. A avaliação florística foi realizada em 28 parcelas de 240 m² (40 m x 6 m), cada uma em um piquete, totalizando 6.720 m² amostrados. Foram considerados todos os indivíduos regenerantes com altura superior a 30 cm e inferior a 2,5 metros. Cada indivíduo foi identificado ao nível de família, gênero e espécie, com auxílio de chaves taxonômicas e especialistas. As coordenadas geográficas e imagens de cada planta foram registradas utilizando o aplicativo Wikiloc, possibilitando o mapeamento e monitoramento dos indivíduos ao longo do tempo.

Com base nos dados obtidos, foram calculadas as densidades absoluta e relativa, frequências absoluta e a dominância relativa de cada espécie foi estimada a partir do somatório desses valores, gerando um índice de importância ecológica, conforme os métodos propostos por Hosokawa et al. (2008) e Longhi et al. (2000). Os resultados foram comparados a estudos anteriores realizados em pastagens do Cerrado, como os de Silva (2021) e Bruziguessi (2016), além de um inventário de vegetação de uma área adjacente ainda conservada pertencente ao Parque Colégio Agrícola de Brasília (Bruziguessi et al., 2022). A metodologia adotada permitiu avaliar tanto o potencial ecológico das espécies regenerantes quanto sua resiliência frente à atividade pecuária em sistema PRV.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Encontrou-se 380 indivíduos regenerantes entre arbóreas e arbustivas, uma média de 13,6 indivíduos por parcela amostral, com grande variação, de 3 a 47. Isso equivale a uma média de 565,5 indivíduos/hectare. Deste total, obteve-se uma média de 320 indivíduos arbóreos por hectare o que se aproxima do valor médio de 350 encontrado em estudo amplo realizado em pastagens de diversas regiões do Cerrado (Silva, 2021). No total da área inventariada, encontrou-se 44 espécies, distribuídos em 19 famílias, 33 gêneros e 36 espécies, sendo 28 arbóreas e 8 arbustivas. Do total de indivíduos encontrados, 215 (57%) foram arbóreos, com predominância das espécies: *Eugenia dysenterica*, Cagaita (n=58); *Solanum lycocarpum*, Lobeira (n=43), *Machaerium opacum*, Jacarandá cascudo (n=34) e de *Salacia crassifolia*, Bacupari (n=10) (Tabela 04). Os outros 165 indivíduos (43%) foram de arbustivas, com predominância de: *Peritassa campestris*, bacupari-do-campo (n=93); e *Calliandra dysantha*, Flor-do-cerrado (n=26). As espécies que apresentaram maior dominância (DR + FR) foram Peritassa campestris (17,01%); *Eugenia dysenterica* (14,7%); *Solanum lycocarpum* (10,5%); e *Machaerium opacum* (8,4%), sendo as 3 últimas arbóreas (Figura 1).



Figura 01- *Espécies arbóreas em destaque: Eugenia dysenterica, Solanum lycocarpum, e Machaerium opacum respectivamente. Fonte: Elisa Bruziguessi (2024)*



Em comparação com o estudo de Silva (2021), que analisou espécies regenerantes em 93 pastagens no Cerrado, e com Bruziguessi (2016) que analisou outras 25 pastagens, observou-se coincidência entre as espécies dominantes encontradas no IFB Planaltina, como *Eugenia dysenterica, Machaerium opacum, Qualea grandiflora* e *Brosimum gaudichaudii.* A presença marcante de Solanum lycocarpum na área do IFB, espécie com maior importância em pastagens inativas no estudo de Silva, pode estar relacionada ao período de 1 ano em que a área permaneceu sem gado para a implementação do PRV, favorecendo sua regeneração. Esses resultados indicam que a regeneração natural na pastagem do IFB segue um padrão semelhante ao de pastagens ativas do Cerrado, reforçando a importância destas espécies dominantes para formar sistemas silvipastoris biodiversos.

Ao comparar a área de pastagem estudada com o Parque Colégio Agrícola de Brasília, área adjacente de Cerrado sensu stricto preservado, observou-se o retorno de 51% das espécies vegetais. Das sete espécies arbóreas mais frequentes no parque, apenas quatro também foram encontradas na pastagem (Qualea parviflora, Q. grandiflora, Piptocarpha rotundifolia, Stryphnodendron adstringens), porém com baixa dominância. Isso sugere que As espécies remanescentes na pastagem estudada possuem maior resiliência comparada às espécies não encontradas, e maior capacidade de rebrotar quando expostas a distúrbios como a prática de "limpeza" das pastagens realizada por foice ou roçadeira e perturbação pelos ruminantes como quebra de galhos e troncos.

Apesar de não serem o foco principal do estudo, as espécies arbustivas contribuíram significativamente para a biodiversidade da pastagem, com destaque para *Peritassa campestris* e *Calliandra dysantha*, ambas com elevada dominância. Essas espécies demonstraram resistência ao forrageamento e pisoteio, além de apresentarem potencial para uso alimentar, ornamental e para melhoria da qualidade do solo, o que justifica investigações futuras sobre seu papel em sistemas silvipastoris.

A permanência do gado nos piquetes por 3 a 4 dias causou impactos visíveis sobre as regenerantes, com 74% dos indivíduos avaliados apresentando algum tipo de dano, enquanto 26% permaneceram sem danos aparentes. Os impactos foram classificados em quatro níveis: ausência de dano (0), dano leve (1), médio (2) e alto (3). A maioria dos indivíduos, 51%, sofreu danos médios, caracterizados principalmente pelo forrageamento parcial das folhas e quebra de ápices, sugerindo um uso alternativo das regenerantes como recurso alimentar. A alta frequência desse tipo de dano pode estar associada ao manejo baseado no Pastoreio Racional Voisin (PRV), que estimula um pastoreio mais intenso e seletivo (Pinheiro Machado Filho et al., 2021). Vale ressaltar que esse nível de impacto pode ter sido agravado pelo capim envelhecido, resultado do início do sistema em período seco, após longo tempo de exclusão do pastoreio para a implantação do PRV. No entanto, embora os danos representem um risco a sobrevivência e crescimento das regenerantes, também podem ser considerados vantajosos do ponto de vista da diversificação alimentar do rebanho. Para equilibrar essas duas funções — forrageamento e arborização — uma alternativa seria o cercamento de indivíduos com características superiores para compor sistemas silvipastoris, a fim de evitar danos que atrasem ou inviabilizem sua função como componente arbóreo do sistema.

Além disso, 15% dos indivíduos apresentaram danos altos com quebras severas no tronco, possivelmente causadas pelo hábito dos animais de se coçarem nas plantas. Apesar dos impactos do gado nas regenerantes, não foi registrada mortalidade entre os indivíduos acompanhados, e muitos apresentaram sinais de rebrota rápida ainda durante o período seco, evidenciando sua alta rusticidade e resiliência. Como o PRV prevê o retorno do gado aos mesmos piquetes após período de repouso, os efeitos acumulados dos danos podem se intensificar ao longo do tempo, o que reforça a importância de estudos de longo prazo para compreender plenamente essa interação e propor ajustes no manejo.

CONCLUSÕES

A pastagem estudada apresentou elevada riqueza e densidade de espécies regenerantes, com destaque para espécies arbóreas *Eugenia dysenterica,* e *Machaerium opacum*. Apesar dos danos causados pelo gado, sobretudo sob manejo intensivo como o PRV, não houve mortalidade das plantas, que demonstraram alta capacidade de rebrota e resiliência. Esses resultados evidenciam a viabilidade e potencial de integrar a regeneração natural de árvores nativas para formar sistemas silvipastoris biodiversos no Cerrado. Estudos de longo prazo são recomendados para acompanhar a dinâmica da regeneração e orientar ajustes no manejo.

BIBLIOGRAFÍA

BRUZIGUESSI, E.P. 2017. Árvores nativas do Cerrado na pastagem: por quê? Como? Quais?. Orientador: Vieira, Daniel Luis Mascia. 163 p. TESE DE DOUTORADO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS (Doutorado) - UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL, 2016. DOI http://repositorio.unb.br/handle/10482/24120. Disponível em: http://repositorio.unb.br/handle/10482/24120. Acesso em: 1 dez. 2024.

BRUZIGUESSI, E.P.; SILVA, T.R.; MOREIRA, G.D. L.B.; VIEIRA, D.L.M. 2021. Sistemas Silvipastoris com Árvores Nativas no Cerrado. Mil Folhas do IEB: [s. n.], Junho. ISBN 978-65-87337-07-4. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/352214061_Sistemas_Silvipastoris_com_Arvores_Nativas_no_Cerrado/citation/download. Acesso em: 22 ago. 2023.

BRUZIGUESSI, E.P.; FRANÇOSO, R.; LUSTOSA JUNIOR, I.M.; SOUSA, C. E.; OLIVEIRA, J.S. 2022. Estrutura da vegetação arbustivo arbórea no Cerrado sensu stricto do Parque Colégio Agrícola de Brasília. In: PETRACCO, Paula

et al. Parque Colégio Agrícola de Brasília: Uma abordagem transdisciplinar para o ensino, pesquisa e extensão.. [S. l.]: IFB, Dezembro 2022. cap. 6, p. 121-141. ISBN 978-65-64124-82-0. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/366568406_Parque_Colegio_Agricola_de_Brasilia_-_

BUSTAMANTE, M.M.C et al. 2019. Ecological restoration as a strategy for mitigating and adapting to climate change: lessons and challenges from Brazil. Mitig. Adapt. Strateg. Glob. Chang. v. 24, p.1249–1270.

LONGHI S. J. et al. 2000. Aspectos fitossociológicos de fragmento de Floresta Estacional Decidual. Revista Ciência Florestal. Santa Maria, RS, v. 10, n. 2, p. 59-74.

MAPBIOMAS 2020. Project MapBiomas - Collection 5.0 of Brazilian Land Cover & Use Map Series [WWW Document].

MYERS, N. et al. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities articles. Nature v.403, p.853–858.

PINHEIRO MACHADO FILHO, L.C.; OLIVEIRA, H.L.S.; OLIVEIRA, R.R.; ENRIQUEZ-HIDALGO, D.; WENDLING, A.V.; PINHEIRO MACHADO, L.C. 2021. Voisin Pastagem Racional como Alternativa Sustentável para a Produção Pecuária. Animais 11, 3494. https://doi.org/10.3390/ani11123494

SANO E. E. et al. 2019. Cerrado ecoregions: A spatial framework to assess and prioritize Brazilian savanna environmental diversity for conservation. J Environ Manage v.232. p.818–828.

SILVA, T.R. 2021. Oportunidades para a conservação da vegetação do Cerrado em pastagens cultivadas. Tese de doutorado em Ciências Florestais. Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília (UnB), Brasília/DF, .160p.

SILVA, T. R., RODRIGUES S.B., BRINGEL J.B.A., SAMPAIO A.B., SANO E.E., VIEIRA D.L.M 2023.Factors affecting savanna and forest regeneration in pastures across the cerrado, Journal of Environmental Management, v. 330.



BMA-17. La flora arbórea camagüeyana y sus potencialidades de uso en sistemas agroforestales

The tree flora of Camagüey and its potential for use in agroforestry systems

O. Loyola Hernández[1,2]; I. Pérez Cabrera[2,1**]; V. Sánchez Jerez[2]; D. Triana González[3]*

[1]Centro de Estudios de Producción Animal (CEDEPA), Universidad de Camagüey "Ignacio Agramonte Loynaz", Ministerio de Educación Superior, Circunvalación Norte km 5½, Camagüey, Cuba.

[2]UCTB Estación Experimental Agroforestal Camagüey, Avenida Ignacio Agramonte No 178, Camagüey, Cuba.

[3]Departamento de Agronomía, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Camagüey "Ignacio Agramonte Loynaz", Ministerio de Educación Superior, Circunvalación Norte km 5½, Camagüey, Cuba.

[*] Correspondencia a: oscar.loyola@reduc.edu.cu

[**]Correspondencia a: isaelpc72@gmail.com

RESUMEN

Con el objetivo de caracterizar la flora arbórea y arbustiva presente en agroecosistemas diversificados de Camagüey y potencialidades de uso se realizó este estudio. El mismo se desarrolló durante seis años (2000-2025) en áreas del centro y norte de la provincia. Se inventariaron árboles y arbustos e identificaron sus usos adjudicados a cada especie apoyados en los criterios de los productores. Se agruparon las especies en cuatro categorías según sus habilidades competitivas (Pioneras, Colonizadoras, Estabilizadoras y Rezagadas). Se analizó los datos de suelos de las áreas y se correlacionaron las especies con los suelos imperantes y algunos factores limitantes. Se prospectaron 105 especies arbóreas y arbustivas vinculadas a estos sistemas de las cuales los productores tienen algún conocimiento relativo a usos. Las especies inventariadas corresponden a 87 géneros y 31 familias botánicas con diversidad de usos, 15 de estas especies se identificaron como altamente invasoras y 18 potencialmente invasoras. Asociadas a estas se encuentran otras 141 con diferente categoría competitiva, que cumplen una función esencial como elemento regulador del ecosistema, creando las bases para el establecimiento de especies de mayor valor. Los suelos con mayor diversidad de especies arbóreas son los ferralíticos rojos seguidos de los pardos sin carbonatos. Se pudo concluir que las áreas ganaderas de Camagüey cuentan con un alto potencial de árboles y arbustos multipropósitos, en el territorio existen arbóreas altamente invasoras y potencialmente invasoras y existe una rica flora asociada a las especies de mayor valor de uso, con diferentes habilidades competitivas.

Palabras clave: a*grupamientos de suelos, especies invasoras, habilidades competitivas*

ABSTRACT

This study was conducted to characterize the tree and shrub flora present in diversified agroecosystems in Camagüey and its potential uses. It lasted six years (2000-2025) in areas of the central and northern parts of the province. Trees and shrubs were inventoried, and the uses assigned to each species were identified based on the criteria of producers. Species were grouped into four categories according to their competitive abilities (Pioneers, Colonizers, Stabilizers, and Laggards). Soil data from the areas were analyzed, and species were correlated with prevailing soils and some limiting factors. One hundred and five tree and shrub species associated with these systems, whose uses producers have some knowledge of, were surveyed. The inventoried species correspond to 87 genera and 31 botanical families with diverse uses. Fifteen of these species were identified as highly invasive and 18 as potentially invasive. Associated with these species are another 141 species with different competitive categories, which play an essential role as ecosystem regulators, laying the groundwork for the establishment of higher-value species. The soils with the greatest diversity of tree species are red ferralitic soils, followed by brown soils without carbonates. It was concluded that Camagüey's livestock areas have a high potential for multipurpose trees and shrubs. The territory contains highly invasive and potentially invasive trees, and there is a rich flora associated with the highest-value species, with different competitive abilities.

Key words: *soil clusters, invasive species, competitive abilities*

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con los criterios de Murgueitio (2003), la ganadería vacuna en América Latina se inició con los inicios del período colonial, a partir de la introducción de ganado procedente de Europa, los cuales se introdujeron primeramente en los ecosistemas de sabanas naturales presentes y posteriormente se tomaron áreas de los bosques nativos los cuales se transformaron en potreros.

Según Forero (2005) en sus inicios como actividad económica se emplearon tecnologías equivocadas, aplicándose las mismas técnicas desarrolladas en los ecosistemas templados europeos, cuyo principio fundamental se basaba en la eliminación de la cobertura arbórea, lo cual trajo una grave repercusión en los suelos de nuestros ecosistemas, así como el desencadenamiento de otros fenómenos adversos.

Hoy en Cuba, se cuenta con un 32 % de cobertura forestal a nivel de país; el 70 % de nuestros suelos poseen algún tipo de afectación, existe un fuerte efecto de los vientos sobre los cultivos y animales, nuestro ganado y cultivos están expuestos a estrés térmico, y en general, los sistemas agropecuarios acumulan una alta vulnerabilidad a los efectos de eventos climatológicos extremos (sequía, huracanes, intensas lluvias).

Por ello, constituye una urgencia incrementar la resiliencia y sostenibilidad de los sistemas agroproductivos, de la mano de la agroecología y de soluciones basadas en la naturaleza. La agroforestería es una de esas alternativas viables que contribuye no solo a una respuesta adaptativa y de mitigación del cambio climático, sino que favorece la regeneración de recursos naturales y ecosistemas degradados y el mejoramiento de condiciones ambientales, socioculturales y de alimentación de las comunidades, constituye por tanto una opción inteligente para promover en las fincas.

El establecimiento de sistemas agroforestales y especialmente silvopastoriles no siempre es una tarea fácil, sobre todo si se tiene animales en la finca además de lo costoso que suele ser, pues es necesario comprar o producir las posturas, luego protegerlas de los animales y atenderlas. Por otra parte, está la incertidumbre que a veces existe por el desconocimiento que tenemos de la especie a plantar y sus exigencias edafoclimáticas (suelo, luz, temperatura, humedad). El uso de las plantas nativas obtenidas muchas veces por regeneración natural puede ser una alternativa viable, pero para ello también es importante conocer sobre las funciones de cada árbol en el ecosistema pues en ocasiones existen plantas que aparentemente son indeseables y sin embargo son las que propician las condiciones sobre todo de sombra y humedad para el establecimiento y desarrollo de otras especies de mayor valor.

Este trabajo tiene como objetivo caracterizar la flora arbórea y arbustiva presente en agroecosistemas diversificados de Camagüey y sus potencialidades de uso en sistemas agroforestales.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló durante seis años (2020-2025) fundamentalmente en áreas de los municipios Sierra de Cubitas, Minas, Camagüey, Jimaguayú, Sibanicú y Guáimaro. La metódica experimental consistió en un inventario de árboles y arbustos, con el empleo de técnicas del inventario forestal, y una clasificación según sus usos. Las especies prospectadas se clasificaron visualmente y las dudosas se compararon con material de herbario de la Universidad de Camagüey (HIPC). Los usos fueron adjudicados a cada especie apoyados en los criterios de los productores y la bibliografía científica consultada.

Se adaptaron los resultados obtenidos por Pérez-Carreras (2003) sobre las habilidades competitivas de las especies, las presentes en los agroecosistemas evaluados se agruparon en cuatro categorías básicas en dependencia de sus habilidades competitivas (Especies Pioneras, Colonizadoras, Estabilizadoras y Rezagadas).

Se realizó un análisis a partir de los datos de suelos de las áreas y la información científica existente y se correlacionaron las especies con los suelos imperantes y algunos factores limitantes.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la provincia Camagüey se reportan 1 722 especies botánicas, pertenecientes a 163 familias y 789 Géneros (GEPC, 2024). De acuerdo con la prospección realizada en las áreas ganaderas de Camagüey se ha observado que existen 105 especies arbóreas y arbustivas vinculadas a estos sistemas y de las cuales los productores tienen algún conocimiento en cuanto a usos.

Los agroecosistemas ganaderos de Camagüey están fundamentalmente poblados por 31 familias botánicas, a las que pertenecen 87 géneros con 105 especies arbóreas y arbustivas. Las familias mejor representadas por el número de especies son: fabaceae (25), meliaceae (7), rutaceae (6) y sapotaceae (6). Las especies más frecuentes son *Dichrostachys cinerea, Mangifera indica, Cordia collococca, Samanea saman, Guazuma ulmifolia,, Trichilia hirta*, *Bursera simaruba, Gliciridia sepium, Ficus auriculata, Albizia procera, Albizia lebbeck, Cordia dichotoma* y en muchas áreas desmontadas sobre todo sobre suelos pardos es abundante *Senna spectabilis* y en Jimaguayú y Guáimaro *Parmentiera aculeata*.

La figura 1 muestra los principales usos y número de especies asociadas a estos en los agroecosistemas diversificados de Camagüey, las especies botánicas reportadas tienen en su gran mayoría, más de una categoría de uso conocida. Así existen 33 táxones que los animales usan como sombra, 53 Forraje o frutos para alimento animal, 60 melíferas, 24 se utilizan en cercas vivas, 12 son fijadoras de nitrógeno, 21 Leña / combustible, 57 se utiliza la madera, 11 en Cortina rompe vientos, 27 son frutales, 7 se utilizan como abonos verdes, 46 ornamentales y 54 medicinales. Este estudio constituye un valioso elemento, para seleccionar las especies del propio territorio, para que sean utilizadas en la reforestación de las fincas.

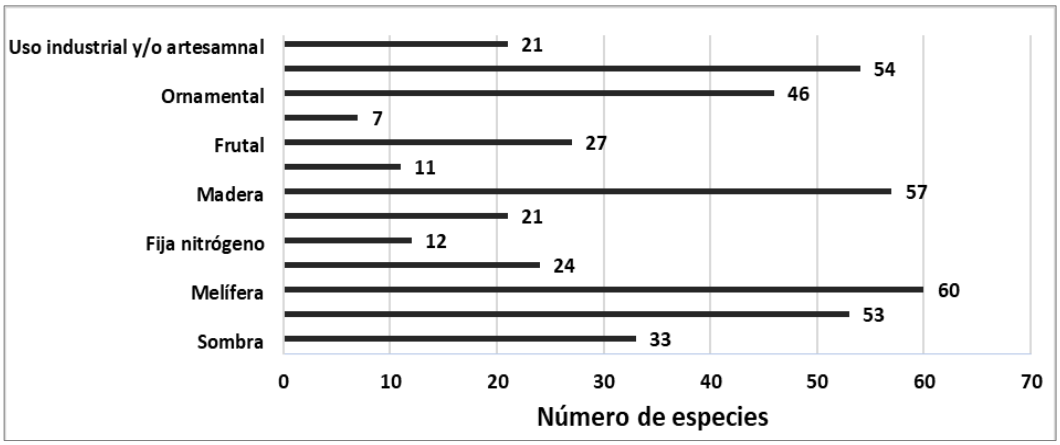


Fig.1. *Principales usos y número de especies arbóreas asociadas a estos en los agroecosistemas diversificados de Camagüey*

De acuerdo con la figura 2, siguiendo los criterios de González-Oliva y Regalado (2012), 15 de estas especies son altamente invasoras, destacándose entre ellas *Dichrostachys cinerea* (L.) Wight. et Arn., *Albizia procera* (Roxb.) Benth., *Senna spectabilis* (DC.) Irwin & Barneby var *spectabilis*, *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit, *Cordia dichotoma* G. Forst., *Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth. *y Bambusa vulgaris* Schrad. ex J. C. Wendl. Se destacan 11 especies como de mayor preocupación, es el caso de *Dichrostachys cinerea* (L.) Wight. et Arn., *Albizia procera* (Roxb.) Benth., *Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth., *Senna spectabilis* (DC.) Irwin & Barneby var *spectabilis, Casuarina equisetifolia* L. y *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit.

De las especies analizadas, 18 son potencialmente invasoras, las cuales según González-Oliva y Regalado (2012) son especie exótica, naturalizada o no, de la que se conoce su comportamiento invasor fuera de Cuba, o se infiere su potencialidad para ello dada su elevada capacidad de multiplicación, dispersión/propagación o proliferación. En este caso se destacan *Mangifera indica* L., *Samanea saman (*Jacq.) Merr., *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb., *Melicoccus bijugatus* Jacq., *Azadirachta indica* A. Juss. y en algunas regiones *Hura crepitans* L. que fue introducida como árbol de sombra cerca de las viviendas y luego de abandonadas estas la especie ha proliferado ampliamente, también *Ficus auriculata* Lour, ampliamente usada como cerca viva y *Parmentiera aculeata* (Kunth) Seem. que en algunas regiones sobre todo de los municipios de Jimaguayú y Guáimaro es muy abundante.

Otras 31 de las especies prospectadas son invasoras fuera de Cuba por lo que tienen potencial para serlo en Cuba, también es de destacar las especies transformadoras (22) las cuales tienen la capacidad para transformar el ecosistema donde habitan, sobre todo los suelos pues sus hojas caducan en muchos casos creando una amplia capa de hojarasca sobre estos y por otra parte su capacidad competitiva capaces de desplazar otras especies, sobresalen *Casuarina equisetifolia* L., *Terminalia catappa* L., *Senna spectabilis* (DC.) Irwin & Barneby var *spectabilis, Dichrostachys cinerea* (L.) Wight. et Arn. y *Albizia procera* (Roxb.) Benth.

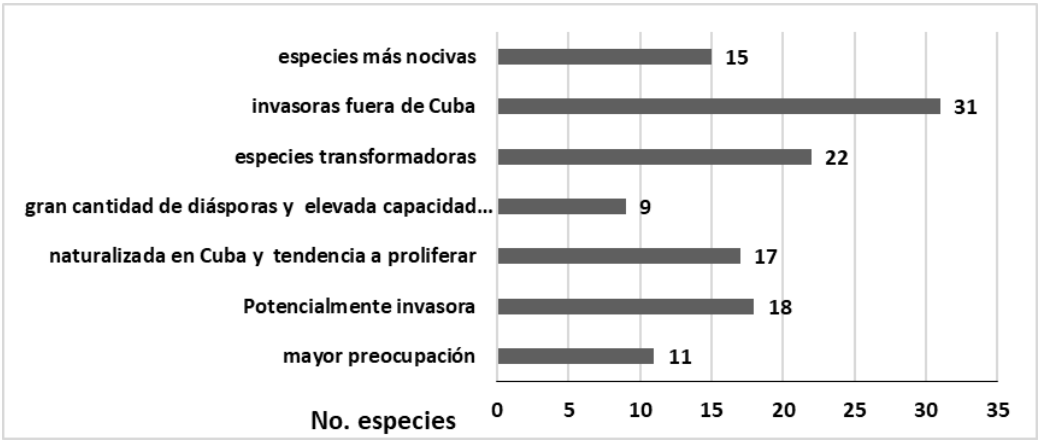


Fig.2. *Cantidad de especies de plantas invasoras y potencialmente invasoras presentes en los agroecosistemas diversificados de Camagüey (González-Oliva y Regalado, 2012).*

ESPECIES DE IMPORTANCIA PARA EL ESTABLECIMIENTO DE SISTEMAS SILVOPASTORILES A PARTIR DE LA REGENERACIÓN NATURAL SEGÚN HABILIDADES COMPETITIVAS

Pérez-Carrerass (2000) identificó un grupo de 284 especies arbóreas y arbustivas de importancia en la provincia de Camagüey a tener en cuenta para la reforestación de ecosistemas a partir de sus habilidades competitivas, requerimientos hídricos y edáficos, estas en su mayoría se encuentran ampliamente distribuidas en las diferentes áreas con posibilidades de establecer algún tipo de sistema agroforestal; este propio autor determinó la presencia de 27 especies pioneras; 88 colonizadoras; 108 estabilizadoras y 63 rezagadas, las que pertenecen de conjunto a 60 familias de plantas superiores, todas con algún valor etnobotánico, principalmente maderable.

Para la desarrollo de esta investigación se realizó una revisión de los taxones reportados por Pérez-Carreras (2000) y se excluyeron 38 pues para algunas de ellas su existencia en la provincia de acuerdo con GEPC (2024) no es consistente y otras son muy poco frecuentes, también se actualizó la nomenclatura científica.

En este sentido, este material utiliza una relación de 246 especies, agrupadas por familia y categoría competitiva, estas son las más comunes en nuestros agroecosistemas agropecuarios, que independientemente de no todas tener un uso directo en la actividad agropecuaria, desde el punto de vista ecológico cumplen una función esencial como elemento regulador del ecosistema, creando las bases para el establecimiento de especies de mayor valor (Figura 3).

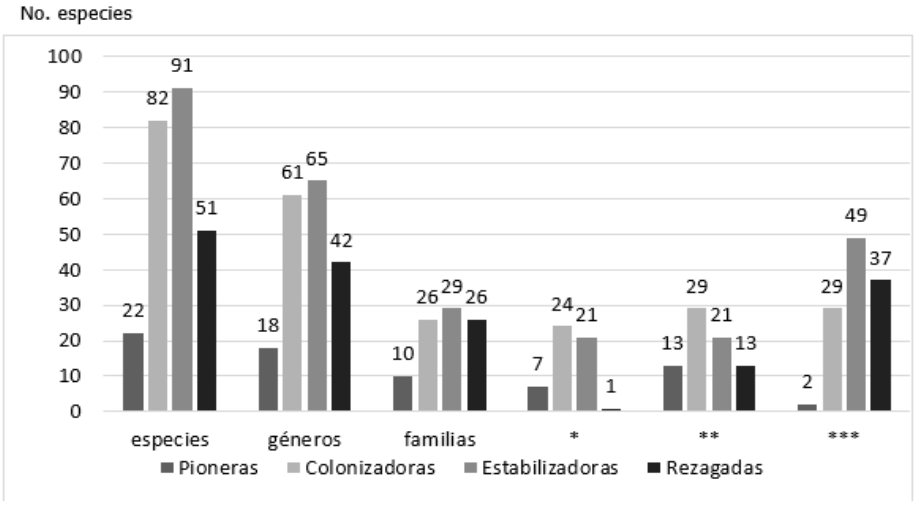


Fig.3. *distribución de las especies según habilidades competitivas*

**Especies más frecuente en nuestros agroecosistemas ganaderos y que aparecen caracterizadas en este material. ** Especies frecuente en nuestros agroecosistemas ganaderos pero que por su valor de importancia o Índice de Valor de Uso entre los productores no aparecen caracterizadas en este material. ***Otras especies que pueden aparecer en nuestros agroecosistemas ganaderos*

En el caso de las especies **pioneras**, en Camagüey se encuentran fundamentalmente 22 pertenecientes a 18 géneros y 10 familias, de ellas, siete son muy frecuentes (*) y que aparecen caracterizadas en este material, otras 13 (**) también frecuente en nuestros agroecosistemas ganaderos pero que por su valor de importancia o Índice de Valor de Uso (IVU) entre los productores no aparecen caracterizadas en este material y finalmente otras dos (***) son especies que pueden aparecer en nuestros agroecosistemas ganaderos pero poco frecuentes.

Las **colonizadoras,** están representadas por 82 especies agrupadas en 61 géneros y 25 familias, de acuerdo a su valor de importancia, en este caso 25 son muy frecuentes (*) y que aparecen caracterizadas en este material, otras 29 (**) también frecuente en nuestros agroecosistemas ganaderos pero que por su valor de importancia o IVU entre los productores no aparecen caracterizadas en este material; finalmente otras 28 (***) son especies que pueden aparecer en nuestros agroecosistemas ganaderos pero poco frecuentes.

Las **estabilizadoras** constituyen una cantidad similar (91), pertenecientes a 65 géneros y 29 familias. En este grupo funcional 21 son muy frecuentes (*), 20 (**) también frecuentes en nuestros agroecosistemas ganaderos, pero con menos valor de importancia o IVU entre los productores y finalmente otras 50 (***) son especies que pueden aparecer en los agroecosistemas ganaderos camagüeyanos, pero poco frecuentes.



Las **rezagadas** son 51, agrupadas en 42 géneros y 26 familias, una (*) es la más frecuentes, seguida de otras 13 (**) con menor valor de importancia y otras 37 (***) mucho menos frecuentes, lo cual está dado precisamente por sus características de crecimiento lento a muy lento, además de pertenecer a umbral bajo hasta medio (heliófilos).

Calophyllum antillanum y *Chrysophyllum oliviforme,* son especies frecuentes en los potreros camagüeyanos, la primera en áreas con cierto nivel de humedad, sobre todo cerca de arroyos y ríos y la segunda en áreas más abiertas y a veces de sabana, ambas son consideradas por sus habilidades competitivas como estabilizadoras de ecosistemas. La primera es competitivamente dominada en su etapa vegetativa temprana (esciófila) y en el estado adulto, requiere de mayor cantidad de luz (heliófila).

Chrysophyllum oliviforme, por su parte tiene un mejor éxito adaptativo, competitivo y propagación natural. Esta especie es oportunista y adopta diferentes hábitos biológicos y llega a dominar en la sucesión de determinadas áreas, pudiendo constituir el dosel del mismo, puede funcionar en ocasiones como pionera en sustitución de *Cecropia scrheberiana,* que es considerada pionera por excelencia en algunos territorios de Cuba y la América tropical (Herrera *et al*., 1988, 1997). Relativo a esta especie, *Pérez-Carreras* (2000) plantea que posee diferentes hábitos biológicos, en sus estudios encontró del 5.0 al 60.0% de representatividad por la abundancia-dominancia e infiere que se comporta como oportunista e invasora de los claros y áreas degradadas y suele sustituir con sus poblaciones, a las pioneras *Cecropia* y *Didymopanax* y se manifiesta como estabilizadora en la etapa adulta.

Para la reforestación sucesional en sistemas agroforestales, es típica de la primera etapa de siembras para los claros y áreas deforestadas y se aprovecha por su abundante regeneración natural y su fácil adaptación a las condiciones del lugar, favoreciendo la formación de coberturas boscosas. Se emplea en construcciones rurales y para cujes de tabacos. Es indiferente a la humedad del sitio y se encuentra en distintos tipos de suelos.

Zizigium jambos (pomarrosa) es una especie que se propaga ampliamente en las orillas de arroyos y ríos de la provincia. Se valora como colonizadora, oportunista e invasora de sitios húmedos. Se prefiere en plantación por el rápido crecimiento, buena propagación por estacas y semillas. La madera se utiliza para cujes de tabacos, varas, traviesas, postes y proporciona buen alimento a la fauna. Se localiza como dominante y dominada, según competencia con otras especies forestales. Es de rápido crecimiento en altura y diámetro.

Algunas especies de frutales son consideradas estabilizadoras, *Mammea americana* (mamey de Sto. Domingo), se desarrolla bien en los suelos profundos y húmedos de las zonas llanas, con significativos bancos de posturas, resiste muy bien la siembra por moteo, por lo que estos bancos de posturas pueden ser la base para el trasplante hacia otros sitios. La especie es de rápido crecimiento, puede alcanzar hasta el 95% de supervivencia al año de plantadas, pudiéndose plantar a un marco de plantación de 1.50 x 1.50 m, con posibilidades de obtener a los cinco años, excelentes vigas y postes de madera dura (Pérez-Carrerass, 2000).

Anacardium occidentale (marañón), también se considera estabilizadora e indiferente con alta supervivencia de las posturas (96.0-98.0%) al año de plantadas y altamente resistentes a los suelos serpentiníticos, de los cuales en Camagüey ocupan un 7% del área territorial. La especie se localiza de forma natural en numerosos claros de las comunidades vegetales.

El aguacate ***(****Persea americana*), también es una especie estabilizadora e indiferente preferida en la reforestación sucesional, por el rápido crecimiento de las posturas en etapas tempranas, con respuesta positiva a la competencia con otras especies, adaptadas a umbrales bajos durante el crecimiento y heliófila en estado adulto. Una vez plantada se ha obtenido hasta el 78% de supervivencia de las posturas.

Psidium guajava (guayaba) se considera una especie estabilizadora capaz de colonizar sitios secos, por ello es utilizada en la reforestación sucesional en las diferentes etapas de siembras, por ser una de las más resistentes a la competencia con el estrato herbáceo. Se halla diseminada por los valles de toda la provincia.

Independientemente del valor de la regeneración natural para el establecimiento de nuestros paisajes ganaderos y forestales, también de ser necesario las especies pueden ser plantadas; para ello se realiza una preparación mínima del terreno, las especies se plantan utilizando diferentes procedimientos que tradicionalmente han dado buenos resultados como: raíz desnuda en el caso de *Cordia gerascanthus* (baría*)*, siembra directa en *Andira inermis* y *Guazuma ulmifolia*, con estacas en *Bursera simaruba* y *Gliricidia sepium,* moteos con *Acrocomia aculeata, Gastrococos crispa* y *Mammea americana* y en envases para el caso de *Cedrela odorata* y *Swietenia mahagonii.*

LOS SUELOS COMO ELEMENTO CRÍTICO PARA LA INTRODUCCIÓN DE ÁRBOLES MULTIPROPÓSITOS

De acuerdo con la Figura 4 los suelos con mayor diversidad de especies arbóreas son los ferralíticos rojos con 38 especies seguidos de los pardos sin carbonatos con 34, en el caso de los Ferralíticos rojos algunas especies también son comunes en los Ferralíticos rojos lixiviados y Ferralíticos cuarcíticos amarillos. Los suelos Ferralíticos ocupan el 17 % de los suelos de la provincia por lo que estas especies tienen una importante representatividad en los agroecosistemas diversificados del territorio.

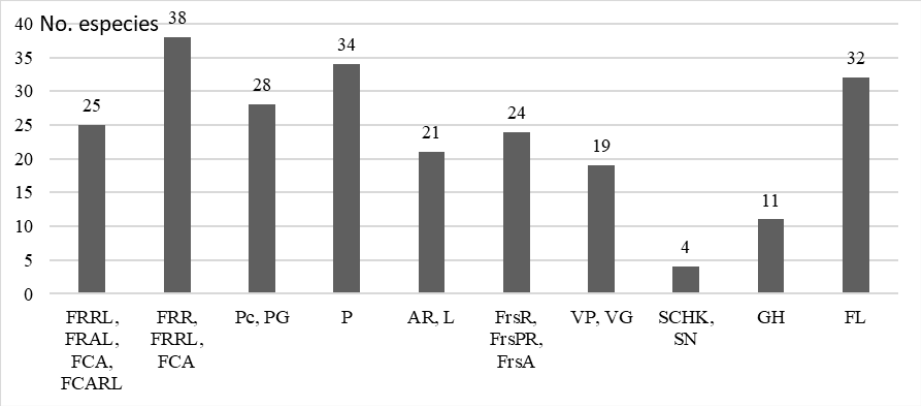


Fig. 4. A*grupamientos de suelos presentes en Camagüey y su relación numérica con las especies asociadas*

Ferralítico: *FRR-.F. Rojo, FRRL- F. Rojo Lixiviado. FRAL- F. Amarillento Lixiviado, FCA-F. Cuarcítico Amarillo. FCARL- F. Cuarcítico Amarillo Rojo Lixiviado;* ***Fersialítico****: FrsR- F. Rojo, FrsPR- F. Pardo Rojizo, FrsA- F. Rojo Amarillento;* ***Pardos****: P- Pardo sin carbonatos, Pc- Pardo con carbonatos, PG- Pardo Grisáceo;* ***Vertisol:*** *VP- Vertisol Pélico, VG- Vertisol Gléyco;* ***Gleysol:*** *GH- Gleysol Húmico;* ***Fluvisol:*** *FL- Fluvisol;* ***Solonchaks:*** *SCHK- Solonchaks;* ***Solonetz:*** *SN- Solonetz*

Las especies con mayor amplitud ecológica respecto al suelo (Figura 5) son *A. lebbeck, T. racemosa* y *P. guajava* seguidos de *G. sepium, C. collococca* y *C. nucifera,* esto da criterio de promisoriedad de uso en la mayoría de las fincas diversificadas de la provincia.

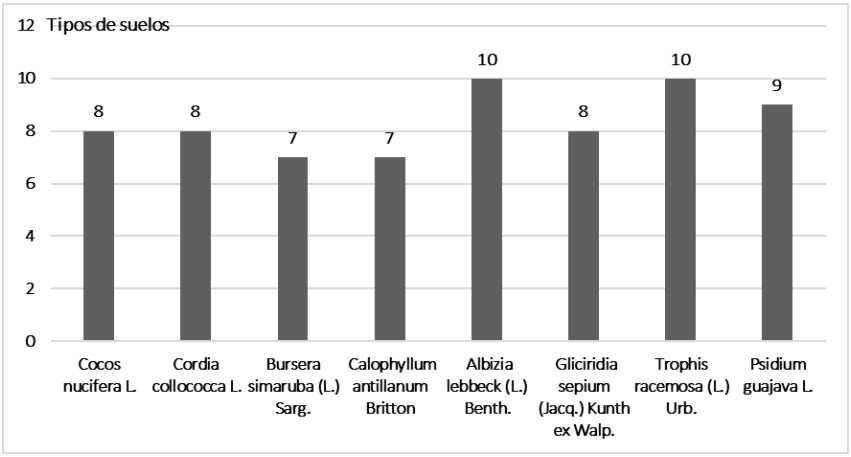


Fig. 5. *Especies de mayor amplitud ecológica respecto a los tipos de suelos*

La profundidad total y el drenaje son dos elementos que limitan mucho el buen desarrollo de las especies arbóreas, en ambos casos a más de 30 especies las limita esta condición la cual es común en muchos de los suelos de Camagüey, sobre todo en el municipio de Sibanicú y Guáimaro (Figura 6).

La salinidad y la erosión son también factores limitantes a considerar para el establecimiento y buen desarrollo de los sistemas agroforestales en Camagüey, relativo a las áreas erosionadas, las más afectadas son la Cuenca del río Caonao, Sur de la Sierra de Cubitas, Zonas aledañas a la carretera de Nuevitas, Sierra de Najasa, Sierra de Maraguán, Altiplanicie de San Felipe y la Llanura denudativa del centro de Camagüey.

Relativo a la salinidad, actualmente, se conoce que existen áreas fuertemente afectadas; es el caso de Camalote, los CAI Brasil, Sierra de Cubitas, CAI Arrocero Ruta Invasora, Noel Fernández, Cándido González y Haití.

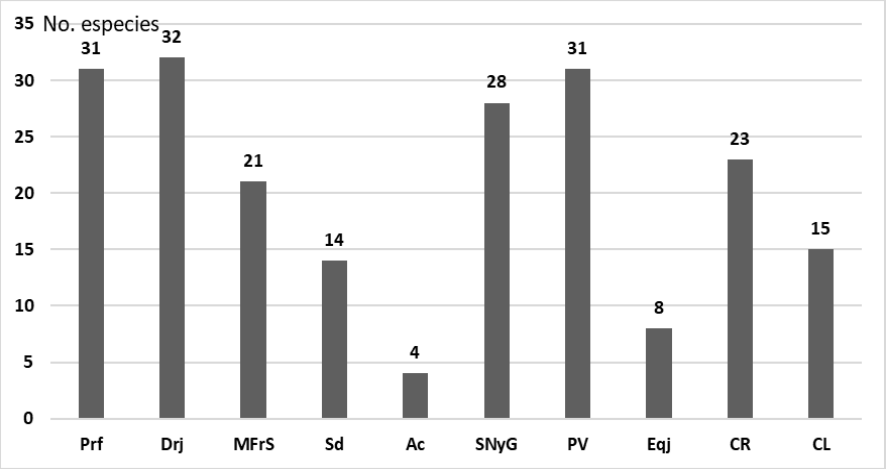


Fig.6. *Especies arbóreas y arbustivas más comunes en Camagüey y posibilidades de empleo de acuerdo con el drenaje del suelo y otros indicadores del suelo y de la planta.*

Prf: *Profundidad total,* ***Drj:*** *Drenaje,* ***MFrS:*** *Manto freático superficial,* ***Sd:*** *Salinidad,* ***Ac:*** *Acidez,* ***SNyG:*** *Siembra natural y gámica,* ***PV:*** *Plantas de vivero,* ***Eqj:*** *Esquejes,* ***CR:*** *Crecimiento rápido,* ***CL:*** *Crecimiento lento* ***Adaptado de:*** *Milera (2016)*

CONCLUSIONES

- Las áreas ganaderas de Camagüey cuentan con un alto potencial de árboles y arbustos multipropósitos; que son utilizados por los animales como sombra, como forraje o frutos, muchas son fijadoras de nitrógeno y muchas también utilizadas por los campesinos como combustible, madera, cortinas rompe vientos, frutales, abonos verdes, ornamentales y medicinales.
- En el territorio existen arbóreas altamente invasoras y potencialmente invasoras, muchas de ellas de alto valor para la ganadería por lo que deben manejarse adecuadamente.
- Existe una rica flora asociada a las especies de mayor valor de uso, con diferentes habilidades competitivas como pioneras, colonizadoras, estabilizadoras y rezagadas, las cuales crean las condiciones para el establecimiento adecuado de otras de más difícil adaptación.
- El 40 % de las especies identificadas se asocian fundamentalmente a los suelos ferralíticos rojos seguidos de los pardos sin carbonatos con porcentaje similar.

BIBLIOGRAFÌA

Forero, R. 2005. Agricultura y Ganadería Tropical. Boletín Electrónico LEAD- FAO 5(1).

GEPC. 2024. Flora vascular nativa y naturalizada de Camagüey. Pp. 1679-1714. En: GEPC. Catálogo de las Plantas de Cuba. Planta! – Plantlife Conservation Society, Vancouver. https://doi.org/ 10.70925/cat.2024_271

González-Oliva, L. & Regalado, L. (ed.) 2012. Plantas invasoras en Cuba. Resultados del proyecto "Plantas invasoras presentes en la República de Cuba– estrategia para la prevención y manejo de especies con mayor nivel de agresividad" auspiciado por el Programa Nacional de Ciencia y Técnica "Cambios Globales y Evolución del Medio Ambiente Cubano". – Bissea, 6 (Núm. Espec. 1). http://www.lead.virtualcentre.org/.

Murgueitio, E. 2003. Impacto ambiental de la ganadería de leche en Colombia y alternativas de solución. Livestock Research for Rural Development 15(10): 1-16

Pérez-Carreras, E. 2000. Reforestación sucesional en la Sierra de Cubitas, Camagüey. Cuba. Tesis doctoral, Instituto de Ecología y Sistemática.

Herrera, R., Hernández, L. y Vilamajó, D. 1988. Las Estrategias Regenerativas, Competitivas y Sucesionales en los bosques siempreverdes en la Sierra del Rosario. En Ecología de los Bosques Siempreverdes de la Sierra del Rosario, Cuba. Inst. Ecol. Sist., ACC. Ofic.. Reg. de Cien. y Tecnología de la UNESCO para América Latina y el Caribe, ROSTLAC, Montevideo, Uruguay, pp.29 - 362.

Herrera, R., Ulloa, R. y Priego, G. 1997. Ecotechnologies for the sustainable management of tropical forest diversity. Nature & Resources, UNESCO, Vol. 33, No.1, pp. 2 – 17.

BMA-18. Reporte de primeros hallazgos de morfoespecies de artrópodos asociadas a *Morus alba L.* en Cuba

Report of the first findings of arthropod morphospecies associated with *Morus alba* L. in Cuba

T Casero Rodríguez[1]; N Valenciaga Valdés[2]; M Matamoros Torres[3]*

[1] Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (UEB INICA Mayabeque) Ave: 7 N° 604 e/. 4 y 6, Localidad Pablo Noriega, Quivicán, Mayabeque, Cuba

[2] Instituto de Ciencia Animal (ICA), Carretera central km 47 ½, Apartado 24. San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba

[3] Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal (INISAV) Calle: 110 N° 514 e/. 5ta A y 5ta. F, Miramar, La Habana, Cuba

[*]Correspondencia a: caserorodrigueztania@gmail.com

RESUMEN

Morus alba L. es una planta arbustiva proteica nativa del continente asiático, se adaptó a diferentes condiciones edafoclimáticas, entre ellas las de Cuba; se introduce en nuestro país con el propósito de la reproducción del gusano de seda y desde el año 1996 se incursiona en la alimentación animal; esta última toma mayor énfasis en los momentos actuales donde importar piensos constituye una problemática ocasionada por la crisis económica. Detectar las diferentes especies que inciden en la morera es de vital importancia para su protección y adecuado desarrollo, en aras de alcanzar altos rendimientos y satisfacer la demanda nutricional de la masa ganadera. Es objetivo del presente trabajo realizar el reporte de hallazgo de nuevas especies de artrópodos en *Morus alba* que permitan la detección temprana de agentes nocivos, así como de especies benéficas para su manejo integrado de plagas. Para ello se realizaron muestreos fitosanitarios en áreas del polo productivo Manuel Fajardo en la provincia Mayabeque, durante el periodo enero a diciembre del año 2023, en los que se observaron y colectaron las morfoespecies artrópodas, que se identificaron con posterioridad en laboratorios de diagnósticos destinados para esta tarea. Se colectaron 25 morfoespecies distribuidas en tres clases, ocho órdenes, 17 familias, 15 géneros y 16 especies identificadas. Los órdenes Hemiptera y Coleoptera tuvieron la mayor representación. Las morfoespecies *Praticolella griseola*, *Bradybaena similares*, *Orthezia insignis, Craspeduchus pulchellus, Heza mazain, Icerya purchasi, Rharnus insulicola, Pachnaeus azurescens, Lachnopus sp, Lachnopus hispidus, Hippodamia convergens y Opatrinus pullus* constituyeron nuevos hallazgos de ellas 9 se clasificaron como fitófagos y 3 como controladoras biológicas. Es importante mantener estricta vigilancia al comportamiento de los niveles poblacionales y de daño de las especies detectadas, lo que permitirá trazar sus estrategias de manejo de forma eficiente.

Palabras clave: *Morera, muestreo, artropodofauna, identificación, nuevas especies*.

ABSTRACT

Morus alba L. is a protein shrub plant native to the Asian continent. It has adapted to different soil and climate conditions, including those of Cuba. It was introduced in our country for the purpose of silkworm reproduction, and since 1996 it has been used in animal feed. The latter is gaining greater emphasis in current times when importing feed is a problem cused by the economic crisis. Detecting the different species that affect the mulberry tree is of vital importance for its protection and proper development, in order to achieve high yields and satisfy the nutritional demands of livestock. The objective of this work is to report the discovery of new species in Morus alba that allow the early detection of harmful agents, as well as beneficial species for integrated pest management for this purpose, phytosanitary sampling was carried out in areas of the Manuel Fajardo productive pole in the Mayabeque province, during the period from January to December 2023, in which the species were observed and collected, which were later identified in diagnostic laboratories designated for this task. 25 morphospecies were diagnosed, distributed across three classes, eight orders, 17 families, 15 genera and 16 identified species. The orders Hemiptera and Coleptera had the greatest representation. The morphospecies *Praticolella griseola*, *Bradybaena similares*, *Orthezia insignis, Craspeduchus pulchellus, Heza mazain, Icerya purchasi, Rharnus insulicola, Pachnaeus azurescens, Lachnopus* sp.*, Lachnopus hispidus, Hippodamia convergens* and *Opatrimus pullus* were new findings, of these, 9 were classified as phytophagous and 3 as biological controllers. It is important to maintain strict surveillance of the population levels and damage behavior of the detected species, which will allow for efficient management strategies.

Keywords: *Mulberry, sampling, arthropodfauna, identification, new species*.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, las plantas arbustivas proteicas constituyen una alternativa significativa para la alimentación de las masas ganaderas en múltiples regiones del mundo; en este grupo se encuentra *Morus alba* L. (Morera) que es nativa del continente asiático y se adaptó de manera excelente a gran diversidad de condiciones edafoclimáticas (Pérez *et al*., 2010, Martínez y Ramírez; 2014). Entre ellas las de Cuba (Martín *et al.,* 2007).

La morera, se utilizó tradicionalmente para la alimentación del gusano de seda en diferentes países (Martínez y Ramírez; 2014). Se introdujo en nuestro país con ese propósito y desde el año 1996 se incursiona en la alimentación animal; esta última toma mayor énfasis en los momentos actuales donde importar piensos constituye una problemática ocasionada por la crisis económica. Además, sus potencialidades se explotan en las industrias farmacéuticas, textiles y agropecuarias (Duarte *et al*., 2023).

En Cuba se realizan investigaciones encaminadas a evaluar el comportamiento de esta planta arbustiva en distintas condiciones edafoclimáticas como fuente de forraje para la alimentación animal. Sin embargo, no fue hasta el año 2011 cuando se promovió su propagación, con la finalidad de elaborar subproductos para la industria textil, médico farmacéutica, cosmética y biotecnológica (Martín *et al*., 2014).

El uso de este cultivo con múltiples propósitos es innegable, sin embargo, resulta insuficiente la información acerca de su tolerancia a plagas (Ramos y Valencia 2011).

Como inicio de la protección fitosanitaria de cualquier cultivo, es imprescindible identificar las especies asociadas a su ciclo de explotación y la acción que desempeña en el ecosistema, lo cual define la estrategia de manejo a emplear.

Detectar las diferentes especies que inciden en la morera es de vital importancia para su protección y adecuado desarrollo, en aras de alcanzar altos rendimientos y satisfacer la demanda nutricional de la masa ganadera.

Es objetivo de este presente trabajo realizar el reporte de hallazgos de nuevas especies en *Morus alba* L. que permitan la detección temprana de agentes nocivos, así como de especies benéficas para enriquecer las estrategias de manejo integrado de plagas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del área de estudio

El área de estudio se localiza en la Empresa Agroindustrial Azucarera Comandante Manuel Fajardo del municipio de Quivicán, provincia Mayabeque, situadas en las coordenadas planas 309,629.47m a 310,187.61m de latitud Norte y 298,091.28m a 299,550.53m de longitud Este, en la proyección Cuba Cónica Conforme de Lambert. Limites: Norte: Áreas de la CCS José Antonio Echeverría, Sur: Áreas de la CCS José Antonio Echeverría y al Oeste: Resecadora de tabaco Rubio (Figura. 1).



Figura 1. *Mapa temático del área*

Muestreo de morfoespecies asociadas al cultivo Morus alba L.

El muestreo de las morfoespecies asociadas al cultivo *Morus alba* L. se realizó en el periodo de enero a diciembre del año 2023, se destinó un área de 600 m^2 de Morera con la finalidad de garantizar la representatividad, el rigor científico, así como la confiabilidad de los resultados en el campo de la protección vegetal. En este espacio se conformaron 16 parcelas rectangulares de aproximadamente 30 m^2 (5 x 6) (área neta), recomendada para estos estudios por CIBA-GEIGY (1981).

Los muestreos se realizaron en los dos surcos centrales de cada parcela, con frecuencia quincenal, se tomaron cinco plantas al azar en cada réplica, donde se observaron y colectaron las especies presentes en las diferentes partes de las plantas, por último, se confeccionó una base de datos en Excel con los resultados, lo que permitió determinar la abundancia absoluta de las especies; además se confeccionó una colección de fotografías de las especies identificadas.

Se prepararon las soluciones de alcohol al 70%. Las especies colectadas se conservaron en esta solución, posterior a esto se trasladaron a los Laboratorios, Central de Cuarentena, Provincial de La Habana de la Dirección Nacional de Sanidad Vegetal y del Instituto de Ciencia Animal para su identificación, así como del INISAV.

En los laboratorios se realizó la identificación de las morfoespecies, para ello se utilizó un microscopio estereoscópico, colecciones entomológicas y claves dicotómicas afines.

Se identificaron los insectos fitófagos, organismos visitadores y la fauna benéfica asociada, de acuerdo con la asignación de grupos funcionales ya descrita por Metcalf y Flint (1965), Triplehorn y Johnson (2005), Mancina y cruz (2017) y World Spider Catalog (2020).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los muestreos fitosanitarios permitieron la colecta de 2162 individuos de artrópodos en *Morus alba* L.; en los que se colectaron 25 morfoespecies. De acuerdo con la clasificación taxonómica se distribuyeron en tres clases, ocho órdenes, 17 familias, 15 géneros y 16 especies identificadas; por su modo de acción 16 fitófagos, 5 controles biológicos y 4 visitadores (Tabla 1).

Tabla 1. *Clasificación taxonómica y por el modo de acción de las morfoespecies identificadas en Morus alba L.*

Clase	Orden	Familia	Género	Especie	Modo de acción	Abundancia absoluta
Gastropoda	Stylommatophora	Polygyridae	*Praticolella*	*Praticolella griseola*	Fitófagos	556
Gastropoda	Stylommatophora	Bradybaenidae	*Bradybaena*	*Bradybaena similares*	Fitófagos	
Insecta	Hemiptera	Ortheziidae	*Orthezia*	*Orthezia insignis*	Fitófagos	13
Insecta	Hemiptera	Lygaeidae	*Craspeduchus*	*Craspeduchus pulchellus*	Fitófagos	85
Insecta	Hemiptera	Reduviidae	*Heza*	*Heza mazain*	Controladores biológicos	6
Insecta	Hemiptera	Margarodidae	*Icerya*	*Icerya purchasi*	Fitófagos	266
Insecta	Hemiptera	Pentatomidae	*Rharnus*	*Rharnus insulicola*	Controladores biológicos	5
Insecta	Hemiptera	Aleyrodidae	*Trialeurodes*	*Trialeurodes vaporariorum*	Fitófago	470



Insecta	Hemiptera	Cicadellidae			Fitófago	3
Insecta	Hemiptera	Pseudococcidae			Fitófago	31
Insecta	Coleoptera	Curculionidae	*Pachnaeus*	*Pachnaeus litus*	Fitófagos	17
Insecta	Coleoptera	Curculionidae	*Pachnaeus*	*Pachnaeus azurescens*	Fitófagos	
Insecta	Coleoptera	Curculionidae	*Lachnopus*	*Lachnopus sp*	Fitófagos	17
Insecta	Coleoptera	Curculionidae	*Lachnopus*	*Lachnopus hispidus*	Fitófagos	42
Insecta	Coleoptera	Coccinellidae	*Hippodamia*	*Hippodamia convergens*	Controladores biológicos	47
Insecta	Coleoptera	Coccinellidae			Controladores biológicos	
Insecta	Coleoptera	Tenebrionidae	*Opatrinus*	*Opatrinus pullus*	Fitófagos	13
Insecta	Hymenoptera	Formicidae	*Wasmannia*	*Wasmannia auropunctata*	Visitadores	177
Insecta	Hymenoptera	Formicidae	*Paratrechina*	*Paratrechina longicornis*	Visitadores	405
Insecta	Diptera	Muscidae	*Musca*	*Musca domestica*	Visitadores	2
insecta	Lepidoptera	Mariposas diurnas sin identificar			Visitadores	2
Insecta	Lepidoptera	*Pterofaridae*			Fitófago	1
Insecta	Lepidoptera	*Sphingidae*			Fitófago	1
Insecta	Orthoptera				Fitófago	1
Arachnida	Araneae	Arañas sin identificar			Controladores biológicos	2
Total						**2162**

Sin embargo, algunos autores sólo reportan la presencia de cuatro especies de diferentes familias pertenecientes al Orden Lepidoptera entre las que se encuentran, *Stigmene acraea* (Drury). *Glyphodes sybillalis* Walker. *Spodoptera latisfacia* (Walker). *Maenas jussiaeae* (Poey) sobre M. alba (Martínez y Ramírez; 2014).

Algunos autores plantean que las plantas sericulturales como la Morera son atacadas durante todo el período de crecimiento y desarrollo por insectos, nematodos, enfermedades y patógenos (Gahukar; 2015).

De acuerdo con Narendra *el al.,* (2012); la Morera es propensa al ataque de unas 300 especies de plagas de artrópodos en todo el mundo.

Las morfoespecies con mayor abundancia absoluta en la Morera fueron, *Praticolella griseola*, *Bradybaena similares*, *Icerya purchasi, Trialeurodes vaporariorum, Wasmannia auropunctata y Paratrechina longicornis.* Con valores superiores a 100 en el ciclo evaluado.

El estudio realizado mostró que los órdenes Hemiptera y Coleoptera tuvieron la mayor representación con la presencia de 8 y 7 morfoespecies respectivamente, tres del orden Lepidoptera, dos de los órdenes Hymenoptera y Stylommatophora cada uno y una de los órdenes Araneae (Clase Arachnida), Orthoptera y Diptera (Figura 2).

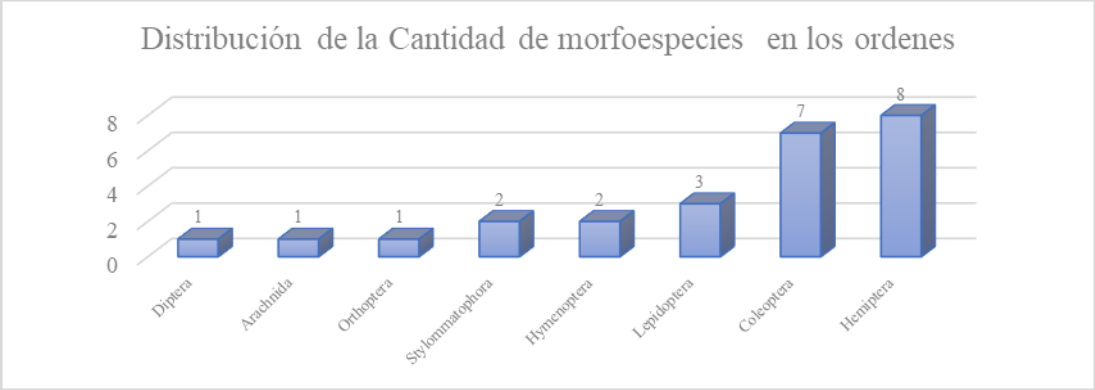


Figura 2. *Distribución de la Cantidad de morfoespecies identificadas en orden Morera.*

Algunos autores señalan que, entre los principales órdenes de insectos plagas que atacan a la morera, se encuentran en primer lugar el orden Lepidoptera, seguidos de los órdenes Coleoptera, Hemiptera, Thysanoptera y Orthoptera (Avhad y Hiware, 2013).

Estudios recientes indican que el 60,86 % de las plagas que afectan este cultivo pertenecen al orden Hemiptera; 22,05 % al orden Hymenoptera y el 8,65 % al orden Coleoptera (Mahadeva, 2018).

Otros autores indican que el orden Coleoptera fue el mejor representado con cuatro familias, seguido de los órdenes Hemiptera con tres familias, Lepidoptera con tres familias e Hymenoptera con tres familias entre otros (Duarte *et al.*, 2023).

Además se reportaron nuevos hallazgos de *Morus alba a Bemisia tabaci, Diabrotica balteata, Empoasca* sp. y *Pachnaeus litus* (Duarte *et al.,* 2023).

Según la información revisada, se ha determinado que *Morus alba* actúa como un nuevo hospedante de *Praticolella griseola*, *Bradybaena similares*, *Orthezia insignis, Craspeduchus pulchellus, Heza mazain, Icerya purchasi, Rharnus insulicola, Pachnaeus azurescens, Lachnopus sp, Lachnopus hispidus, Hippodamia convergens y Opatrinus pullus* (figura 3).

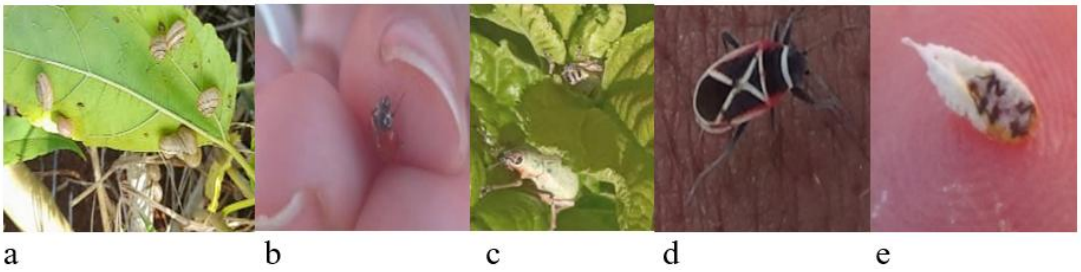


Figura 3. Especies de detectadas en *Morus alba* L. a *Praticolella griseola*, *Bradybaena similares*; b *Hippodamia convergens, c Pachnaeus azurescens, d Craspeduchus pulchellus, e Icerya purchasi.*

Las 12 morfoespecies que constituyen nuevos hallazgos para la Morera se clasificaron de acuerdo con su modo de acción en 9 fitófagos y 3 controladoras biológicas; En estos últimos se cuenta con una chinche asesina, un depredador de moluscos y un depredador de pulgones.

Es importante mantener la vigilancia sobre las morfoespecies que se presenten, de este modo establecer las alertas tempranas de presencia de plagas y establecer medidas de manejo integrado oportunas para cada caso.

CONCLUSIONES

1. El estudio realizado identificó 25 morfoespecies de tres clases, ocho órdenes, 17 familias, 15 géneros y 16 especies identificadas, lo que denota una amplia variabilidad en la artropodofauna asociada al cultivo *Morus alba* L.
2. Se identificaron 12 morfoespecies considerados nuevos hallazgos para el cultivo *Morus alba* L. lo que acentúa la necesidad de mantener estudios en diferentes ambientes.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a los investigadores, especialistas y técnicos que contribuyeron con el trabajo de campo y de laboratorio: Desiré Baigorría Padrón, Liliannis Verdecia Álvarez, Adriel L. García Carrera, Leodanis Tur Verdecia, Raudel Martínez Feria, Ramón Andreu Robert, Leagne Yeney Zamora Ladrón de Guevara, Manuel A. Ramos Lemus y Ciro A. Mora Diaz.

BIBLIOGRAFÍA

Avhad, S., Hiware, C. 2013. Mulberry Defoliators: Distribution and Occurrence from Aurangabad (M.S.), India. Journal of Entomology and Zoology Studies. 1(4): 1-6.).

CIBA-GEISY. 1981. Manual para ensayos de campo en protección vegetal. Segunda edic. revisada y ampliada. Werner Püntener, División Agricultura. Suiza. 205 p.

Duarte, L., Aldama, Y., Caballero, B., Del Toro, M., Ceballos, M., Miranda, I., Cuellar, L., Chico, R., Martínez, M.A. 2023. Diversidad de la entomofauna asociada al cultivo de la morera (*Morus alba* L.) en Cuba. Revista de Protección Vegetal Vol.38, ISSN 2224-4697.

Gahukar, R. 2015. Management of pests and diseases of tropical sericultural plants by using plant-derived products: a review. Journal of forestry research, 26(3): 533-544.

Mahadeva, A. 2018. Insect pest infestation, an obstacle in quality mulberry leaves production. Asian J. Biol. Sci, 11(1): 41-52.

Mancina, C. A., Cruz, D. D. 2017. Diersidad biológica de Cuba: Métods de inventario, monitoreo y colecciones biológicas. Editorial AMA, La Habana, 480 p. ISBN: 978-959-300-130-4.

Martín, G., Noda, Y., Arias, Y., Pentón, G., Prieto, M., Brunet. 2014. Evaluación de la capacidad de reproducción vegetativa de variedades de morera (*Morus alba* L.). Pastos y Forrajes. 37(2): 151-157.

Martín, GJ., Noda, Y., Pentón, G., García, DE., García, F., González, E. 2007. La morera (Morus alba, Linn.): una especie de interés para la alimentación animal. Revista Pastos y Forrajes. Estación Experimental de Pastos y Forrajes Cuba. 30(5).

Martínez, M. de los A., Ramírez, S. 2014. Insectos presentes en Morus alba L. y Moringa oleifora Lamark. Rev. Protección Veg. Vol. 29 No. 1 (ene.-abr. 2014): 52-56 ISSN: 2224-4697.

Matcalf, C. L., Flint, W. P. 1965. Insectos destructivos e insectos útiles: Sus costumbres y su control. Instituto cubano del libro. La Habana, Cuba, 1208 p.

Narendra, KJ., Divya, S., Sreenivas, B., Shekhar, M., Qadri, S. 2012. Bio-ecology and management of aleyrodids infesting mulberry in India a review. Journal of Sericulture y Technology. 3(1 y 2):28-37.

Pérez, A., Sánchez, T., Armengol, N., Reyes, F. 2010. Características y potencialidades de *Moringa oleifera*, Lamark. Una alternativa para la alimentación animal. Revista de Pastos y Forrajes. Estación Experimental de Pastos y Forrajes Cuba. 33(4):1-28.

Ramos, RS., Valencia, E. 2011. Tolerancia a plagas de las arbustivas forrajeras Morus alba e Hibiscus rosa sinensis en la Región Húmeda Central de Puerto Rico. Disponible en : http://www.engormix.com/MA-ovinos/articulos/tolerancia-plagas-arbustivas-forrajeras-t3371/p0.htm. [Consultado 10 feb 2012]

Triplehorn, C. A., Johnson, N. F., 2005. Borror and DeLong´s Introduction to the study of insects. Thomson Broock/cole, USA 864p., Seventh edition, ISBN 003-096835-6. https://www.academia.edu/30669150/Borror_and_Delong_2005_Study_of_Insects.

World Spider Catalog 2020. World Spider Catalog. Versión 21.5. Natural History Museum Bern. https://doi.org/10.24436/2 disponible en: http://wsc.nmbe.ch.

BMA-19. Influencia de la estacionalidad en la diversidad de artrópodos en sistemas agroforestales del trópico húmedo de México

Influence of the seasonal of the diversity of arthropods in agroforestry systems of humid tropics of Mexico

G. Villanueva-López[1]., L. A. Lara-Pérez[2]., I. Oros-Ortega[2]., D. R. Aryal., F. Casanova-Lugo[2]., F. C. Olivo-Merodio*

[1]El Colegio de la Frontera Sur. Carretera a Reforma Km, 15.5 S/N Ra. Guineo 2ª Sección C.P. 86280. Villahermosa, Tabasco, México

[2]Tecnológico Nacional de México, campus Instituto Tecnológico de La Zona Maya, Carretera Chetumal-Escarcega Km 21.5, C.P. 77965 Ejido Juan Sarabia, Quintana Roo, México

SECIHTI-Universidad Autónoma de Chiapas, Facultad de Ciencias Agronómicas, Carr. Ocozocoautla–Villaflores km. 84.5, C.P. 30470 Villaflores, Chiapas, México

[*]Correspondencia a: gvillanueva@ecosur.mx

RESUMEN

Los sistemas agroforestales en los trópicos muestran una alta heterogeneidad en la composición de especies vegetales y en la configuración estructural. Sin embargo, pocos estudios han evaluado el cambio estacional en la diversidad alfa y abundancia de artrópodos en sistemas agroforestales en los trópicos. Este estudio fue diseñado para analizar la composición, abundancia y diversidad alfa de órdenes de artrópodos en cinco sistemas agroforestales en el trópico húmedo de Tabasco, México. Los sistemas agroforestales comparados fueron árboles de sombra en plantaciones (ShTP), cercas vivas (LF), agricultura en callejones (AF), agricultura de roza, tumba y quema (SBA), y plantaciones de pastoreo (GP) durante la estación seca y lluviosa. Los artrópodos fueron recolectados utilizando trampas de caída, clasificados a nivel de orden y contados para estimar la abundancia. Se recolectaron un total de 10,271 individuos de artrópodos que pertenecen a siete órdenes. Hymenoptera fue el grupo más abundante, representando el 64.7% del total de individuos, seguido por Coleoptera, Collembola, Araneae, Hemiptera, Diptera y Orthoptera. La diversidad alfa y la abundancia de artrópodos variaron significativamente entre los sistemas agroforestales y entre las estaciones lluviosa y seca. Los sistemas agroforestales AF, GP y ShTP mostraron una mayor diversidad (índice de Shannon) y órdenes dominantes (índice de Simpson) en la estación lluviosa en comparación con la estación seca. El cambio estacional de los diferentes órdenes de artrópodos varió entre los sistemas agroforestales, mientras que los ortópteros sí variaron estacionalmente en todos los sistemas agroforestales. Este estudio sugiere los efectos interactivos de las estaciones y los sistemas agroforestales sobre la abundancia y diversidad de artrópodos.

Palabras clave: *Órdenes de artrópodos, trampas pitfall, abundancia, estación lluviosa y seca, composición de la comunidad, agroecosistemas tropicales*

ABSTRACT

Agroforestry systems in the tropics exhibit high heterogeneity in plant species composition and structural configuration. However, few studies evaluated the seasonal shift in arthropod alpha diversity and abundance in agroforestry systems in the tropics. This study was designed to analyze the composition, abundance, and alpha diversity of arthropod orders in five agroforestry systems in the humid tropic of Tabasco, Mexico. The agroforestry systems compared were shade trees in plantations (ShTP), living fences (LF), alley farming (AF), slash-and-burn agriculture (SBA), and grazing plantations (GP) during dry and rainy seasons. Arthropods were collected using pitfall traps, classified at the order level, and counted to estimate the abundance. A total of 10,271 arthropod individuals were collected that belong to seven orders. Hymenoptera was the most abundant group, accounting for 64.7% of the total count, followed by Coleoptera, Collembola, Araneae, Hemiptera, Diptera, and Orthoptera. Arthropod alpha diversity and abundance varied significantly among the agroforestry systems and between the rainy and dry seasons. The agroforestry systems AF, GP, and ShTP showed a higher diversity (Shannon index) and dominant orders (Simpson index) in the rainy season compared to the dry season. The seasonal shift of the different arthropod orders varied among agroforestry systems, while the Orthoptera did seasonally vary across the agroforestry systems. This study suggests the interactive effects of seasons and agroforestry systems on arthropod abundance and diversity.

Keywords: *Arthropods orders, pitfall traps, abundance, rainy and dry season, community composition, tropical agroecosystems*



BMA-20. Diversidad de invertebrados del suelo en sistemas silvopastoriles del sur de Quintana Roo, México

Soil invertebrate diversity in silvopastoral systems of Southern Quintana Roo, Mexico

P. J. Ramírez-Barajas[1], F. Casanova-Lugo[2], L. A. Lara-Pérez[2], L. Macario-González[2]*

[1]Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) – Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de la Zona Maya.

[2]Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de la Zona Maya.

[*]Correspondencia a: pjrbarajas@gmail.com

ABSTRACT

The main of this study was to evaluate the abundance, richness and diversity of invertebrates in the soil of silvopastoral systems of southern Quintana Roo. Forty-five pitfall traps were placed in three conditions within the livestock systems of southern Quintana Roo: grasslands (P), scattered trees in the pastures (ADP) and patches of medium sub-evergreen forest (VN). Sampling was carried out in May, July and September 2023. An abundance of 12,342 invertebrates and a richness of 26 orders (q_0) were obtained. The main taxa found were Hymenoptera (52.3%), Coleoptera (15.1%), Diptera (11.1%), Orthoptera (5.4%), Acaridae (4.4%), Aranae (3.3%), Colembola (2.8%) and Hemiptera (2.7%). Taxa richness was similar between systems (21 to 23 taxa). However, the greater diversity, dominance and evenness was found in the traps with VN (q_1 = 6.6; q_2 = 4.9; J = 0.6, respectively). Given the scant evidence on biodiversity in livestock systems, it is essential to maintain the complexity of the landscape with areas of natural vegetation and woody species, which keep functional diversity high. At the landscape scale, livestock systems with trees and shrubs are able to maintain a high diversity and functional structure that maintains the ecosystem services of soil invertebrates; they can also provide relevant information on the conservation of the ecosystem.

Keywords: *abundance, edaphic fauna, cattle landscape, ranch, richness.*

INTRODUCCIÓN

La biodiversidad es fundamental para controlar plagas en los cultivos y para mantener la estabilidad, función y servicios de los agroecosistemas (Sunderland y Samu, 2000; Letourneau et al. 2009); sin embargo, la intensificación del uso de la tierra es uno de los principales causantes de la pérdida de la biodiversidad a nivel mundial (Raven y Wagner, 2021; Gaëtane, et al. 2021). De esta manera, las actividades agrícolas intensivas, han causado una amplia declinación de la agrobiodiversidad, es decir, la biodiversidad propia de tierras agrícolas (Donald et al. 2001).

Por otra parte, las prácticas regenerativas del suelo tales como la diversificación de cultivos, rotaciones y reducción de barbechos, así como la incorporación de la ganadería dentro de los sistemas de cultivos o agroforestales, han sido recomendados como sistemas amigables con el ambiente y alternativas sustentables de las prácticas intensivas (Goldman 1995; Villanueva-López et al. 2019). En este sentido, los invertebrados del suelo participan de manera activa en procesos físicos, químicos y biológicos como ingenieros del ecosistema a varias escalas espaciales y temporales que hacen que los suelos posean atributos de auto organización, lo cual los convierte en uno de los mejores indicadores de la calidad del suelo y un recurso que, apropiadamente manejado, puede incrementar los servicios ecosistémicos que proveen los agroecosistemas (Lavelle et al. 2006).

Dada la importancia que tiene la presencia de estos organismos en el suelo de los agroecosistemas, el objetivo de la presente propuesta es evaluar la abundancia, riqueza y diversidad de invertebrados del suelo en ranchos ganaderos del sur de Quintana Roo. Tanto la riqueza como la diversidad y la conformación de grupos funcionales pueden mostrar las distintas funciones que tienen los invertebrados del suelo en los agroecosistemas estudiados y así ser un bioindicador de la salud del suelo de los ranchos ganaderos y de la complejidad del paisaje.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio de estudio

El estudio se realizó en la comunidad ganadera de Río Verde, del municipio de Bacalar, ubicado al sur del estado de Quintana Roo, México, entre las coordenadas geográficas 18°40´ N y 88°23´ O, con una altitud de 53 a 69 m.s.n.m (Figura 1). La producción ganadera del municipio es de las más importantes en el estado y es de doble propósito (carne, leche y derivados; Agricultura/Quintana Roo, 2018). El clima de la región se clasifica como cálido subhúmedo Aw_1, con lluvias en verano (García, 2004).

Características de los sistemas en las unidades de producción

Se seleccionaron tres unidades de producción animal con características propias del paisaje de la zona (Agricultura/Quintana Roo, 2018), es decir; ranchos que contaran con sistemas de pastoreo con pasturas sin árboles (P), sistemas con pastos y árboles nativos dispersos en potreros (ADP) y con áreas conservadas de vegetación natural conservada (VN) como selva mediana subperennifolia. Se establecieron un total de nueve transectos de 50 m de longitud, cada transecto se separó al menos 50 m del otro, lo cual proporciona independencia espacial considerando la actividad de la fauna invertebrada epigea (Guo et al. 2020; Rivera y Favila 2022). En cada transecto se colocaron 5 estaciones (trampa de caída o pitfall) separadas a cada 10 m. Lo que hizo un total de 15 trampas por cada agroecosistema y 45 trampas para el total del área de estudio (Boetzl et al., 2018), cada colecta se hizo considerando la intensidad de muestreo de acuerdo con un costo-efectivo y con principios éticos para evitar el sobre muestreo (Rivera y Favila 2022). Se realizaron dos muestreos durante la temporada seca del año de febrero a mayo, dos muestreos durante la temporada intermedia de junio a julio y dos más en temporada de lluvias de agosto a septiembre, lo que hizo un total de seis muestreos durante 2023. Se obtuvieron un total de 270 muestras, que corresponden a 90 muestras en temporada de secas, 90 en condiciones intermedias y otras 90 en temporada de lluvias en los tres sitios, durante un año.

Diseño de las trampas pitfall

Para el presente estudio se utilizaron trampas pitfall modificadas de acuerdo con Galindo-Rojas et al. (2017) y Boetzl et al. (2018), y fueron elaboradas con vasos desechables de plástico de 500 ml con tapa cupular. En la tapa, se colocaron cuatro ventanas laterales (4 cm de ancho por 3 cm de alto aproximadamente) para la entrada de invertebrados epigeos. Cada trampa fue enterrada a ras de suelo dejando sólo la cúpula expuesta, se atravesaron dos varillas de madera de 60 cm de largo, cruzadas perpendicularmente por las ventanas y al ras del suelo, para aumentar la superficie de captación de la trampa y asegurar mayor esfuerzo de muestreo (Boetzl et al., 2018). Las trampas pitfall no incluyeron cebos para considerar una captación no dirigida de invertebrados y evitar el sesgo que conlleva el atrayente hacia grupos específicos (i.e. carroñeros, detritívoros, coprófagos) (Hosaka et al., 2014). Se colocó agua con detergente y sal para la preservación de organismos (Brown y Matthews 2016). El tiempo de activación o duración de las trampas fue de 48 horas mínimo (2 días), después de lo cual se llevó al laboratorio para el proceso de fijación, conteo e identificación de morfoespecies a nivel de orden o "taxones" (Rivera y Favila 2022; Mathieu et al 2022).

Análisis de diversidad

Se estimó la diversidad de taxones de invertebrados del suelo (^{q}D) en términos de la diversidad verdadera (número efectivo de especies o taxones), también conocido como números de Hill, donde q es el orden de diversidad (Jost, 2006). Cuando q = 0, se obtiene la riqueza, mientras que cuando q = 1 y q = 2, se refiere al exponencial de entropía de Shannon y al inverso del índice de Simpson, respectivamente. La diversidad q = 1, da el mismo peso a todas las especies en proporción de su abundancia, mientras que q = 2, proporciona mayor peso a las especies dominantes y es menos influenciado por las especies raras (Jost, 2006; Chao et al., 2014).

RESULTADOS

Abundancia de taxones de invertebrados del suelo

Se colectaron 12,342 invertebrados del suelo pertenecientes a 26 ordenes (taxones) en tres unidades de producción del sur de Quintana Roo; de los cuales 5378 invertebrados fueron colectados en el sistema P, 3371 invertebrados se colectaron en el sistema ADP y 3593 invertebrados se colectaron en el sistema VN. El 97 % de los individuos encontrados corresponden a los ocho siguientes taxones: Hymenoptera (52.3 %), Coleoptera (15.1 %), Diptera (11.1 %), Orthoptera (5.4%), Acaridae (4.4 %), Aranae (3.3 %), Colembola (2.8 %) y Hemiptera (2.7 %) entre los principales; el resto de los 18 taxones se distribuyeron en el 3 % restante (Figura 1).

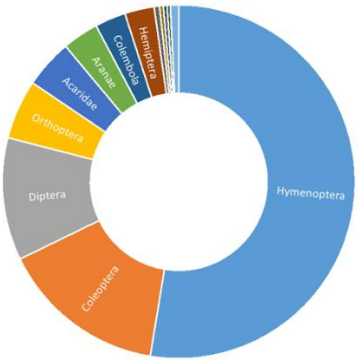


Figura 1. *Abundancias totales en porcentaje de los principales taxones encontrados en tres tipos de sistemas (P, ADP, VN) del sur de Quintana Roo.*

Riqueza, diversidad y completitud del muestreo

De acuerdo con el análisis de la diversidad (^{q}D), se obtuvo una completitud de la muestra y de cobertura de la muestra (C_{max}) de más del 99 % en todas las unidades de producción (Figura 2a y d). En términos de la riqueza de especies (q = 0), ADP y VN obtuvieron casi la misma riqueza (22 y 23 taxones, respectivamente), mientras que P obtuvo la menor riqueza de taxones (n = 21 taxones), aunque los tres sistemas mostraron valores similares estadísticamente de acuerdo con el traslape de las curvas (Figura 2b). Sin embargo, en términos de sus abundancias y dominancias (diversidad de orden q = 1 y q = 2; respectivamente) el sistema VN, mantuvo la mayor diversidad (Figura 2b). Asimismo, este sistema mantuvo la mayor equitatividad en términos de la abundancia de los taxones encontrados (Cmax = 99%) (Figura 2e).

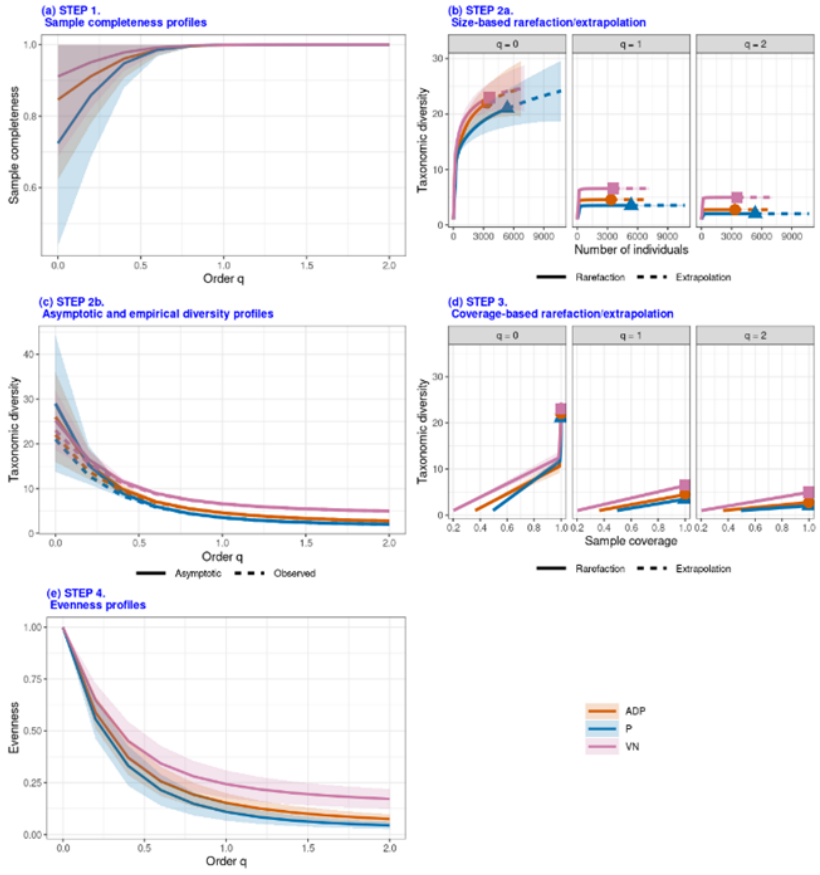


Figura 2. *Curvas de completitud, rarefacción, diversidad de orden q = 0, 1, 2 y cobertura del muestreo en tres tipos de sistemas (P, ADP, VN) del sur de Quintana Roo.*

DISCUSIÓN

Abundancia, riqueza y diversidad de taxones de invertebrados del suelo

La abundancia de invertebrados del suelo reportado en el presente estudio (n = 12,342), fue menor (casi una tercera parte) a la de otros estudios, con sistemas de uso de la tierra similar (n = 42,269; Villanueva-López et al., 2019); pero fue relativamente similar (n = 10,271) cuando se comparó con un estudio realizado estacionalmente (Lara-Pérez et al. 2023); sin embargo, es importante destacar que el esfuerzo de muestreo en el presente estudio fue sustancialmente menor (270 muestras), en comparación con ambos estudios citados previamente (490 y 480 muestras obtenidas con trampas pitfall tradicionales, respectivamente).

En el presente estudio se realizaron colectas considerando la estacionalidad y se encontraron 26 taxones, lo que representa el 65 % de los 42 taxones de macroinvertebrados (a nivel de orden), presentes en diversos sistemas de uso de la tierra neotropical (Brown et al. 2024). Mientras que en los estudios de Lara-Pérez et al. (2023) y Villanueva-López et al. (2019) registraron entre 7 y 15 taxones, lo que muestra que la riqueza de taxones en el presente estudio fue entre 3.7 y 1.7 veces mayor debido posiblemente a las modificaciones realizadas en las trampas pitfall, que maximizan la eficiencia de captura con un menor esfuerzo de muestreo (Work et al., 2002; Galindo-Rojas et al., 2017; Boetzl et al., 2018; Villanueva et al., 2019; Rivera y Favila 2022). Además, debido a que no se usaron atrayentes o cebos para grupos específicos y por la definición de tamaño de individuos colectados (i. e. invertebrados epigeos ≥ 0.5 mm), se pudo colectar e incluir otros grupos de invertebrados del suelo, como Acaridae y Colembola que regularmente quedan subrepresentados (Lavelle et al., 2022; Brown et al., 2024).

Riqueza, diversidad y completitud del muestreo

Mientras que la riqueza de taxas (q = 0) fue relativamente similar entre los tres sistemas dentro de las unidades de producción, la diversidad de invertebrados del suelo (q = 1 y 2) fue similar sólo entre ADP y P, excepto para el sistema VN que fue el que tuvo la mayor diversidad, a pesar de que todos los ranchos tienen los mismos componentes del paisaje (i.e. áreas de pastoreo y vegetación conservada). Esto muestra que aun a esta escala de observación se pueden encontrar diferencias desde la perspectiva de los invertebrados del suelo. La heterogeneidad en la estructura del sistema provee nichos ecológicos diferenciales para invertebrados del suelo de baja movilidad (i. e. Acaridae, Colembola) y otros con mayor desplazamiento (i. e. Aranae, Hymenoptera, Coleoptera; Ekroos et al., 2016; Eckert et al. 2022; Romero-Díaz et al., 2024). Esto puede estar relacionado además con otros elementos del paisaje, como la mayor presencia de zonas de vegetación conservada, la producción de hojarasca y la sombra y humedad del suelo; lo cual es una mezcla de elementos que a escala local y de estructura del paisaje mantiene la diversidad general (Ekroos et al., 2016; Eckert et al. 2022). Este tipo de unidades de producción, como una forma de uso del suelo a pequeña escala, contienen una mayor complejidad espacial y una alta densidad de elementos del agroecosistema, lo cual promueve incrementos en el efecto de borde en el paisaje, con un mayor efecto en la configuración de rasgos funcionales y de servicios ecosistémicos de los taxones que ahí residen, así como dispersión de las poblaciones de invertebrados fuente, que viven en hábitats no cultivados (Gallé et al., 2020; Wang et al., 2024). Lo anterior difiere de los sistemas ganaderos intensivos y de monocultivos, que contribuyen a la declinación mundial de la diversidad y abundancia de poblaciones de invertebrados (insectos) del suelo, a causa de la perdida, fragmentación y deterioro del hábitat (Didham et al., 2020; Hallmann et al., 2017; Wang et al., 2024), y donde se ha observado consistentemente menor diversidad de invertebrados del suelo, comparados con sistemas más complejos y manejados, como los sistemas agroforestales que incluyen mayor densidad y diversidad de especies leñosas (Ramírez-Barajas et al. 2019; Villanueva-López et al. 2019).

CONCLUSIONES

La diversidad de invertebrados del suelo encontrada en los principales sistemas dentro de los ranchos del sur de Quintana Roo (P, ADP VN), es un acercamiento a la diversidad regional representativa de estos tipos de uso del suelo y agroecosistemas. Se encontró una diversidad relativamente alta de taxones a nivel de orden, contrario a lo esperado en sistemas ganaderos convencionales, debido principalmente al tipo de manejo de los ranchos y a la mayor complejidad estructural del paisaje. La presencia de los taxones encontrados muestra variados servicios ecosistémicos, desde la bioturbación, reciclaje de materia orgánica, control de plagas, depredación, entre otros, lo cual es una muestra de la complejidad de taxones y su funcionalidad encontradas en agroecosistemas ganaderos del sur de Quintana Roo. La diversidad de invertebrados epigeos, como componente vivo del suelo, es fundamental para el mantenimiento de la fertilidad del sistema; por lo tanto, son importantes bioindicadores de la salud de los agroecosistemas.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI), por el apoyo a la estancia posdoctoral del primer autor. También, se agradece al Tecnológico Nacional de México (TecNM), por el financiamiento al proyecto "*Sistemas agroforestales tradicionales y sus servicios ecosistémicos en el sureste de México* (Clave: 22856.25-P)". A la comunidad de Rio Verde, Quintana Roo y a los ganaderos Gerardo, Héctor y Javier por facilitarnos la investigación de campo. Asimismo, agradecemos a Raúl, Gaudencio y Ruth por el apoyo logístico en campo.





BIBLIOGRAFÍA

Agricultura/Quintana Roo. 2018. Avance del Estado en materia Ganadera. Consultado en línea, 25/02/25. https://www.gob.mx/agricultura/quintanaroo/articulos/avance-del-estado-en-materia-ganadera?idiom=es

Boetzl, F.A., Ries, E., Schneider, G., Krauss, J. 2018. It's a matter of design—how pitfall trap design affects trap samples and possible predictions. PeerJ 6:e5078 https://doi.org/10.7717/peerj.5078

Brown, G.R., Matthews, I.M. 2016. A review of extensive variation in the design of pitfall traps and a proposal for a standard pitfall trap design for monitoring ground- active arthropod biodiversity. Ecology and evolution, 6(12), 3953-3964.

Chao, A., Gotelli, N.J., Hsieh, T.C., Sander, E.L., Ma, K.H., Colwell, R.K., Ellison, A.M. 2014. Rarefaction and extrapolation with Hill numbers: a framework for sampling and estimation in species diversity studies. Ecol. Monogr. 84, 45–67. https://doi.org/10.1890/13-0133.1.

Didham, R.K., Basset, Y., Collins, C.M., Leather, S.R., Littlewood, N.A., Menz, M.H., et al. 2020. Interpreting insect declines: Seven challenges and a way forward. Insect Conservation and Diversity, 13, 103–114.

Donald, P.F., Green, R.E., Heath, M.F. 2001. Agricultural intensification and the collapse of Europe's farmland bird populations. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, *268*(1462), 25-29.

Eckert, M., Gaigher, R., Pryke, J.S., Samways, M.J. 2022. Conservation of complementary habitat types and small-scale spatial heterogeneity enhance soil arthropod diversity. Journal of Environmental Management, 317, 115482, 10.1016/j.jenvman.2022.115482

Ekroos, J., Odman, A.M., Andersson, G.K.S., Birkhofer, K., Herbertsson, L., Klatt, B.K., Olsson, O., Olsson, P.A., Persson, A.S., Prentice, H.C., Rundlof, M., Smith, H.G. 2016. Sparing land for biodiversity at multiple spatial scales. Front. Ecol. Evol. 3, 1–11. https://doi.org/10.3389/fevo.2015.00145.

Gaëtane, L.P., Thiele, J., Westphal, C., Penone, C., Allan, E., Neyret, M., Van Der Plas, F., Ayasse, M., Bardgett, R.D. Birkhofer, K. et al. 2021. Contrasting Responses of Above- and Belowground Diversity to Multiple Components of Land-Use Intensity. *Nat. Commun.*, 12, 3918.

Galindo-Rojas, D.V., Carrasco, M.G.V., López, J.A. 2017. Abundancia del escarabajo enterrador Nicrophorus mexicanus, Matthews (Coleoptera: Silphidae) En La Sierra Del Nayar, Durango, México. Bol. Soc. Mex. Ento. (n. s.) 3: 61-66.4

Gallé, R., Geppert, C., Földesi, R., Tscharntke, T., Batáry, P. 2020. Arthropod functional traits shaped by landscape-scale field size, local agri-environment schemes and edge effects. Basic Appl. Ecol. 48, 1–10. https://doi.org/10.1016/j.baae.2020.09.006.

García, E. 2004. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen, Serie Libros, núm. 6, Instituto de Geografía, UNAM, México.

Goldman, A. 1995. Threats to sustainability in African agriculture: Searching for appropriate paradigms. Hum Ecol 23, 291–334 https://doi.org/10.1007/BF01190135

Guo, X., Bian, Z., Wang, S., Wang, Q., Zhang, Y., Zhou, J., Lin, L. 2020. Prediction of the Spatial Distribution of Soil Arthropods Using a Random Forest Model: A Case Study in Changtu County, Northeast China. Agric. Ecosyst. Environ. 292, 106818.

Hallmann, C.A., Sorg, M., Jongejans, E., Siepel, H., Hofland, N., Schwan, H., Stenmans, W., Müller, A., Sumser, H., Hörren, T., Goulson, D., de Kroon, H. 2017. More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. PloS One, 12, e0185809.

Hosaka, T., Niino, M., Kon, M., Ochi, T., Yamada, T., Fletcher, C. D., Okuda, T. 2014. Impacts of Small- scale Clearings due to Selective logging on Dung Beetle Communities. Biotropica, 46(6), 720-731.

Jost, L., 2006. Entropy and diversity. Oikos 113, 363–375. https://doi.org/10.1111/ j.2006.0030-1299.14714.x.

Lara-Pérez, L.A., Villanueva-López, G., Oros-Ortega, I., Aryal, D. R., Casanova-Lugo F. & Ghimire, R. 2023. Seasonal variation of arthropod diversity in agroforestry systems in the humid tropics of Mexico. *Arthropod-Plant Interactions* **17**, 799–810, https://doi.org/10.1007/s11829-023-10001-0

Lavelle, P., Decaëns, T., Aubert, M., Barot, S., Blouin, M., Bureau, F., Margerie, P., Mora, P. Rossi, J. 2006. Soil invertebrates and ecosystem services. European Journal of Soil Biology, 42, S3–S15.

Lavelle, P., Mathieu, J., Spain, A., Brown, G.G., Fragoso, C., Lapied, E., De Aquino, A., Barois, I., Barrio,s E., Barros, M.E., Bedano, J.C., Blanchart, E., Caulfield, M.E., Chagueza, Y., Dai, J., Decaëns, T., Dominguez, A., Dominguez, Y., Feijoo, A., Folgarait, P., Fonte, S.J., Gorosito, N., Huerta, E., Jimenez, J.J., Kelly, C.A., Loranger, G., Marchao, R., Marichal, R., Praxedes, C., Rodriguez, L., Rousseau, G.X., Rousseau, L., Ruiz, N., Sanabria, C., Suarez, J.C., Ebagnerin, Tondoh, J., De Valença. A., Vanek, S.J., Vasquez, J., Velasquez, E., Webster, E., Zhang, C. 2022. Soil

macroinvertebrate communities: A world-wide assessment. Global Ecology and Biogeography, 31 (7): p. 1261-1276. DOI: 10.5061/dryad.r2280gbc2

Letourneau, D.K., Jedlicka, J.A., Bothwell, S. G., Moreno, C. R. 2009. Effects of Natural Enemy Biodiversity on the Suppression of Arthropod Herbivores in Terrestrial Ecosystems. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics, 40(1), 573–592. doi:10.1146/annurev.ecolsys.110308.12032010.1146/annurev.ecolsys.110308.120320

Mathieu, J., Antunes, A.C., Barot, S., Asato, A.E.B., Bartz, M.L.C., Brown, G.G., Calderon-Sanou, I., Decaëns, T., Fonte, S.J., Ganault, P., et al., 2022. sOilFauna - a global synthesis effort on the drivers of soil macrofauna communities and functioning: WORKSHOP REPORT. in SOIL ORGANISMS, 94(2),111–126.

Ramírez -Barajas, P.J., Santos-Chable, B.E., Casanova-Lugo, F., Lara-Pérez, L.A., Tucuch-Haas, J.I., Escobedo-Cabrera, A., Villanueva-López, G., Díaz-Echeverría, V.F. 2019. Diversidad de macro-invertebrados en sistemas silvopastoriles del sur de Quintana Roo, México. Revista de Biología Tropical, 67(6), 1383-1393. https://doi.org/10.15517/rbt.v67i6.36944

Raven, P.H., Wagner, D.L. 2021. Agricultural intensification and climate change are rapidly decreasing insect biodiversity. *Proc. Natl. Acad. Sci.* U.S.A.,10.1073/pnas.2002548117

Rivera, J.D. and Favila, M.E. 2022. Good news! Sampling intensity needed for accurate assessments of dung beetle diversity may be lower in the Neotropics. Front. Ecol. Evol. 10:999488. doi: 10.3389/fevo.2022.999488

Romero-Díaz, C, Valdés-Velarde, E, Ugalde-Lezama, S, Equihua-Martínez, A, Tarango-Arámbula, L.A., Romero-Nápoles, J. 2024. Entomofauna associated with agroforestry systems immersed in the mesophilic mountain forest of Atzalan, Puebla, Mexico. Agrociencia. https://doi.org/10.47163/agrociencia.v58i8.3221

Sunderland. K, Samu, F. 2000. Effects of Agricultural Diversification on theAbundance, Distribution, and Pest Control Potential of Spiders: a Review. Entomologia Experimentalis et Applicata 95: 1-13. DOI: 10.1046/j.1570-7458.2000.00635.x

Villanueva-López, G., Lara-Pérez, L.A., Oros-ortega, I., Ramírez-Barajas, P.J., Casanova-Lugo, F., Ramos-Reyes, R., Aryal, D.R., 2019. Diversity of soil macro-arthropods correlates to the richness of plant species in traditional agroforestry systems in the humid tropics of Mexico. Agric. Ecosyst. Environ. 286, 1–8.

Wang, C., Bian, Z., Zhang, Y. Guan, D. 2024. Direct and indirect effects of linear non-cultivated habitats on epigaeic macroarthropod assemblages. Ecol. Indic., 160, 111871.

Work, T.T., Buddle, C.M., Korinus, L.M. Spence, J.R. 2002. Pitfall trap size and capture of three taxa of litter-dwelling arthropods: implications for biodiversity studies. Environmental Entomology, 31(3), 438–448, https://doi.org/10.1603/0046-225X-31.3.438



BMA-21. Determinación de indicadores de calidad del suelo en un sistema silvopastoril de la provincia Granma, Cuba.

Determination of soil quality indicators in a silvopastoral system in Granma province, Cuba.

L. Chávez Suárez[1]; I. Rodríguez García [2]; D. Benítez Jiménez[1]; A. Alvarez Fonseca[1].*

[1]Instituto de Investigaciones Agropecuarias "Jorge Dimitrov". Carretera vía Manzanillo km 16 ½, Peralejo, Bayamo, Granma, Cuba

[2]Instituto de Ciencia Animal, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba

[*]Correspondencia a: licetchavezsuarez@gmail.com

ABSTRACT

Chemical, physical and biological indicators of soil quality were determined in silvopastoral system in Granma province, Cuba. Five composite samples were taken throughout the sampling area, at a depth of 0-20 cm, using a helical auger. Granulometric composition, microestructure, estructural stability, hygroscopic moisture, bulk density, real density, pH (H_2O), Na, K, Ca, Mg, P_2O_5 and electric conductivity were determined. The edaphic macrofauna was collected by TSBF (*Tropical Soil Biology and Fertility*) and pitfall traps. The soil was classified as clayey. The real density was low, as was the bulk density of 1,12 g cm^{-3}. The hygroscopic moisture was acceptable for crop development with 6,23 %. High content of organic matter was obtained with 5,49 %. 8949 individuals was collected, 2051 in monolith and 6898 in pitfall traps. These belong to three phyla Arthropoda, Annelida and Mollusca, and 16 orders/class as higher taxonomic units. It was not possible to establish the pattern of ecolgical index of edaphic macrofauna in either climate period. Three taxonomic units were identified, classified as soil engineers, seven detritivores, seven herbivores and five predators. The orders Isopoda and Haplotaxida, soil quality indicators, were observed. The beneficial effect of silvopastoral systems on soil chemical, physical and biological indicators was confirmed.

Keywords: *livestock agroecosystem, macrofauna, organic matter.*

Palabras clave: *agroecosistemas ganaderos, macrofauna, materia orgánica.*

INTRODUCCIÓN

La calidad del suelo se define como la capacidad del suelo para funcionar dentro de los límites de un ecosistema natural o manejado, sustentar la productividad de plantas y animales, mantener o mejorar la calidad del aire y del agua sostener la salud humana y el hábitat (Doran y Parkin, 1994). Depende de un conjunto de propiedades físicas, químicas y biológicas, que proporcionan una representación visual de la alteración que ocurre en el suelo como resultado de procesos antropogénicos (Sharma *et al.*, 2023).

Entre los indicadores químicos más utilizados se encuentran el contenido de carbono orgánico, pH, P y K disponible, N total, conductividad eléctrica y la capacidad de intercambio catiónico. Los indicadores físicos predominantes son: capacidad de infiltración, estabilidad estructural, porosidad, conductividad hidráulica, resistencia a la penetración, profundidad y densidad aparente (Bünemann *et al.* 2018; De *et al.*, 2022; Urška *et al.*, 2024).

Entre los indicadores biológicos más utilizados se encuentra la macrofauna edáfica pues se consideran bioindicadores de la calidad del suelo, por ser sensibles a los cambios ambientales que pueden ocasionar variación en su abundancia y composición (Machado *et al.*, 2021). Este es el grupo de la fauna del suelo más estudiado, sobre todo el efecto de los distintos usos del suelo sobre el mismo.

Por otro lado, el monitoreo de la influencia de las prácticas de manejo del pastoreo sobre la calidad del suelo es esencial para asegurar la sostenibilidad de los pastizales (Amorim *et al.*, 2020), los cuales representan el mayor uso de la tierra a nivel global y ocasiona impactos que varían en función de la intensidad, la historia evolutiva y las condiciones ambientales locales (Cowper *et al.*, 2024). Por lo anteriormente expuesto es objetivo del presente trabajo fue determinar indicadores físicos, químicos y biológicos de calidad del suelo en un sistema silvopastoril de la provincia Granma, Cuba.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló en un sistema silvopastoril con hierba de guinea *Megathyrsus maximus* (Jacq.) y *Leucaena leucocephala* (Lam.), ubicado en la Estación Experimental de Pastos y Forrajes del Instituto de Investigaciones Agropecuarias "Jorge Dimitrov", en el municipio Bayamo, provincia Granma. El sistema, con un tiempo de explotación de diez años, se utiliza para la ceba de toros de la raza Mestizo Siboney, con una carga de 1 UGM ha^{-1}. El suelo es Fluvisol poco diferenciado (Hernández *et al.*, 2015).

Para la determinación de los indicadores químicos y físicos del suelo se tomaron cinco muestras compuestas (diez submuestras tomadas en zig-zag), en toda el área de muestreo, a la profundidad de 0-20 cm, con la ayuda de una barrena helicoidal. Para la determinación de la densidad aparente se tomaron muestras de suelo no disturbados. Estas muestras se secaron al aire y posteriormente fueron molinadas y tamizadas (1 mm) para la realización de los análisis agroquímicos. Estos se realizaron en el Laboratorio Provincial de Suelos de Camagüey y el Laboratorio de Suelos del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, por la metodología establecida. A las variables físicas y químicas del suelo se le realizó estadística descriptiva, con el paquete estadístico INFOSTAT versión 2012.

Para el muestreo de la macrofauna edáfica se utilizó el método recomendado por el programa *Tropical Soil Biology and Fertility* (Anderson y Ingram, 1993). Los muestreos se desarrollaron en el período comprendido entre julio de 2014 y marzo de 2017. Para facilitar la caracterización de las variables objeto de estudio se definieron tres años: año 1: Período lluvioso (PLL)-2014 y Período poco lluvioso (PPLL)-2015, año 2: PLL-2015 y PPLL-2016 y año 3: PLL-2016 y PPLL-2017. En la diagonal del área de muestreo, se extrajeron 5 monolitos por ha, de 25 x 25 x 20 cm, a distancia de 20 m. Manualmente, se recolectaron y contaron los individuos de la macrofauna *in situ*. Las lombrices se conservaron en formaldehido al 4 % y los invertebrados restantes en etanol al 70 %. También se utilizaron las trampas de caída o *pitfall* (Moreira *et al*., 2012). Se colocaron nueve, dispuestas en las dos diagonales en forma de cruz, con una trampa en el centro. Se utilizaron recipientes plásticos, de 8 cm de diámetro y 10 cm de profundidad, los que se enterraron a ras del suelo, con el menor disturbio posible en el área circundante. Después, se añadió una solución acuosa detergente al 0,003 %, preparada con detergente líquido comercial y se taparon con hojas secas y restos vegetales propios del sitio. Al cabo de siete días, se colectó el contenido de las trampas en frascos de cristal y se trasladaron al laboratorio. Para la identificación de los especímenes conservados se consultó a Brusca y Brusca (2003). También se examinó la colección entomológica, perteneciente al laboratorio provincial de Sanidad Vegetal en Granma. Se denominó unidad taxonómica (UT) al nivel mínimo al que fue posible realizar la identificación. Se calcularon los índices ecológicos: Índice de diversidad de Shannon-Weiner (H'), Índice de dominancia de Berguer-Parker (d), Índice de dominancia de Simpson (λ) de acuerdo con Moreno (2001). Para ello se utilizó el paquete estadístico INFOSTAT versión 2012.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El suelo se clasifica como arcilloso (tabla 1), pues como plantearon Hernández *et al*. (2014) estas propiedades se identifican por el 30 % o más de arcilla en el espesor de 15 cm o más, grietas que se abren y cierran periódicamente y tienen 1 cm o más de ancho, entre otras características.

Tabla 1. *Composición mecánica y textura de los suelos en los agroecosistemas estudiados*

Partículas (%)	Arena gruesa	Arena fina	Limo grueso	Limo fino	Arcilla	Textura
X	32,17	11,0	8,64	9,28	38,91	Arcilloso
DE	8,99	9,90	3,73	0,0	4,64	

X: media, DE: desviación estándar

La densidad real determinada 2,35 g cm^{-3} se cataloga como baja, según la escala de evaluación de Martin y Durán (2011) para diferentes tipos de suelos tropicales. Dichos autores ubicaron valores de densidad real menores de 2,40 g cm^{-3} como bajos. La densidad aparente fue de 1,12 g $cm^{-3,}$ también considerada como baja. Ojeda *et al*., (2018) expuso que, en suelos de textura fina, como el estudiado, la densidad aparente varía entre 1,0 y 1,2 g cm^{-3}.

Según Kaurichev (1984), teóricamente, los valores entre 50 y 55 % de porosidad total se consideran satisfactorios, rango en el cual se incluye la porosidad total determinada que fue de 52,43 %. La humedad higroscópica fue 6,23 %, que se ubica en el rango de 6 a 8 % recomendado por el MINAG (1984) para el adecuado desarrollo de las especies tropicales cultivables.

Se constató buena estabilidad estructural del suelo (tabla 2). Al respecto Lok *et al*. (2006) y Rodríguez *et al*. (2011) determinaron cierta estabilidad de los microagregados en sistemas silvopastoriles en suelos ferralítico rojo y pardo con carbonato, respectivamente. Según Alonso (1997) los agregados menores de 0,25 mm tienen menor valor agronómico pues tienden a obstruir los poros del suelo; mientras que Lok (2005) expone que la distribución de los agregados en seco mostrará mejor valor en la medida en que sea menor la proporción de agregados mayor de 10 mm, porque se incrementa el grado de friabilidad del suelo y con ello la posibilidad de manejarlo en estado seco permitiendo realizar labores agrícolas con un menor impacto ecológico negativo.



Tabla 2. *Apreciación del estado estructural del suelo*

% de agregados en 500g de suelo									EE Σ %	k	Apreciación
10 mm	7 mm	5 mm	3 mm	2 mm	1 mm	0,5 mm	0,25 mm	<0,25 mm	0,25 a 10		
26,6	17,4	8,7	14,9	12,0	8,8	5,4	2,3	3,9	69,5	3, 15	Bueno

La abundancia de los agregados estables en el suelo depende notablemente del contenido de materia orgánica (Ayan *et al.*, 2024). La naturaleza y las propiedades de los mismos están determinadas por la cantidad y la calidad de los residuos vegetales y los compuestos húmicos, así como por el grado de interacción con las partículas restantes del suelo (Crespo, 2011). Los resultados obtenidos confirman el planteamiento anterior, pues se obtuvo un valor alto de MO con 5,49 % (tabla 3).

Tabla 3. *Propiedades químicas del suelo*

Agroecosistema		Na	K	Ca	Mg	CCB	P	MO	CO	CE	pH
		cmol kg^{-1}					ppm	%		dS m^{-1}	
Estación de Pastos	X	0,14	0,78	19,25	8,5	28,53	76,5	5,49	3,18	0,17	7,2
	DE	0,03	0,16	4,6	0,71		16,3	0,21	0,12	0,05	0,21

X: media, DE: desviación estándar

Resultados similares obtuvieron Leyva *et al.* (2018), quienes observaron niveles más altos de MO en el sistema silvopastoril con respecto a pastizales naturales y cultivados (valores medios) sobre Luvisoles al norte del municipio de las Tunas. Otros autores también han informado mayor contenido de MO en sistemas silvopastoriles en relación con otros pastizales (Hernández *et al.*, 2018; Romero *et al.*, 2021).

Al respecto se plantea que el mayor número de estratos vegetales en los sistemas silvopastoriles genera biomasa más abundante y heterogénea, que se deposita sobre el suelo en forma de hojas, ramas, frutos, resinas y exudados radicales, con efectos importantes en la materia orgánica del suelo (Vallejo *et al.*, 2013). A esto se suma el efecto de la fijación biológica de nitrógeno por microorganismos asociados a la *Leucaena*, y el de otras asociaciones entre árboles y microorganismos que contribuyen a solubilizar o hacer disponibles otros nutrientes vitales para la producción de los pastos (Montagnini *et al.*, 2015).

Ortega *et al.* (2024). resumen la participación de los árboles en relación a la conservación del suelo. Plantean que favorecen el desarrollo natural de terrazas a través de la acumulación de suelo; estabilizan la estructura del suelo a través de los sistemas radiculares; aumentan la infiltración y la capacidad de retención del agua y reducen de la evaporación, por lo que mantienen de la humedad en el suelo.

El pH se incluye en el rango neutro (6,6 - 7,5). El Na se considera muy bajo y el K cambiable considerado alto de acuerdo con Paneque y Calaña (2001), pues está por encima de 0,45 cmol kg^{-1}. El contenido de Mg intercambiable, también se clasifica como alto de acuerdo con Paneque y Calaña (2001); mientras que el Ca cambiable fue bajo, lo que pudiera deberse al material parental sobre el cual está formado y al grado de meteorización sufrido por el mismo; así como su utilización por la *Leucaena*, pues las leguminosas demandan mucho más calcio del suelo para su nodulación (Kass, 1998). La capacidad de cambio de bases tuvo valor medio de acuerdo con Hernández *et al.* (1995).

El contenido de P asimilable se cataloga como alto (> 45 ppm). Este resultado llama la atención, pues el P se considera un elemento deficitario en los suelos ganaderos en Cuba (Crespo y Durán, 1990). Noval *et al.* (2014) informaron que el P se encontró deficiente en el 75,4 % de las muestras examinadas, con valores promedios muy bajos en relación con el límite de deficiencia de este mineral en el suelo. Ojeda *et al.* (2018) también constató bajos valores de P, en un suelo pardo grisáceo, en áreas de pastos naturales de la Empresa Pecuaria "El Tablón" perteneciente a la provincia Cienfuegos.

Macrofauna

Se colectaron 8949 individuos, de ellos 2051 en los monolitos y 6898 en las trampas de caída. Estos pertenecen 16 órdenes/clases como unidades taxonómicas superiores y tres phyla Arthropoda, Annelida y Mollusca. En el método de los monolitos se colectaron 40 unidades taxónomicas y en las trampas 45, para un total de 73.

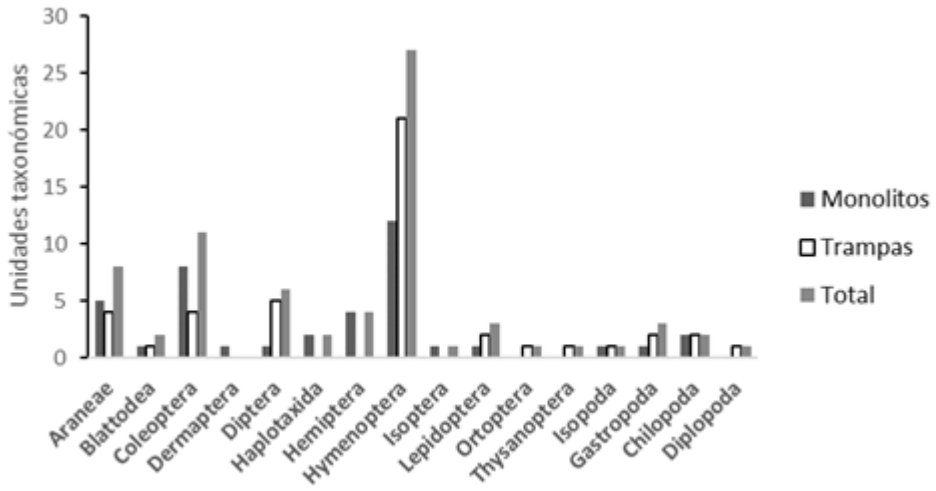


Figura 1. *Número de unidades taxonómicas por órdenes/clases*

El mayor número de unidades taxonómicas correspondió a los órdenes Hymenoptera, Coleoptera, Araneae y Diptera (figura 1). Dentro del orden Hymenoptera se destacó la familia Formicidae, que estuvo representada por 23 morfoespecies. Se ha informado la dominancia de la familia Formicidae en pastizales (Cabrera *et al.*, 2019; Vázquez *et al.*, 2020; Silva *et al.*, 2023)). Según Cabrera (2012) las hormigas son indicadores de perturbación del medio edáfico, debido a su habilidad para sobrevivir en suelos agrícolas, a pesar de los disturbios de dicho medio.

Según Moreno (2001) la principal ventaja de los índices biológicos es que resumen mucha información en un solo valor y permite hacer comparaciones rápidas entre la diversidad de distintos hábitats o la diversidad de un mismo hábitat a través del tiempo, como fue el caso del presente estudio. El Índice de diversidad de Shanon- Wiener (H´) expresa la uniformidad de los valores de importancia, a través de todas las especies de la muestra (Magurran, 1989), por lo que refleja la diversidad biológica de la misma.

No se observó un patrón constante de este índice en relación a los periodos climáticos estudiados; no obstante, el mayor valor del índice se observó en el PPLL del segundo año de muestreo que fue 2,49 (tabla 4). Este valor es cercano a lo informado por otros autores en sitios más conservados como bosques y sistemas agroforestales (Castillo y Ñique, 2019; Morales *et al.*, 2021). Este es una de las medidas más comunes para la diversidad de especies, y no sólo depende de la cantidad de especies presentes en un ecosistema, sino de su abundancia relativa. Se prefiere su uso debido a la facilidad para su cálculo e interpretación (Omayio y Mzungu, 2019). Según su valor, usualmente se encuentra entre 1,5 y 3,5.

El Índice de Berguer- Parker (d) mide la dominancia de la especie más abundante; mientras que Índice de Simpson (λ), que también es un índice de dominancia, permite estimar la probabilidad de que dos individuos elegidos al azar en una comunidad provengan de diferentes especies. En el método de las trampas de caída la tendencia fue a la disminución de ambos índices. Lo que se traduce en que pequeño número de especies dejan de dominar la comunidad de la macrofauna edáfica en este agroecosistema.

Resultados similares obtuvieron otros investigadores como Caicedo *et al.* (2017), quienes informaron valores de dominancia de la especie principal superiores a 0,66 %, en tres sistemas silvopastoriles. Sin embargo, Zhou *et al.* (2022) en un estudio que incluyó varias coberturas vegetales del suelo informaron un índice de Simpson de 0,14 en el pastizal. Bufebo *et al.* (2021), por su parte, constataron un valor de 0,37 en pastizales con manejo extensivo en la región centro sur de Etiopía.

Tabla 4. *Índices ecológicos de la macrofauna del suelo*

Monolitos						
Índice	Año 1		Año 2		Año 3	
	PLL	PPLL	PLL	PPLL	PLL	PPLL
Riqueza	10	17	19	28	10	22
Shanon-Weiner	1,08	1,14	1,77	2,49	1,77	1,26
Simpson	0,42	0,59	0,25	0,14	0,2	0,42
Berguer-Parquer	0,51	0,76	0,43	0,25	0,29	0,57
Trampas						
Riqueza	6	2	15	27	19	17
Shanon-Weiner	0,04	0,3	0,51	1,5	1,74	1,61
Simpson	0,99	0,84	0,81	0,39	0,29	0,27
Berguer-Parquer	1	0,91	0,9	0,6	0,5	0,44

Desde el punto de vista funcional se identificaron tres unidades taxonómicas clasificadas como ingenieros del suelo, siete detritívoros, siete herbívoros, y cinco depredadores (tabla 6). Se destaca el orden Coleoptera como el más diverso, en cuanto a grupos funcionales se refiere, pues se observó la presencia de ejemplares con hábitos detritívoros, herbívoros y depredadores.

Tabla 5. *Composición funcional de la macrofauna*

Grupo funcional	Orden/ Familia/ *Subfamilia*
Ingenieros del suelo	Hymenoptera: **Formicidae**
	Isoptera
	Haplotaxida
Detritívoros de la hojarasca	Blatodea
	Dermaptera
	Diplopoda*
	Archaeogastropoda
	Isopoda
	Coleoptera: **Nitidulidae**
	Coleoptera: **Tenebrionidae**
Herbívoros	Orthoptera
	Hemiptera
	Lepidoptera
	Thysanoptera
	Coleoptera: **Chrysomelidae**
	Coleoptera: **Elateridae**:

	Coleoptera: **Scarabaeidae**
Depredadores	Araneae
	Opiliones
	Chilopoda*
	Coleoptera: **Staphilinidae:** *Staphylininae*
	Coleoptera: **Carabidae**

Los ingenieros del suelo o del ecosistema, promueven alteraciones en los atributos micromorfológicos y físicos del suelo, como la infiltración de agua y la aireación del suelo por el aumento de la porosidad, al establecer galerías, canales y poros que favorecen la aireación, el drenaje, la estabilidad de agregados y la capacidad de retención de agua (De Almeida *et al*., 2020). En este grupo se encuentran las lombrices de tierra (Haplotaxida), constatadas en esta investigación. Según Zhukova y Mytiai, (2022) las lombrices de tierra prevalecen en ambientes edáficos húmedos, no compactados y con alto contenido de materia orgánica. Rodríguez *et al*. (2020) en un estudio con varios niveles de diversificación e intensifiación en la rotación de cultivos en Argentina, constató que laabundancia y la biomasa de las lombrices de tierra se relacionaron de forma positiva, fundamentalmente con el contenido de materia orgánica. De igual forma, Hoeffner *et al*. (2021), en 24 pastizales de Francia, pudieron comprobar que el incremento de la materia orgánica fue el factor más favorable para la abundancia y la biomasa de las lombrices. Es por ello que, varios estudios sugieren el uso de las lombrices de tierra como indicadores de la calidad del suelo (Rodríguez *et al*., 2020; Chávez *et al*., 2023).

Por otro lado, se señala la presencia del orden Isopoda, pertenecientes al grupo funcional de los detritívoros de la hojarasca. Los organismos detritívoros, como los pertenecientes al orden Isopoda, son muy sensibles a los cambios físicos y químicos del suelo, así como a los cambios bruscos de temperatura y humedad en sus hábitats, por lo que se pueden utilizar como indicadores de la calidad del suelo (Chávez, 2020). Otros autores enfatizan en la importancia de Isopoda en la descomposición de la hojarasca y en la interacción con los microorganismos del suelo (Pey *et al*., 2019). De acuerdo con Cabrera (2019), los organismos pertenecientes a este gremio trófico son los principales encargados de triturar los restos vegetales y animales, además, reducen el tamaño de las partículas de detrito e incrementan la superficie expuesta a la actividad de descomposición que llevan a cabo bacterias y hongos. Según el autor citado, sin la acción de estos organismos (cochinillas, milpiés, caracoles) son más lentos los procesos de descomposición de la materia orgánica y el reciclaje de los nutrientes en el suelo.

La presencia de estos taxas indicadores de buena calidad del medio edáfico se asocia a la combinación del estrato herbáceo con los árboles de *Leucaena*, que mejora las condiciones del suelo, por la calidad y cantidad de hojarasca que se le incorpora. También la capa de hojarasca mantiene la humedad y la temperatura del suelo, lo que favorece el desarrollo de la macrofauna edáfica (Cabrera *et al*., 2019)

CONCLUSIONES

- El alto contenido de materia orgánica y la buena estabilidad estructural ratifican el efecto beneficioso de los sistemas silvopastoriles en las propiedades físicas y químicas del suelo.
- Se considera estable la composición taxonómica y funcional de la macrofauna edáfica en este agroecosistema.

BIBLIOGRAFÍA

Alonso, C. 1997. Influencia de tres sistemas de cultivos en algunas propiedades físicas de los suelos Ferralíticos Rojos. Tesis de Maestría. Facultad de Agronomía. Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias de La Habana. Cuba. 112 p.

Amorim, H., Ashworth, J., Moore P., Wienhold, J., Savin, M., Owens, P., Jagadamma, S., Carvalho, T. Xu, S. 2020. Soil quality indices following long-term conservation pasture management practices. Agriculture, *Ecosystems and Environment* 301. 107060. https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.107060

Anderson, J.M. e Ingranm, J.S.I. 1993. Eds. Tropical soil biology and fertility: A handbook of methods. 2nd ed. Wallinford, U.K: CAB Internacional.

Ayan, H., Castro, J., Alvarado, I y Collante Bustos, J. 2024. Modificaciones de las propiedades físicas en entisoles del Chaco seco para recuperación de pastizales degradados. *Semiárida.* 34 (2): 79-90. http://dx.doi.org/10.19137/semiarida.2024(2).79-90.



Bufebo, B.; Elias, E. & Getu, E. 2021. Abundance and diversity of soil invertebrate macro-fauna in different land uses at Shenkolla watershed, South Central Ethiopia. *The Journal of Basic and Applied Zoology*. 82:11. https://doi.org/10.1186/s41936-021-00206-1.

Brusca, R.C. y Brusca, G.J. 2003. Invertebrados. 2da ed. (Ed. F. Pardos-Martínez). Madrid: McGraw-Hill/Interamericana de España.

Bünemann, E.K., Bongiorno, G., Bai Z, Creamer, R.E., De Deyn, G., De Goede, R., Fleskens, L., Geissen, V., Kuyper, T.W., Mäder, P., Pulleman, M. 2018. Soil quality–A critical review. *Soil biology and Biochemistry*.120:105-125. https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2018.01.030

Cabrera, G. 2012. La macrofauna edáfica como indicador biológico del estado de conservación/perturbación del suelo. Resultados obtenidos en Cuba. Pastos y Forrajes. 35 (4): 349-364.

Cabrera, G. 2019. Evaluación de la macrofauna edáfica como bioindicador del impacto del uso y calidad del suelo en el occidente de Cuba. Tesis de Doctorado. Universidad de Alicante. España. 124 p.

Cabrera, H., Murillo, F.D., Adame, J. y Fernández, J.A. 2019. Impacto del uso del suelo sobre la meso y la macrofauna edáfica en caña de azúcar y pasto. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 22: 33-43.

Chávez, L. 2020. Caracterización de la biota edáfica y su relación con las propiedades del suelo en agroecosistemas de pastizales de la provincia Granma. Tesis de Doctorado. San José de las Lajas, Cuba: Instituto de Ciencia Animal.

Chávez, L., Rodríguez, I., Torres, V., Benítez, D. & Alvarez, A. Relación de la biota edáfica con las propiedades físicas y químicas del suelo en cinco pastizales de la provincia Granma. *Pastos y Forrajes*. 46:e08, 2023.

Castillo, S.O. & Ñique, M. 2019. Macrofauna del suelo como indicador biológico del estado de conservación en sistemas agroforestales del sector el Choclino en San Martín – Perú. *Rev. Tayacaja*. 2(2): 46 - 62.

Caicedo, D.M., Benavides, H. R., Carvajal, L. A. y Ortega, J. P. 2017. Población de macrofauna en sistemas silvopastoriles dedicados a la producción lechera: análisis preliminar. La Granja: *Revista de Ciencias de la Vida*. 27(1): 77-85.

Cowper, P., Trigo, C., Andrade, M., Gómez, C., Tálamo, A. 2024. Ganadería en pastizales naturales del Chaco Seco: ¿Cambia la vegetación herbácea entre dos pastizales con distintas presiones de pastoreo?. *Ecología Austral*. 34:486-495. https://doi.org/10.25260/EA.24.34.3.0.2319

Crespo, G. y Durán, J.L. 1990. Vías para disminuir el déficit de fertilizantes y la erosión de los suelos. Seminario Científico Internacional. XXV Aniversario del Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba.

Crespo, G. 2011. Comportamiento de la materia orgánica del suelo en pastizales. Revista Cubana de Ciencia Agrícola. 45(4): 343-347.

De Almeida, T., Blight, O., Mesléard, F., Bulot, A. & Provost, E. 2020. Harvester ants as ecological engineers for Mediterranean grassland restoration: Impacts on soil and vegetation. Biol. Conserv. 245:1-8. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2020.108547.

Doran, J.W. & Parkin, T.B. 1994. Defining and Assessing Soil Quality. En: *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment.* Eds: J.W. Doran, D.C. Coleman, D. F. Bezdicek and B.A. Stewart, SSSA Spec. Pub. No 35, *Soil Sci. Soc. Am., Am. Soc. Agron.*, Madison, WI:3-21.

Hernández, A., Llanes, V., López, D. y Rodríguez, J. 2014. Características de vertisoles en áreas periféricas de La Habana. Cultivos Tropicales. 35(4):106.

Hernández, A., Pérez, J., Bosch, D. y Castro, N. 2015. Clasificación de los suelos de Cuba 2015. Edit. Ediciones INCA, Mayabeque, Cuba, 93 p. ISBN: 978-959-7023-77-7.

Hernández, A., *et al*. 1995. Metodología para la cartografía detallada y evaluación integral de suelo. Instituto de Suelos. MINAG. Ciudad de la Habana. 44 p.

Hernández, G., Cabrera, G., Izquierdo, I., Socarrás, A., Hernández, L. y Sánchez, J. 2018. Indicadores edáficos después de la conversión de un pastizal a sistemas agroecológicos. *Pastos y Forrajes*. 41(1): 3-12.

Hoeffner, K., Santonja, M., Monard, C., Barbe, L.; Moing, Mathilde L. E. & Cluzeau, D. Soil properties, grassland management, and landscape diversity drive the assembly of earthworm communities in temperate grasslands. *Pedosphere*. 31 (3):375-383, 2021. https://doi.org/10.1016/S1002-0160(20)60020-0

Kass, C.L D. 1998. Fertilidad de suelos. Euned, San José

Lok, S. 2005. Estudio y selección de indicadores de la estabilidad en el sistema suelo planta de pastizales en explotación. Tesis de Doctorado. La Habana, Cuba. 98 p.

Lok, S., Crespo, G., Frometa, E. y Fraga, S. 2006. Estudio de indicadores de estabilidad del pasto y el suelo en un sistema silvopastoril con novillas lecheras. Rev. Cubana Cienc. Agríc. 40: 229-235.

Machado, L., Rodríguez, L., Murcia, V., Orduz, S. A., Ordoñez, C. M. & Suárez, J. C. Macrofauna del suelo y condiciones edafoclimáticas en un gradiente altitudinal de zonas cafeteras, Huila, Colombia. 2020. Rev. Biol. Trop. 69 (1):102-112, DOI: http://dx.doi.org/10.15517/rbt.v69i1.42955

Martin, N. J. y Durán, J. L. 2011. El suelo y su fertilidad. La Habana: Editorial Félix Varela.

MINAG. 1984. Manual de interpretación de los índices físico-químicos y morfológicos de los suelos cubanos. Ciudad Habana: Editorial Científico Técnica.

Montagnini, F., Somarriba, E., Murgueitio, E., Fassola, H. y Eibl, B. 2015. Sistemas Agroforestales. Funciones productivas, socioeconómicas y ambientales. Serie técnica. Informe técnico 402. CATIE. Turrialba. Costa Rica. Ediciones CIPAV, Cali, Colombia, 454 p.

Morales, E., Chavez, S., Chichipe, E., Oliva, M., & Quiñones, L. 2021. Macrofauna edáfica y propiedades físico-químicas del suelo, en fincas cafetaleras de pequeños agricultores. *Rev. Fac. Agron.* (LUZ). 38(4): 934-950. https://doi.org/10.47280/RevFacAgron(LUZ).v38.n4.11

Moreira, F.M.S., Huissisg, E.J. y Bignell, D.E. 2012. Manual de Biología de suelos tropicales. Muestreo y caracterización de la biodiversidad bajo suelo. México. Instituto Nacional de Ecología. 350 p.

Moreno, C. E. 2001.Métodos para medir la biodiversidad. M & T – Manuales y Tesis SEA, vol. 1. CYTED, ORCYT – UNESCO, *Sociedad Entomológica Aragonesa* (SEA).

Noval, E., García, J.R., García, R., Quiñones, R. y Mollineda, A. 2014. Caracterización de algunos componentes químicos, en suelos de diferentes agroecosistemas ganaderos. *Centro Agrícola*. 41(1): 25-31.

Ojeda, L., Machado, Y., Bernal, Y., Hernández, M., Font, L., Hernández, C. y Casanovas, E. 2018. Índice de calidad del suelo en la empresa Pecuaria el Tablón (Cienfuegos, Cuba). *Pastos y Forrajes*. 41(1): 13-20.

Omayio, D. & Mzungu, E. 2019. Modification of Shannon-Wiener diversity index towards quantitative estimation of environmental wellness and biodiversity levels under a non-comparative scenario. *Journal of Environment and Earth Science*. 9(9). doi: 10.7176/JEES.

Ortega, L.E., Rodríguez, G.C., Domínguez, O., Estévez, I. 2024. Evaluación del papel del bosque y sus servicios ecosistémicos en un polígono demostrativo en Viñales, Pinar del Río. Cuba. 2024. *Revista CFORES*. 12(1): e825.

Pey, B.; Trân, Cécile; Cruz, P.; Hedde, M.; Jouany, Claire; Laplanche, C. *et al.* Nutritive value and physical and chemical deterrents of forage grass litter explain feeding performances of two soil macrodetritivores. *Appl. Soil Ecol*. 133:81-88, 2019. DOI: https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2018.09.006

Rodríguez, I., Crespo, G., Morales, A., Calero, B. y Fraga, S. 2011. Comportamiento de los indicadores biológicos del suelo en unidades lecheras. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 45(2): 187-193.

Rodríguez, M. P., Domínguez, A., Moreira, M., Wall, L. G. & Bedano, J. C. 2020. The diversifiation and intensifiation of crop rotations under no-till promote earthworm abundance and biomass. *Agronomy*. 10 (7):919-1015. DOI: https://doi.org/10.3390/agronomy10070919.

Romero, G., Trillo, F., Orellana, J., Quiroga, P., Gamarra, J., Rojas, D., Rivadeneira, V., Nuñez , J. 2021. Efecto de *Acacia macracantha* en las propiedades físicas y químicas del suelo en un sistema silvopastoril. *Rev Inv. Vet.* Perú. 32(3): e20389. https://dx.doi.org/10.15381/rivep.v32i3.20389.

Sharma, S., Lishika, B., Kaushal, S, Kaushal, S. 2023. Soil quality indicators: a comprehensive review. *Int. J. Plant Soil Sci.* 35(22): 315-325. DOI: 10.9734/IJPSS/2023/v35i224139

Paneque, V. y Calaña, J.M. 2001. La fertilización de los cultivos aspectos teórico prácticos para su recomendación. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. La Habana. 28 p.

Vallejo, E. 2013. Importancia y utilidad de la evaluación de la calidad de suelos mediante el componente microbiano: experiencias en sistemas silvopastoriles. *Colombia Forestal*. 16(1): 83- 99.

Urška, L., Prevolnik, M., Gselman, A., Kramberger, B. 2024. Sustainable grassland-management systems and their effects on the physicochemical properties of soil. Plants. 13: 838. https://doi.org/10.3390/plants13060838

Vázquez, E., Teutscherova, N., Lojkad, B., Arango, J. & Pulleman, M. 2020. Pasture diversification affects soil macrofauna and soil biophysical properties in tropical (silvo)pastoral systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment.* 302: 107083, 2020 https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.107083

Zhou, Y., Liu, C., Ai, N., Tuo, X., Zhang, Z., Gao, R., Qin, J., Yuan, C. 2022. Characteristics of soil macrofauna and its coupling relationship with environmental factors in the Loess Area of Northern Shaanxi. *Sustainability* 14: 2484. https://doi.org/10.3390/su14052484

Zhukova, Y. O. & Mytiai, I. S. 2022. Spatial organization of the soil macrofauna community in a flodplain forest. IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 1049:012064. https://doi.org/10.1088/1755-1315/1049/1/012064.





BMA-22. Dinâmicas territoriais e alterações no uso e cobertura da terra no município de Moju, no estado do Pará, Brasil

Territorial dynamics and changes in land use and cover in the municipality of Moju, in the state of Pará, Brazil

C. Serrão Campos[1]; R. Quaresma Maneschy[2]; D. Araújo Sombra Soares[3]; D. Williams da Silva[4]

[1]Universidade Federal do Pará (UFPA), Campus Universitário de Ananindeua, 67133-285. E- mail: camilly.campos@ananindeua.ufpa.br

[2]Programa de Pós-Graduação em Gestão dos Recursos Naturais e Desenvolvimento Local na Amazônia (PPGEDAM), Núcleo de Meio Ambiente (NUMA), UFPA. E-mail: romaneschy@ufpa.br

[3]PPGEDAM, Campus Universitário de Ananindeua, UFPA. E-mail: dsombra@ufpa.br

[4]Campus Universitário de Ananindeua, UFPA. E-mail: david.silva@ananindeua.ufpa.br

[*]Correspondencia a: camilly.campos@ananindeua.ufpa.br

ABSTRACT

The Brazilian Amazon has undergone intense transformations due to human activities, resulting in complex geopolitical interactions, large development projects and socio-environmental challenges. This study focused on the municipality of Moju, in the northeast of the state of Pará, to analyze the spatio-temporal dynamics of livestock farming and its relationship with deforestation and policies and incentives that facilitated the expansion of livestock farming. Maps and graphs were used to interpret land use and cover data from 2004 to 2022, focusing on changes in vegetation and pasture areas. The analysis revealed an increase in secondary vegetation and growth in pasture areas, indicating the expansion of livestock farming into forested areas. Variable annual deforestation was observed, reflecting the replacement of native forests by pastures and other agricultural activities impacting local biodiversity.

Palavras-chave: *Desflorestamento, Pastagem, Amazônia.*

Keywords: *Deforestation, Pasture, Amazon.*

INTRODUÇÃO

A Amazônia brasileira tem passado por intensas transformações ao longo dos anos, impulsionadas por uma complexa interação de processos geopolíticos, heranças coloniais, grandes projetos de desenvolvimento e desafios socioambientais decorrentes da ação humana. Como destacou Becker (2005) em "Geopolítica da Amazônia", o padrão histórico de povoamento e desenvolvimento da região seguiu um paradigma específico de relação sociedade-natureza. Este paradigma, caracterizado por uma "economia de fronteira", baseia-se na premissa de um crescimento econômico linear e infinito, sustentado pela constante incorporação de novas terras e recursos naturais.

Compreender as relações socioeconômicas que moldam a paisagem amazônica, especialmente no Pará, torna-se, portanto, essencial para decifrar as dinâmicas complexas e frequentemente conflituosas que definem a região. Atuam nesse cenário uma diversidade de agentes sociais e econômicos, incluindo fazendeiros, populações tradicionais, agricultores familiares e, de forma marcante, agroindústrias – especialmente as voltadas para a produção de dendê (*Elaeis guineensis* Jacq.).

Dessa forma, o espaço mojuense, marcado por sua grande diversidade socioambiental, reflete de maneira concreta a dinâmica social e os padrões de uso do território. Como discutido por Lima e Silva (2014), o espaço geográfico é justamente a materialização das ações dos indivíduos em sociedade e de sua interação com o meio. Esse trabalho teve como objetivo analisar a dinâmica espaço-temporal de 2004 a 2022 da pecuária em Moju e sua relação com o desmatamento e as políticas públicas vigentes que facilitaram a expansão da atividade e impactam na conservação da biodiversidade, mitigação e adaptação às mudanças climáticas no município.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foi realizado um diagnóstico com abordagem qualitativa tendo como lócus o município de Moju, no estado do Pará, centrando-se nas dinâmicas territoriais associadas à expansão da pecuária, complementada por uma revisão bibliográfica. É neste contexto que o presente estudo se concentra no município de Moju, localizado estrategicamente próximo à capital paraense, Belém. Com uma extensão territorial significativa de 9.094,16 km², Moju situa-se na Mesorregião Nordeste do Estado, integrando a microrregião de Tomé-Açu, da qual é o maior município e faz divisa com diversas outras localidades (Figura 1). O município tem população estimada em cerca de 84.094 habitantes (Ibge, 2022).

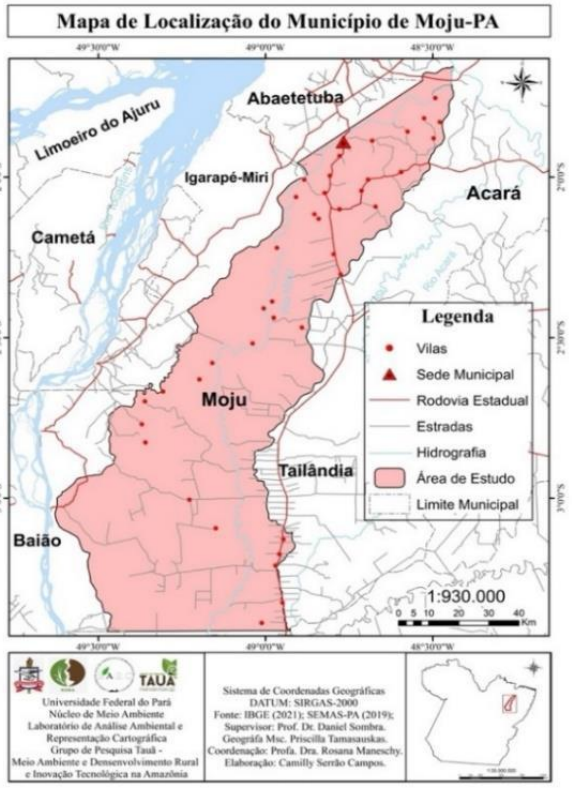


Figura 1 – *Mapa de localização da área de estudo, Moju, Pará, Brasil.*

Fonte: *LARC, NUMA UFPA (2024).*

O estudo também combinou análise espacial, onde foram utilizados dados geoespaciais provenientes de fontes oficiais (IBGE, INPE, SEMAS-PA), *shapefiles* de limites territoriais e de áreas protegidas, além de um recorte temporal definido para o mapeamento do uso e cobertura do solo. O processamento dos dados foi realizado no software ArcGIS 10.4.1, por meio de classificação supervisionada para a geração de mapas de cobertura vegetal, análise de detecção de mudanças para identificação de áreas convertidas em pastagens, e aplicação de análises de proximidade e sobreposição espacial. Foram levantados dados anuais referentes ao período de 2004 a 2022, georreferenciados no Sistema Geodésico SIRGAS 2000, utilizam bases vetoriais e matriciais provenientes do projeto TerraClass, desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). A partir dessa plataforma, coletaram-se as classes de uso e cobertura da terra disponibilizadas, além disso, as áreas das classes são apresentadas originalmente em km², porém elas foram convertidas em percentuais (%) para fins de discussão dos resultados. Para a análise específica desta pesquisa, as classes de Pastagem Herbácea e Pastagem Arbustiva foram selecionadas e representadas em cartogramas. Essa representação gráfica visa facilitar a interpretação de sua distribuição espacial no território municipal, permitindo dimensionar, de forma quantitativa e visual, o crescimento e a diminuição dessas duas classes ao longo do período estudado, aspecto central desta investigação. Moju possui um clima equatorial, caracterizado por altas temperaturas e umidade ao longo de todo o ano, a vegetação predominante é a Floresta Amazônica. A economia do município é diversificada, com produção agropecuária prioritariamente de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), dendê, açaí (*Euterpe oleracea* Mart.), aves e bovinos (Ibge, 2022).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme discutido por (Becker, 2004; Gonçalves, 2001; Soares et al., 2016), a prática de ocupar os chamados "espaços vazios" do território brasileiro foi associada a um discurso de cunho geopolítico. Essa forma de ocupação ainda persiste na dinâmica da paisagem amazônica, constituindo-se como parte integrante de sua configuração espacial e histórica. Nesse contexto, os vetores de apropriação do território, impulsionados por programas e projetos governamentais, são apontados como responsáveis pelas transformações ocorridas a partir da década de 1950 em que se observou um aumento populacional significativo, aliado ao agravamento da exclusão social, conflitos agrários, concentração fundiária e elevados níveis de degradação ambiental. No município de Moju, a dinâmica seguiu um curso semelhante (Fernandes et al., 2022). Ademais, conforme relata Sacramento (2012) em *Almas da Terra: A Violência no Campo Mojuense*, o

município de Moju passou por profundas transformações territoriais. Os desdobramentos dessas mudanças foram particularmente danosos para as populações tradicionais, obrigadas a enfrentar uma realidade marcada pelo avanço do agronegócio, latifundiários, grileiros e fazendeiros. Essa dinâmica histórica foi – e ainda é – responsável por estabelecer os padrões socioespaciais vigentes no município. As sociedades industriais e o capital consolidaram-se como elementos centrais nesse processo, sustentando modificações ambientais intensas e aceleradas. Como resultado, as paisagensde Moju foram significativamente alteradas ao longo dos anos, reflexo de um processo cumulativo de diferentes períodos históricos em sua constituição.

Em 2004, as pastagens herbácea e arbustiva (Figura 2) ocupavam 8,17% e 9,58% da área total, respectivamente. Quatro anos depois, em 2008, observou-se um aumento na pastagem herbácea, que passou a ocupar 10,22%, enquanto a pastagem arbustiva diminuiu para 7,02% (Figura 3). Essa tendência de variação continuou em 2010, quando a pastagem herbácea se reduziu para 6,31%, ao passo que a arbustiva atingiu 8,89% (Figura 4). Em 2012, a pastagem herbácea voltou a crescer, alcançando 11,19%, enquanto a arbustiva diminuiu para 7,66%, evidenciando uma transformação no uso do solo (Figura 5).

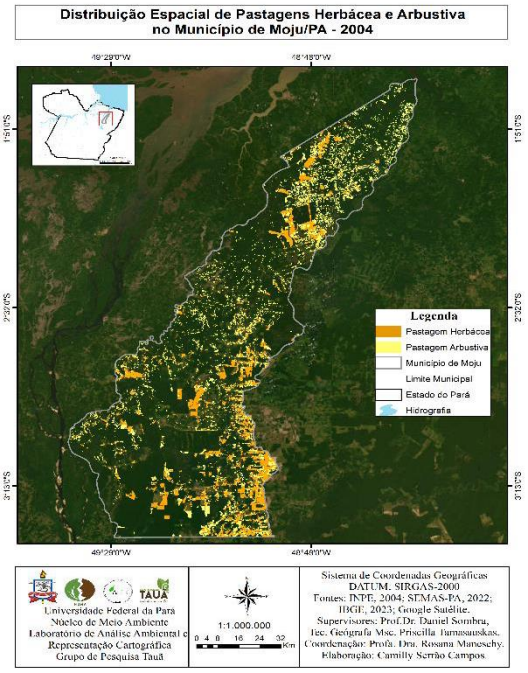


Figura 2 – *Cartograma, Moju-PA, 2004.*
Fonte: *LARC, NUMA, UFPA (2024).*

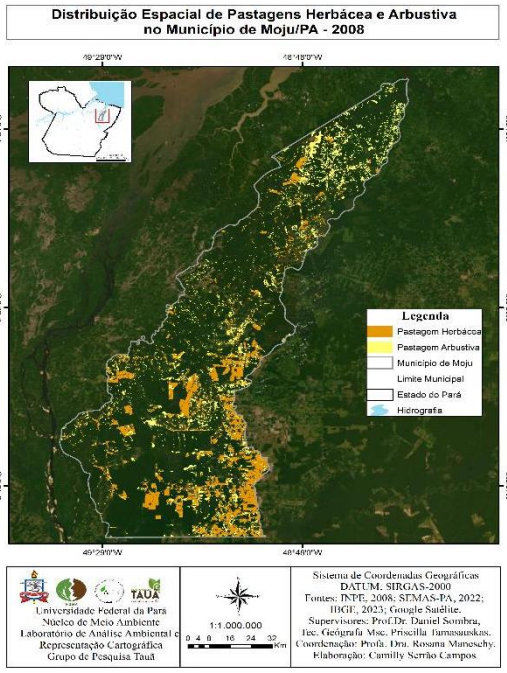


Figura 3 – *Cartograma, Moju-PA, 2008.*
Fonte: *LARC, NUMA, UFPA (2024).*

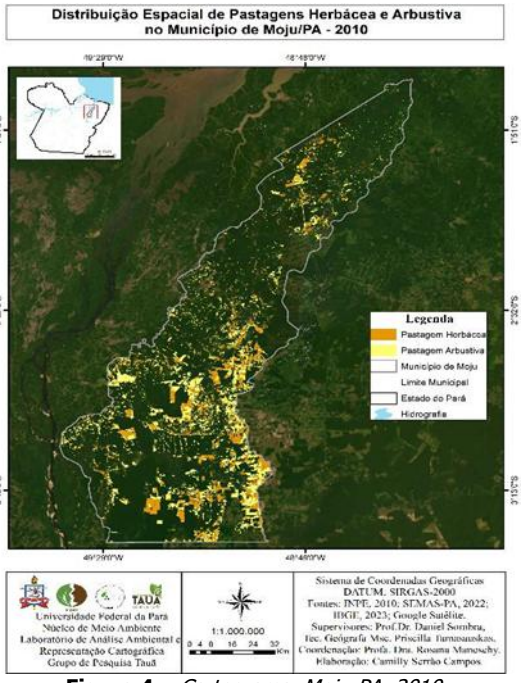


Figura 4 – *Cartograma, Moju-PA, 2010.*
Fonte: *LARC, NUMA, UFPA (2024).*

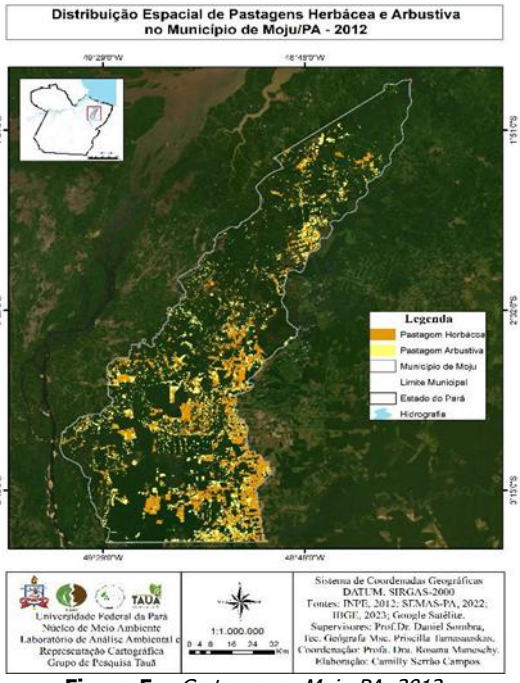


Figura 5 – *Cartograma, Moju-PA, 2012.*
Fonte: *LARC, NUMA, UFPA (2024).*

Nos anos seguintes, essa dinâmica se intensificou. Em 2014, a pastagem herbácea expandiu-se para 12,32%, enquanto a arbustiva retraiu-se para 6,56% (Figura 6). Já em 2018, ambas cresceram, com a herbácea atingindo 14,64% e a arbustiva recuperando-se para 9,44% (Figura 7). Finalmente, nos anos de 2020 e 2022 (Figura 8 e 9), a pastagem herbácea continuou avançando, passando de 15,85% para 20,71% da área total do município.

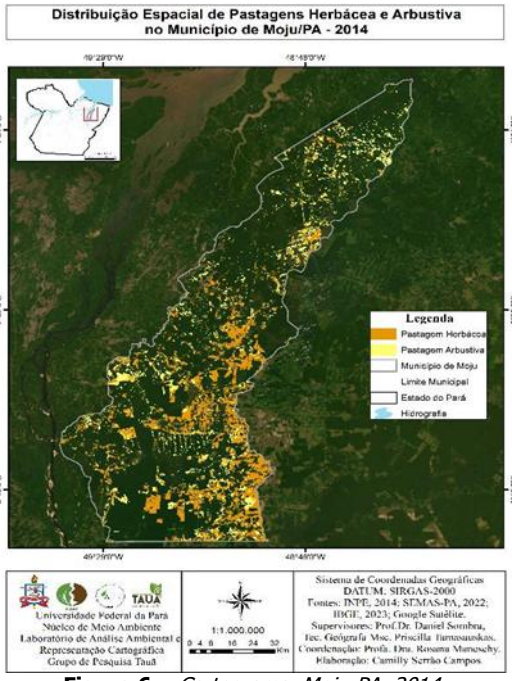


Figura 6 – *Cartograma, Moju-PA, 2014.*
Fonte: *LARC, NUMA, UFPA (2024).*

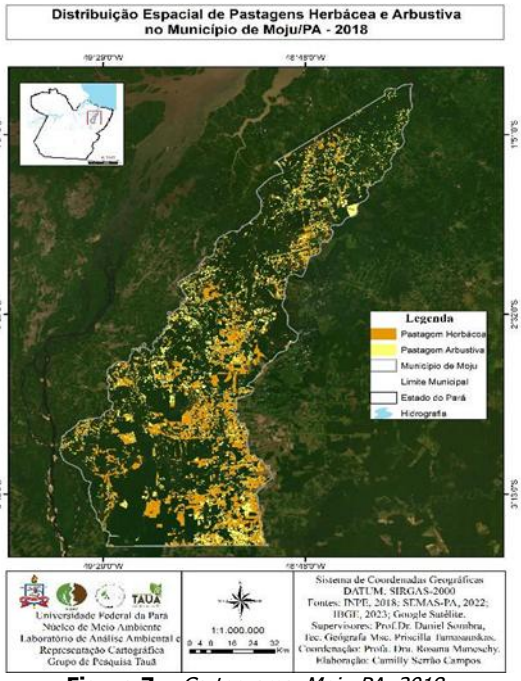


Figura 7 – *Cartograma, Moju-PA, 2018.*
Fonte: *LARC, NUMA, UFPA (2024).*

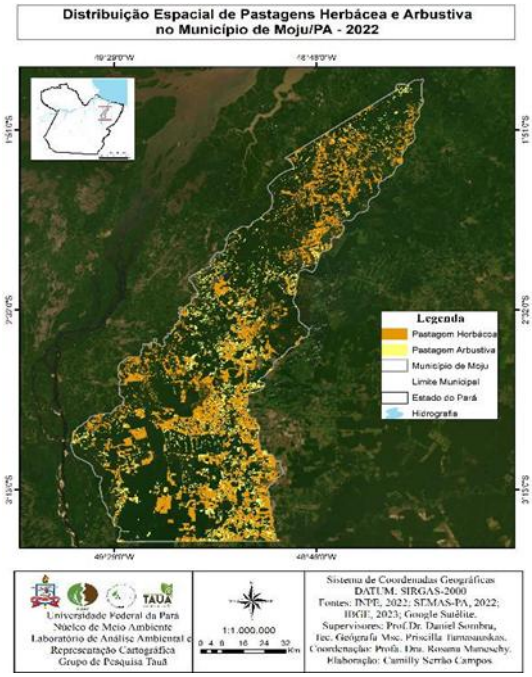


Figura 8 – Cartograma, Moju-PA, 2020.
Fonte: *LARC, NUMA, UFPA (2024).*

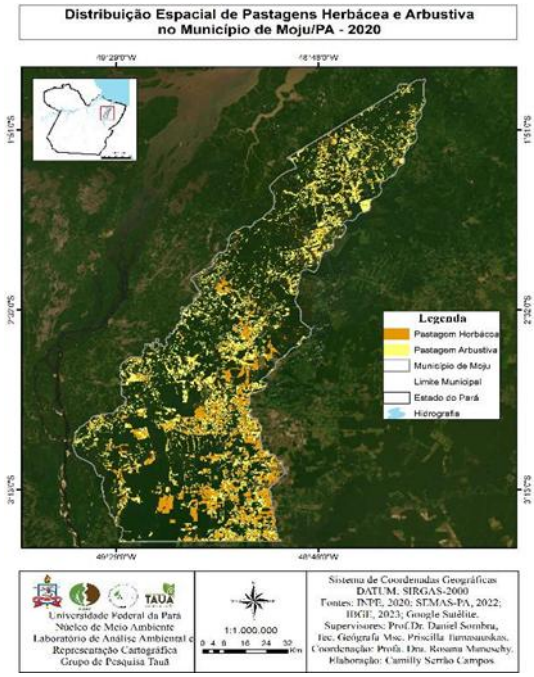


Figura 9 – Cartograma, Moju-PA, 2022.
Fonte: *LARC, NUMA, UFPA (2024).*

Em contrapartida, a pastagem arbustiva apresentou um comportamento inverso, caindo de 10,54% em 2020 para apenas 6,44% em 2022. Esses dados demonstram uma clara preferência pelo uso de pastagem herbácea em detrimento da arbustiva, refletindo alterações significativas nas práticas de manejo e na ocupação territorial ao longo dos anos.

Sendo assim, foi possível interpretar o quantitativo de aumento do valor absoluto das pastagens (pastagem arbustiva e pastagem herbácea), o valor do ano de 2004 foi referente a 1614,69 km² e o valor referente a 2022 foi de 2469,54 km², com isso, é possível visualizar um aumento de 53% do valor da pastagem absoluta.

Diante o levantamento e análise dos dados foi notório que dentro dessas classes, houve um aumento comedido, mas que pode ser caracterizado como: "A pastagem com herbáceas indica área efetivamente em uso para o gado, enquanto o pasto com arbustiva indica uma área menos usada, e, em outras áreas menos marcadas, indica que está mais abandonada" (Silva et al., p. 58, 2022).

Dessa maneira, essa área de estudo demonstra potencial avanço da pecuária dentro do município, evidenciando uma tendência crescente na expansão das áreas destinadas ao gado e a substituição de áreas florestais por pastagens. Visto que, com o processo de ocupação da Amazônia, influenciado por programas e projetos ambientais, o Nordeste Paraense sofreu mudanças nas práticas do uso da terra, seja pela agricultura familiar ou pelo agronegócio (Nunes et al., 2020). Ou seja, esse avanço pode ter implicações, pois essas práticas alteram os ecossistemas dessa região, o que gera consequências para o meio ambiente.

As mudanças de uso da terra verificadas nessa pesquisa corroboram com o levantamento de Braga et al. (2019) que analisaram a dinâmica de alterações na cobertura vegetal e uso do solo entre 2005 e 2017. Refletindo na perda de áreas de preservação permanente (APPs), com reflexos ambientais graves, como erosão e comprometimento da qualidade da água. Podendo estar relacionado ao cultivo intensivo de dendê que dobrou entre 2004 e 2010 na região e como verificado em nessa pesquisa pela ampliação de áreas de pastagens que se refletiu no aumento do efetivo bovino entre 2010 até 2022 (Figura 10).

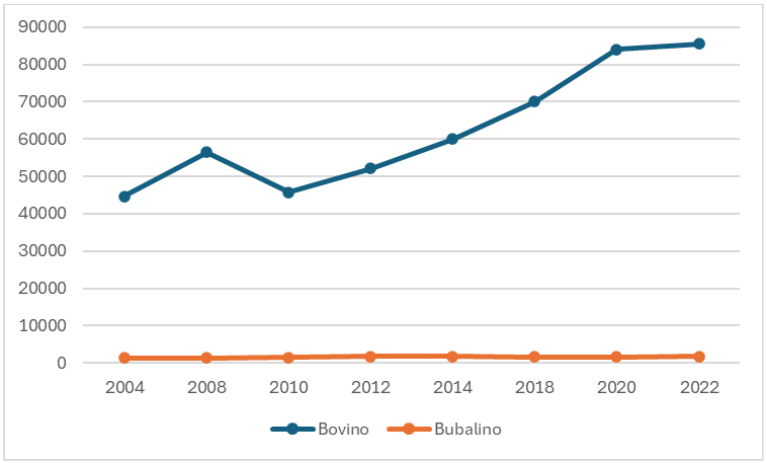


Figura 10 - *Efetivo dos rebanhos (Cabeças) de bovinos e bubalinos de 2004 a 2022, Moju, 174 Pará, Brasil.*

Fonte: *LARC, NUMA, UFPA (2024).*

A vegetação primária em Moju vem sofrendo desmatamento e degradação, afetando diretamente a riqueza de espécies e a capacidade de estocar carbono em detrimento de atividades de uso da terra baseadas na monocultura. No caso da pecuária quando praticada de forma extensiva, reduz drasticamente a cobertura florestal, derrubando habitats ricos em espécies nativas e acelerando perdas locais de biodiversidade, bem como compromete a conectividade ecológica.

A Lei Estadual nº 5.887/1995 do Pará que estabeleceu diretrizes para a proteção ambiental, tornou obrigatório que as atividades de uso da terra, incluindo a agropecuária, sejam conduzidas de maneira a minimizar o impacto ambiental. No entanto, o município de Moju é composto por uma diversidade de agentes atuando dentro desse território, dessa maneira, os desafios para a implementação efetiva da legislação ambiental são complexos e multifacetados, visto a coexistência de diferentes agentes, cada um com interesses e práticas distintas.

Galeão et al. (2006) destacam que, na visão dos projetos florestais e para os agropecuários, os impactos sobre a cobertura vegetal e o uso do solo se dão de formas dessemelhantes, já que a pecuária/agricultura extensiva na região contribuiu demasiadamente para o desmatamento em enormes áreas (Galeão et al., 2006; Serrão, 1982). E a agricultura de subsistência também com a sua parcela de contribuição para a modificação da cobertura vegetal e do uso da terra, sendo classificada como um desmatamento silencioso (Homma, 1996).

As propriedades de pequeno porte que predominam na região, geralmente fazem o uso da terra em um padrão envolvendo o desmatamento e a queima da vegetação secundária (capoeira), processo usado para abrir espaço para o cultivo de plantas anuais, plantas perenes e/ou para a criação de pastagens (Sarmento, 2007). Enquanto as agroindústrias causam impactos severos com as práticas intensiva de monocultura, especificamente as plantações de dendê, onde há a exigência da conversão de áreas de florestas primárias e secundárias em áreas de cultivo (Silva-Filho et al., 2014). Esses processos resultam na perda de biodiversidade e na degradação dos ecossistemas locais.

Baseado nisso, ressalta-se a ineficiência dos modelos habituais de uso do solo que predominam dentro dessa região, dado que as áreas deste município demostram que elas têm sido cultivadas sem práticas de conservação e manutenção do solo (Mcgrath et al., 2001). Outrossim, a recente instituição do Programa Nacional de Conversão de Pastagens Degradadas em Sistemas de Produção Agropecuários e Florestais Sustentáveis, conforme Decreto nº 11.815, de 5 de dezembro de 2023, reforça a importância de práticas sustentáveis na agropecuária. Esse programa define pastagens degradadas como aquelas resultantes do processo evolutivo da perda de vigor, produtividade e capacidade de recuperação natural, pois essas áreas geram a incapacidade de sustentação dos níveis de produção e da qualidade que é exigida pelos animais, assim terminam com a degradação avançada dos recursos naturais, em razão de manejos inadequados.

Sendo assim, os sistemas silvipastoris (SSPs) poderiam funcionar como alternativa aos sistemas tradicionais de pecuária desenvolvido na região, baseado em monocultivo de pastagem, isto significa que os sistemas agroflorestais são mais resilientes e podem proporcionar um resenho em paisagens locais (Maneschy et al., 2022).

Veiga e Tourrand (2002) propõe que esses sistemas agroflorestais estão em buscas de alternativas de exploração do uso do solo de uma maneira que seja biologicamente, economicamente e ecologicamente mais sustentável que os sistemas tradicionais. (Dutra; Veiga e Maneschy (2007) reforçaram os benefícios da implementação dos SAFs, dado que esses sistemas apontam um enorme efeito em relação a recuperação de áreas degradadas, porquanto, esses sistemas conseguem combinar as atividades pastoris dos espaços dos produtores juntamente com uma recomposição da paisagem natural.



Logo, conforme estabelecido pelo Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE) do Pará, instituído pela Lei Ordinária nº 6.506/2002, que orienta o uso sustentável dos recursos naturais considerando as particularidades ecológicas e econômicas de cada região, o município de Moju se classifica como uma área que necessita urgentemente de alternativas para a recuperação e reabilitação de áreas degradadas. De maneira complementar, a Política Nacional de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) apresenta um modelo integrado que visa harmonizar a produção agrícola com a preservação ambiental, promovendo um desenvolvimento sustentável e equilibrado (Brasil, 2014).

Ademais, por sua vez, o Plano Estadual Amazônia Agora (PEAA), instituído pelo Decreto nº 1.942/2021, representa uma resposta estratégica para enfrentar os desafios específicos da região. O PEAA define diretrizes e metas para a preservação e uso sustentável dos recursos naturais no Pará, com ênfase na recuperação de áreas degradadas, na implementação de práticas agrícolas sustentáveis e na proteção de florestas nativas. A adoção de sistemas agroflorestais e outras práticas sustentáveis propostas pelo PEAA oferece uma alternativa viável para o desenvolvimento econômico da região, alinhando-se com a conservação ambiental e a sustentabilidade dos ecossistemas locais. Essas abordagens são essenciais para garantirem um uso sustentável dos recursos naturais da região.

A integração dessas iniciativas oferece uma abordagem coordenada para enfrentar os desafios ambientais e promover a sustentabilidade no município de Moju e em todas as regiões do Pará. Essas políticas criam uma base sólida para um desenvolvimento equilibrado, alinhando a recuperação de áreas degradadas com práticas que combinam produtividade agrícola e conservação ambiental. A sinergia entre esses programas reforça a necessidade de um compromisso contínuo com práticas sustentáveis, oferecendo um caminho promissor para o futuro da região amazônica.

CONCLUSÕES

Em suma, a análise do uso da terra no município de Moju destaca um crescimento da pecuária e a substituição de florestas nativas por pastagens e monoculturas, resultando em impactos ambientais significativos, como a degradação do solo e a perda de biodiversidade. A legislação ambiental vigente, embora estabeleça diretrizes para a proteção dos recursos naturais, enfrenta desafios na sua implementação, especialmente devido à diversidade de atores envolvidos na região.

Neste cenário, seria recomendável que o município avançasse na elaboração de um plano de zoneamento ambiental municipal. Tal plano poderia indicar as áreas mais adequadas para as práticas agropecuárias e definir quais seriam estimuladas pelas políticas públicas municipais, levando em consideração o quadro nacional. Essa abordagem contribuiria para um melhor ordenamento territorial e promoveria sistemas de uso da terra mais resilientes frente às mudanças climáticas, equilibrando a necessidade de desenvolvimento econômico com a conservação ambiental.

BIBLIOGRAFIA

Becker, B.K. Amazônia: geopolítica na virada do III milênio. 2004. Garamond, Rio de Janeiro. Becker, B.K. Geopolítica da Amazônia. 2005. Estudos Avançados 19: 53, pp. 71–86.

Braga, T.G.M., Santos, J.U.M., Maciel, M.N.M.; Pinheiro, P.F.V., Bezerra, P.E.S., Costa, L.R., Silva Junior, O.M. 2019. A dinâmica de alterações ambientais com base nas transições, permanências e vulnerabilidades: o caso da bacia hidrográfica do rio Moju, Amazônia. Interciencia 44: 3, pp. 180-188.

Brasil. Decreto nº 1.942, de 27 de julho de 2021. Institui o Plano Estadual Amazônia Agora (PEAA) e de outras providências. Disponível em: https://www.amazoniaagora.pa.gov.br/overview.

Brasil. Decreto nº 11.815, de 5 de dezembro de 2023. Institui o Programa Nacional de Conversão de Pastagens Degradadas em Sistemas de Produção Agropecuários e Florestais Sustentáveis e o seu Comitê Gestor Interministerial. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 6 dez. 2023.

Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Política Nacional de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF). Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/politica-ilpf.

Brasil. Pará. Lei nº 5.887, de 9 de maio de 1995. Diário Oficial do Estado do Pará, Belém, 11 maio 1995. Disponível em: https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/biblio-932293.

Bringel, F.O, Sacramento, E.D. 2016. História e memória de um município da Amazônia: a chegada do "Desenvolvimento" em Moju/PA (Década de 1980). Revista Observatório 2: 1.

Dutra, S., Veiga, J.B. Maneschy, R. 2007. Estrutura de sistemas silvipastoris na região nordeste paraense. Embrapa Amazônia Oriental, Belém, pp. 25.

Fernandes, I.L. C., Maneschy, R.Q., Soares, D.A.S., LOPES, C.H.S. 2022. Áreas prioritárias para inclusão de componente arbóreo: as áreas de proteção permanente em sistemas pecuários de São Domingos do Araguaia-PA (Brasil). Geografia Ensino & Pesquisa 26, p. e23.

Galeão, R.R., Carvalho, J.O.P., Yared, J. A. G., Marques, L.C.T., Costa Filho, P. P. 2006. Diagnóstico dos projetos de reposição florestal no Estado do Pará. Revista de Ciências Agrárias 45, pp. 101–120.

Gonçalves, C.W.P. 2001. Amazônia, Amazônias. Contexto, São Paulo.

Homma, A.K.O. 1996. Política agrícola ou ambiental para a Amazônia. Revista de Política Agrícola 5:4, pp.16-23. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. IBGE. 2022. IBGE, Rio de Janeiro.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. INPE. 2024. Projeto TerraClass.

Joanoni Neto, V. Amazônia na década de 1970. A fronteira sob o olhar do migrante. 2014. Revista Eletrônica da ANPHLAC 16, pp. 186–206. Disponível em: https://revista.anphlac.org.br/anphlac/article/view/1595.

Lima, R.S.; Silva, C. N. Territorialidades, paisagem e modo no Baixo Rio Meruú (Igarapé-Miri, Pará). 2014. Revista do Instituto Histórico e Geográfico do Pará (IHGP) 1: 1, pp. 55-75, DOI: 10.17553/2359-0831/ihgp.n1v1p55-75.

Maneschy, R.Q. et al. Áreas prioritárias para inclusão de componente arbóreo e redesenho de sistemas pecuários no assentamento Belo Horizonte II, São Domingos do Araguaia, Pará, Brasil. 2022. Research, Society and Development 11:3, e30411326367. Disponível em: http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i3.26367.

McGrath, D.A. et al. Efeitos da mudança no uso da terra na dinâmica dos nutrientes do solo na Amazônia. 2001. Ecosystems 4, pp. 625-645.

Nunes, D.E.S., Espírito Santo, I.S.; Oliveira, K.E.H.; Jesus, E.C.S., Oliveira, D.P.A., Santos, T.F. 2020. Agricultura familiar e inovação: experiências agroecológicas no Nordeste Paraense. Cadernos de Agroecologia 15: 2.

Pará. Lei Ordinária nº 6.506, de 24 de dezembro de 2002. Institui o Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE) do Estado do Pará. Diário Oficial do Estado do Pará, Belém, 24 dez. 2002. Disponível em: http://www.alepa.pa.gov.br.

Sacramento, E.D. 2012. As almas da terra: a violência no campo mojuense. Editora Açaí, Belém.

Sarmento, C.M.B. 2007. Modelos agrossilvipastoris para pequenas propriedades agrícolas do nordeste paraense. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, Pará, Brasil.

Serrão, E.A.S. 1982. Possibilities for sustainable agricultural and forestry development in the Brazilian Amazon: In: Conference on environmentally sound scioeconomic development in the humid tropics, Manaus.

Silva, I.C.S.; Maneschy, R.Q., Soares, D.A.S., Oliveira, M.C.C. 2022. Mudanças de uso do solo no município de São Domingos do Araguaia - PA e perspectivas agroflorestais. Universidade e Meio Ambiente 7:1, pp. 52-65.

Silva-Filho, D.F., Costa, F.P.S., Polizel, J.L. 2014Método para projeção da área de preservação permanente no município de Moju- PA. Revista GeoUECE 3: 5, pp. 101 – 113.

Soares, D. A. S. et al. Usos do território em Paragominas (PA): espaço geográfico e classes sociais. 2016. Revista Tocantinense de Geografia 5: 8, pp. 52-59. Disponível em: https://doi.org/10.20873/rtg.v5n8p01-28.

Veiga, J.B.; Tourrand, J.F. Potencial e adoção de sistemas silvipastoris na Amazônia Oriental. 2002, In: Congresso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais, 4, Ilhéus-BA. Anais... Ilhéus, Ceplac, Cepec.





BMA-23. Densidad de población y producción de nopal forrajero (*Opuntia ficus-indica*) variedad copena-1 en condiciones de temporal

Establishment and production of forage cactus (*Opuntia ficus-indica*) variety copena-1 under conditions rainfed

J. Encarnación García-Portuguez[1*], *Saturnino Duarte-Ramos*[2]

[1,2]Centro de Bachillerato Tecnologico Agropecuario. No. 105. Km 12.

Carretera Federal 090. La Piedad-Pénjamo. La Estrella. Pénjamo. Gto. México. CP. 36933

[*]Correspondencia a: carneshon@hotmail.com

RESUMEN

El nopal forrajero se puede establecer y desarrollar en zonas áridas, semiáridas y con riegos ocasionales, pues tiene la capacidad fisiológica de ser tolerante al estrés hídrico, la baja fertilidad de los suelos y a las altas y bajas temperaturas. Con el propósito de evaluar el establecimiento y producción de forraje verde de nopal forrajero (*Opuntia ficus-indica*) Variedad COPENA-1 en condiciones de temporal, se realizó esta investigación científica utilizando un diseño experimental bloques al azar (BA) con cuatro tratamientos, caracterizados como: T-0. Densidad de población de 25,000 cladodios/ha; T-1. Densidad de población de 20,000 cladodios/ha; T-2. Densidad de población de 16,600 cladodios/ha y T-3. Densidad de población de 13,300 cladodios/ha. Cada uno de los tratamientos se sometió a cuatro repeticiones, siendo la unidad experimental cada una de las 16 parcela experimentales con cinco surcos de 0.8 m de ancho y 5 m de largo. El establecimiento de 98% del cultivo fue bueno en todos los tratamientos experimentales. El establecimiento, producción y factibilidad técnica del cultivo de nopal forrajero variedad COPENA-1 es posible, pues al utilizar la densidad de población 25,000 plantas se obtiene un buen establecimiento del cultivo y mayor producción de forraje verde (pencas) por planta y por unidad de superficie.

Palabras clave: *Establecimiento-nopal forrajero-temporal.*

ABSTRACT

The forage cactus can be established and developed in arid, semi-arid areas and with occasional irrigation, as it has the physiological capacity to be tolerant to water stress, low soil fertility and high and low temperatures. In order to evaluate the establishment and production of green forage of forage cactus (*Opuntia ficus-indica*) COPENA-1 variety under rainfed conditions, this scientific research was carried out using an experimental design randomized blocks (BA) with four treatments, characterized as: T-0. Population density of 25,000 cladodes/ha; T-1. Population density of 20,000 cladodes/ha; T-2. Population density of 16,600 cladodes/ha and T-3. Population density of 13,300 cladodes/ha. Each of the treatments was subjected to four replications, with the experimental unit being each of the 16 experimental plots with five furrows of 0.8 m wide and 5 m long. The establishment of 98% of the culture was good in all experimental treatments. The establishment, production and technical feasibility of the cultivation of the forage cactus of the COPENA-1 variety is possible, because by using the population density of 25,000 plants, a good establishment of the crop and greater production of green fodder (stalks) per plant and per unit of area is obtained.

Keywords: *Establishment-forage cactus-conditions rainfed.*

INTRODUCCIÓN

Las sequías recientes en el Norte y Centro de la República Mexicana, han dado como resultado la muerte de miles de cabezas de ganado y la necesidad de utilizar cultivos forrajeros adaptados a este tipo de condiciones naturales como la *Opuntia* se hace urgente. El uso de *Opuntia* como fuente de forraje para ganado vacuno, ovino o caprino es una tradición antigua en México y la cosecha de cladodios varía desde el consumo directo por el animal en el campo hasta varios tipos de cosecha practicadas por los rancheros (López, *et al*., 2003), sin embargo y considerando que el nopal ha sido una de las plantas forrajeras más estudiadas por diversas disciplinas, poco se sabe científicamente sobre el uso del nopal como forraje. Actualmente y a pesar de la importancia que tiene el nopal como forraje para el ganado se estima que la producción intensiva permanece estancada desde hace 10 años, considerando que posiblemente la gran cantidad de nopal silvestre que se tiene sea la causa del porque los productores no tengan la cultura de la producción de nopal forrajero. El nopal forrajero se puede establecer y desarrollar en zonas áridas, semiáridas y con riegos ocasionales, pues tiene la capacidad fisiológica de ser tolerante al estrés hídrico, la baja fertilidad de los suelos y a las altas y bajas temperaturas (Lozano, 2011). La densidad de siembra es una de las prácticas agrícolas más recomendadas para lograr un incremento en la productividad de los cultivos y en forma general, los resultados obtenidos para establecer el cultivo de nopal forrajero indican que al disminuir la densidad de población el rendimiento de forraje por planta es mayor, pero al aumentar la densidad se obtiene mayor cantidad de forraje por unidad de superficie (Santos, *et al*., 2006). El objetivo de este trabajo fue evaluar el establecimiento y factibilidad técnica de la producción de forraje verde del nopal forrajero (*Opuntia ficus-indica*) Variedad COPENA-1 en condiciones de temporal.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para desarrollar este estudio sobre nopal forrajero variedad COPENA-1 en el CENTRO DE BACHILLERATO TECNOLOGICO agropecuario. No. 105 ubicado en la comunidad de La Estrella. Pénjamo. Guanajuato. México., se utilizó un diseño experimental bloques al azar (BA) con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones, caracterizados como: T-0. Densidad de población de 25,000 cladodios/ha; T-1: 20,000 cladodios/ha; T-2: 16,600 cladodios/ha y T-3: 13,300 cladodios/ha. Se considero como unidad experimental a cada una de las 16 parcelas experimentales de 5 m de ancho y 6 m de largo, con 5 surcos de 0.8 m de ancho y 6 m de largo. Las parcelas experimentales se establecieron en camas elevadas de 30 cm de altura, 20 m de ancho y 6 m de largo, construyendo callejones entre camas de 3 m de ancho para evitar inundaciones del cultivo en temporada de lluvias pues se tiene un tipo de suelo Vertisol con mucha arcilla y dificultades de drenaje y con el propósito de facilitar el tránsito de un remolque y para sacar el forraje. El trasplante se realizó de forma manual utilizando una pala, depositando un cladodio madre a una profundidad de 25 cm y la distancia entre cladodios indicada para cada uno de los diferentes tratamientos experimentales. Se aplicaron cinco riegos de auxilio para favorecer el enraizamiento de los cladodios, pues se tuvo un periodo prolongado de ausencia de lluvias y se fertilizó con estiércol de vacuno a razón de 1 Kg/cladodio. El desarrollo morfológico de los nopales hijos se identificó como: retoños (5 cm de longitud), nopalitos (nopales con longitud de 5 y hasta 20 cm), raquetas tiernas (nopales con longitud de 20-25 cm) y pencas (longitud mayor de 25 cm, de color verde olivo y consistencia fibrosa). Se utilizo una bitácora de campo con formatos específicos para anotar las actividades diarias relacionadas con el ciclo del cultivo, registro de datos de variables de respuesta y de la cosecha. Los datos de cada una de las variables de respuesta también fueron registrados en hojas de cálculo (Excel) y posteriormente organizadas y sometidas al análisis de varianza y comparación de medias de la Prueba de Tukey (SAS, 2002).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El establecimiento del cultivo de nopal forrajero fue adecuado, considerando la densidad de población promedio de 18,725 cladodios/ha en todos los tratamientos experimentales, la variedad, el tipo de cladodio, la distancia entre cladodios y el método de trasplante, control de malezas, fertilización, ocurrencia de plagas y enfermedades, y los recursos materiales y naturales de los productores y de la región. Figura 1.



Figura 1. *Establecimiento y producción del cultivo de nopal forrajero (Opuntia ficus-indica) Variedad COPENA-1 en condiciones de temporal. La Estrella. Pénjamo. Gto. México.*

En cuanto al crecimiento y desarrollo de los cladodios madre trasplantados, los primeros retoños aparecieron a los 24 días después del trasplante en todos los tratamientos experimentales. El número de retoños, nopalitos, raquetas tiernas y pencas fue registrado durante las actividades agronómicas y realización de la primera poda de formación en la cual se seleccionaron de 2 a 3 raquetas tiernas por cladodio madre para formar el segundo nivel. Cuando se realizó la primera poda de formación se encontró en T0 mayor número de retoños, nopalitos y raquetas tiernas comparados con T1, T2 y T3 ($P<0.05$). La cantidad promedio de producción en raquetas tiernas correspondiente a la primera poda de formación y para la integración del segundo nivel fue aproximadamente de 1,900 piezas.

A los seis meses de establecimiento del nopal forrajero, la densidad de población no afecto el desarrollo morfológico del primer nivel de pencas de los cladodios madre y el número de pencas brotadas de estos últimos para formar el primer nivel fluctúo entre 2-2.5, y no se encontró diferencia entre tratamientos siendo similar el tamaño de las pencas. Figura 2.



Figura 2. *Desarrollo morfológico del cultivo de nopal forrajero (Opuntia ficus-indica) Variedad COPENA-1 en condiciones de temporal. La Estrella. Pénjamo. Gto. México.*

El registro de datos de campo realizado en el segundo nivel de cladodios madre y a los 180 días (6 meses) durante la primera cosecha indicó menor número de retoños, nopalitos, raquetas tiernas y mayor producción de forraje verde de pencas en los tratamientos experimentales con mayor densidad de población de nopal forrajero (T0) ($P<0.05$). Cuadro 1.

Cuadro 1. *Nopales hijos en diferentes estados morfológicos, densidad de población y producción de forraje verde de nopal forrajero (Opuntia ficus-indica) Variedad COPENA-1 en condiciones de temporal. Primera cosecha a seis meses de establecido el cultivo. La Estrella. Pénjamo. Guanajuato. México.*

Tratamientos.	Variables de respuesta.[1]					
	Nopales hijos en diferentes estados morfológico. (Piezas/Tratamiento).				Densidad de Producción de de población. verde. (Pencas).	
	Retoño	Nopalito.	Raqueta Penca.	tierna.	(Cladodios//ha).	(Ton/ha).
T0	30a	34b	9c	51a	25,000	5.82a
T1	2b	11c	31b	23b	20,000	2.67b
T2	21b	126a	29b	21b	16,600	2.36b
T3	8b	35b	34a	31b	13,300	3.11b

[1]Valores de medias con distinta letra dentro de columnas son diferentes estadísticamente. (P<0.05).

Estos resultados indican incremento de la producción de forraje verde por planta y por unidad de superficie al aplicar la densidad de siembra de 25,000/ha, lo cual está de acuerdo con los reportados por Santos, *et al.*, (2006) y Reveles-Hernández y Flores-Ortíz (2009) en los cuales se afirma que la densidad de siembra es una de las prácticas agrícolas recomendables para lograr incremento en la productividad de los cultivos y que en forma general, los resultados obtenidos en el establecimiento del cultivo de nopal forrajero indican que al ser mayor la densidad de población el rendimiento de forraje verde por unidad de superficie incrementa, pero se reduce la producción por planta. Los hallazgos de esta investigación científica, también ratifican los trabajos publicados por Farías, *et al.*, (2000) y Santos, *et al.*, (2006) en los cuales se afirma que las densidades de población en plantaciones de nopal forrajero establecidas en terrenos agrícolas con mejores condiciones de suelo y humedad disponible pueden ser más altas, debido a que con ello se incrementa el rendimiento de forraje seco.

En el presente experimento el rendimiento por planta fue mayor cuando las plantas estuvieron más distanciadas, aunque el mayor número de plantas con menores distancias entre plantas tuvo como efecto mayor producción de forraje por unidad de superficie. Figura 3.



Figura 3. Incremento en la producción de forraje verde de nopal forrajero por unidad de superficie con mayores densidades de población. La Estrella, Pénjamo. Gto. México.



CONCLUSIONES

El establecimiento, producción y factibilidad técnica del cultivo de nopal forrajero variedad COPENA-1 es posible, pues al utilizar la densidad de población 25,000 plantas se obtiene buen establecimiento del cultivo y mayor producción de forraje verde (pencas) por planta y por unidad de superficie.

AGRADECIMIENTOS

A la Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria y Ciencias del Mar (DGETAyCM) y a la Coordinación Sectorial de Fortalecimiento Académico (CoSFAc) por el apoyo en financiamiento otorgado a través del Programa de Innovación e Investigación Tecnológica y Educativa. México.

Bibliografía

Farias, I, M. a, Lira, and Dos Santos D. C. 2000. Harvest managing and plant spacing of spineless fodder cactus, under grain sorghum intercropping at the semi-arid region of Pernambuco State, Brazil. Pesq. agropec. Bras., feb. 2000.35 (2): 341-347.

López, G. J. J., Fuentes, R., J. M. y Rodríguez. G, A. 2003. Producción y uso de Opuntia como forraje en el Centro-Norte de México. Red Internacional de Cooperación Técnica del nopal. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (FAO). Roma. Italia. Disponible en: http://www.fao.org/3/y2808s/y2808s08.htm Consultado: 29 Enero 2021.

Lozano, L. 2011. Cactus pear ecophysiology. Horticultura Argentina. 30:37-52.

Reveles-Hernández, M. y Flores-Ortiz., M. A. 2009. El manejo del nopal forrajero en la producción del ganado bovino. Memorias. VIII. Simposium-Taller Nacional y 1º. Internacional. Producción y Aprovechamiento del nopal. Universidad Autónoma de Nuevo León. Nuevo León. Monterrey. Disponible en: https://es.scribd.com/doc/228678298/Memorias-Produccion-y-Aprovechamiento-Del-Nopal Consultado: 8 Febrero 2021.

Santos, M. V. F., Dubeux Jr., J. C. B., Melo, J. N., Dos Santos, D. C., Farias, I. and Lira, M. A. 2006. Fertilization and plant population density effects on the productivity of Opuntia ficus-indica in northeast Brazil. Acta Hort. 728:189-192 Disponible en: http://www.actahort.org/books/728/728_26.htm Consultado: 28 Enero 2021.

Sas. 2002. SAS. Guide. Statistical Analysis System. Version 9.0 for Windows. Institute Inc. Cary, N. C. USA.

BMA-24. Avaliação da Aceitação e Palatabilidade de Espécies Arbóreas Forrageiras por Bovinos no Bioma Cerrado: Uma Abordagem para Sistemas Silvipastoris Sustentáveis

Evaluación de la Aceptación y Palatabilidad de Especies Arbóreas Forrajeras por Bovinos en el Bioma Cerrado: Un Enfoque para Sistemas Silvopastoriles Sostenibles

Julia Eumira Gomes Neves Perini[1], Elisa Bruziguessi[1], Bruno da Silva Sena[2], Robson Willian Coutinho Souza[2].

[1]Docentes Instituto Federal de Brasília, Campus Planaltina

[2]Estudantes Instituto Federal de Brasília, Campus Planaltina

RESUMEN

El Cerrado, reconocido como la sabana tropical con mayor biodiversidad del mundo, enfrenta desafíos críticos debido a la expansión agropecuaria, con un 28% de su área convertida en pastizales (Sano et al., 2019). Este estudio evaluó la aceptación y palatabilidad de cuatro especies arbóreas forrajeras —*Acacia mangium* (exótica), *Guazuma ulmifolia* (Mutamba), *Dipteryx alata* (Baru) e *Hymenaea courbaril* (Jatobá)— en bovinos de carne y leche, con el objetivo de proponer alternativas sostenibles para la **suplementación alimenticia en el período seco**. Se llevaron a cabo dos experimentos: (1) una prueba de consumo en 24 horas con 15 terneros Nelore y (2) una evaluación de preferencia a corto plazo con 17 vacas lecheras. Los resultados demostraron una alta aceptación de la **Mutamba in natura** (98–100% de consumo) y del **Baru triturado** (80% de consumo), mientras que la **Acacia** presentó un consumo consistente, aunque con menor atractivo inicial. El **Jatobá**, debido a la escasez de material, tuvo una evaluación limitada. Se concluye que la inclusión de estas especies en sistemas silvopastoriles puede reducir la dependencia de concentrados comerciales, mejorar la resiliencia nutricional del rebaño y contribuir a la conservación del Cerrado

Palabras clave: *Nutrición animal, sistemas integrados, degradación de pastizales, biodiversidad, adaptación climática.*

ABSTRACT

The Cerrado, the world's most biodiverse tropical savanna, faces critical challenges due to agricultural expansion, with 28% of its area converted to pastures (Sano et al., 2019). This study evaluated the acceptance and palatability of four forage tree speci *Acacia mangium* (exotic), *Guazuma ulmifolia* (Mutamba), *Dipteryx alata* (Baru), and *Hymenaea courbaril* (Jatobá)—in beef and dairy cattle, aiming to propose sustainable alternatives for dry-season supplementation. Two experiments were conducted: (1) a 24-hour intake trial with 15 Nelore calves and (2) a short-term preference test with 17 dairy cows. Results showed high acceptance of **fresh Mutamba** (98–100% intake) and **crushed Baru** (80% intake), while **Acacia** had consistent but less immediate appeal. **Jatobá** was under-evaluated due to limited availability. The inclusion of these species in silvopastoral systems may reduce reliance on commercial feeds, enhance herd nutritional resilience, and support Cerrado conservation.

Keywords: *Animal nutrition, integrated systems, pasture degradation, biodiversity, climate adaptation.*

1. INTRODUÇÃO

O Cerrado brasileiro, reconhecido como a savana tropical mais biodiversa do planeta, enfrenta desafios significativos devido à expansão das atividades pecuárias. A pecuária brasileira, responsável por um rebanho de 234,4 milhões de cabeças (IBGE, 2022), tem buscado alternativas para conciliar produtividade e sustentabilidade.

Segundo dados do MapBiomas (2021), aproximadamente 26,6% das pastagens neste bioma encontram-se em algum estágio de degradação. Esta condição, associada à sazonalidade climática, com secas prolongadas, reduz a disponibilidade de forragem, elevando os custos com suplementação alimentar (Milian et al., 2008). Nesse contexto, sistemas silvipastoris (SSP) emergem como estratégia para conciliar produção pecuária e conservação, especialmente quando utilizam espécies arbóreas nativas com dupla função: fornecimento de alimento e serviços ecossistêmicos (Bruziguessi et al., 2021).

Devido à forte sazonalidade climática que ocorre no Cerrado, principalmente durante a época seca, a pecuária a pasto tende a sofrer escassez de oferta de alimentos, pois o capim diminui seu crescimento (Miliani, et al, 2008). Ao incluir árvores diversas, inclusive forrageiras, há um aumento da qualidade e diversidade de alimento para o gado, o que representa redução de custos. É frequente que as folhas e frutos, vindos das árvores contenham maior proteína bruta, digestibilidade da matéria seca e micronutrientes do que as gramíneas (Ku J, 2005). Por outro lado, as gramíneas são frequentemente beneficiadas; estudos mostram que capim sobsombreamento moderado possui parâmetros nutritivos superiores aos que não são manejados sob sombra. Hoje, 39% das pastagens estão degradadas, uma estimativa baseada na queda significativa na produtividade de 2011 a 2014 (Pereira, et al; 2018). A escolha de árvores nativas adaptadas ao cerrado e à seca permite manter os bovinos criados a pasto com médio a alto nível nutricional dispensando



o uso de ração que encarece o sistema produtivo, além de auxiliar na recuperação de áreas degradadas e conservação da Fauna e Flora nativas.

Além dos benefícios econômicos e nutricionais, a integração de árvores no pasto oferece importantes vantagens para a preservação ambiental. Árvores como a acácia, baru, jatobá e mutamba ajudam a prevenir a erosão do solo, pois além de serem árvores que geralmente já estão no pasto, são árvores típicas e adaptadas ao cerrado. Estas espécieis possuem raízes pivotantes que fixam água nos solos e auxiliam na descompactação, além de melhorar sua estrutura e fertilidade, e oferecer sombra para os animais, o que pode reduzir o estresse térmico. A presença de árvores também contribui para o aumento da biodiversidade, criando habitats para várias espécies e melhorando o equilíbrio ecológico. Adicionalmente, as árvores desempenham um papel vital na captura de carbono, contribuindo para a mitigação das mudanças climáticas.

As pastagens e forragens fornecem nutrientes essenciais para os bovinos, como fibras, proteínas, carboidratos, minerais e vitaminas. O forrageamento permite que os bovinos tenham acesso a uma dieta equilibrada, segura para seu crescimento, desenvolvimento e saúde geral. As pastagens são as principais fontes de nutrientes na nutrição de ruminantes. Além da proteína e energia, as forragens provêm a fibra necessária nas rações para promover a mastigação, ruminação e saúde do rúmen. Na formulação de dietas para bovinos, a qualidade e a quantidade de forragens é o primeiro fator a ser analisado no atendimento das exigências nutricionais e de fibra (Teixeira e Andrade, 2001).

Estudos anteriores (Ku, 2005; Bruziguessi et al., 2021) destacam que espécies arbóreas nativas podem oferecer vantagens nutricionais em comparação com gramíneas tropicais, particularmente no que diz respeito ao teor de proteína bruta e digestibilidade da matéria seca. Além disso, estas espécies apresentam adaptação às condições edafoclimáticas do Cerrado, requerendo menores insumos externos.

Espécies como **Acacia mangium** (alto teor proteico: 41%), **Mutamba** (17–28% PB) e **Baru** (rico em lipídios e minerais) são promissoras para a alimentação animal (Vallilo et al., 1990; Balieiro et al., 2004). Contudo, sua adoção em larga escala esbarra na falta de dados sobre **aceitação e palatabilidade** por bovinos—fatores críticos para a viabilidade técnica (Provenza, 1996; Forbes & Provenza, 2000).

Este estudo buscou preencher essa lacuna através de dois experimentos complementares:

Avaliação de consumo em 24 horas (bezerros Nelore), testando a hipótese de que espécies trituradas teriam maior aceitação.

Teste de preferência aguda (vacas leiteiras), analisando seleção hierárquica e fatores comportamentais.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Importância da Manutenção de Árvores Nativas em Pastagens

A integração de árvores nativas em sistemas pastoris no Cerrado vai além da suplementação alimentar, desempenhando um papel crucial na conservação da biodiversidade, melhoria da qualidade do solo e mitigação das mudanças climáticas. Estudos demonstram que pastagens biodiversas, especialmente aquelas com espécies arbóreas nativas, apresentam maior resiliência ecológica e produtiva (Bruziguessi et al., 2021).

Os benefícios ecológicos são notáveis, como:

Conservação da fauna e flora: Árvores como o Baru (Dipteryx alata) e Jatobá (Hymenaea courbaril) fornecem habitat para polinizadores e aves, auxiliando na manutenção de serviços ecossistêmicos (Sano et al., 2019).

Recuperação de solos degradados: Espécies como a Acácia (Acacia mangium) e Mutamba (Guazuma ulmifolia) possuem sistemas radiculares profundos, que melhoram a infiltração de água e reduzem a erosão (Balieiro et al., 2004).

Maior capacidade de sequestro de carbono: Pastagens biodiversas com árvores nativas em comparação com pastagens convencionais possuem maior capacidade de sequestro de carbono. Segundo Silva et al. (2021), sistemas silvipastoris no Cerrado podem estocar até **30–50 t C/ha** na biomassa arbórea e no solo, enquanto pastagens degradadas emitem **CO_2 e N_2O** devido à perda de matéria orgânica.

Dados comparativos:

Sistema	Estoque de C (t/ha)	Emissões de GEE (CO_2- eq/ha/ano)
Pastagem pura	10–20	2,5–5,0
Silvipastoril	30–50	2,5–5,0

Fonte: Adaptado de Silva et al. (2021) e Bustamante et al. (2019).

Alimentação Alternativa e Disponibilidade Nutricional no Cerrado

Vantagens da Suplementação Arbórea

A inclusão de árvores forrageiras na dieta animal é uma estratégia eficaz para reduzir a dependência de rações comerciais, especialmente durante a seca, quando as pastagens perdem qualidade nutricional (Milian et al., 2008). Na seca as pastagens chegam a ter até 6% de PB, enquanto as folhas da mutamba chegam a 28% de PB (Ku, 2005 e Vallilo et al , 1990).

Potencial Forrageiro de Espécies Arbóreas

- **Acacia mangium**: Folhas com 41% de proteína bruta (PB) e alta digestibilidade (Ku, 2005), mas requer adaptação devido a compostos secundários (Balieiro et al., 2004).
- **Mutamba**: Folhas e frutos com 17–28% PB, amplamente utilizados na medicina tradicional (Centro Agronômico Tropical, 1986).
- **Baru**: Frutos com 7% PB e alto valor energético (818 mg K/100g; Vallilo et al., 1990).
- **Jatobá**: Polpa com 7,6% PB e elevado teor de cálcio (245 mg/100g; Cohen, 2007).

Porém alguns fatores influenciam na aceitação de novos alimentos pelos animais, como as características sensoriais (odor e textura), efeitos pós-ingestivos (associação entre sabor e nutrição) e a experiência prévia (animais criados com ração rejeitam novidades (Bourgeois, 2004 ; Provenza, 1996; Forbes & Provenza, 2002).

Demonstrando a importância de estudos mais aprofundados sobre as formas de oferta desses alimentos alternativos para os animais. Porém, alguns estudos já trazem os benefícios para a produção animal quando se acrescenta esses ingredientes na dieta. A suplementação com Baru triturado aumentou o ganho de peso em **15%** em comparação com dietas convencionais (SALMAN et al., 2011) e vacas alimentadas com folhas de Acácia tiveram maior produção de leite (**+12%**) devido ao alto teor proteico (Balieiro et al., 2004).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização e Período Experimental

O estudo foi conduzido na Unidade de Ensino e Pesquisa em Bovinocultura do IFB Campus Planaltina (15°35'S, 47°42'W), entre fevereiro e março de 2023. O clima da região, segundo Köppen, é classificado como Aw (tropical úmido), com precipitação média anual de 1.500 mm e temperatura média de 22°C.

3.2. Animais e Manejo

Foram utilizados 17 vacas da raça Girolando (5/8 Holandês + 3/8 Gir) em lactação e 14 bezerros mestiços, divididos em 5 grupos homogêneos quanto ao peso vivo e produção leiteira. Todos os animais receberam manejo sanitário padrão e acesso livre a água. Em um segundo teste foram analisados 15 machos nelores de 240 Kg de peso vivo criados em pastejo rotacionado.

3.3. Tratamentos e Dietas

Foram avaliadas três fontes forrageiras:

1. Frutos de baru (*Dipteryx alata*) - adquiridos de produtores locais – inteiros e triturados
2. Folhas de mutamba (*Guazuma ulmifolia*) - coletadas na propriedade – inteiras e trituradas
3. Folhas de acácia (*Acacia mangium*) - coletadas na propriedade – inteiras e trituradas

Os materiais foram triturados em partículas de aproximadamente 5 mm e armazenados em sacos 159 plásticos até o momento da oferta.

3.4. Delineamento Experimental

O experimento com as vacas leiteiras seguiu delineamento inteiramente casualizado, com três tratamentos e cinco repetições (grupos de animais). Cada período experimental teve duração de sete dias, sendo os três primeiros para adaptação e os quatro últimos para coleta de dados. O Teste de preferência foi realizado observando os animais em 20 minutos (5 grupos de vacas) e registrando os seus comportamentos a cada 2 minutos, por observação direta.





O experimento dos bovinos de corte consistiu em uma avaliação do consumo dos materiais in natura e após triturados, respeitando um quantitativo de 200 gramas por animal. Foi realizado um pré-teste de 3 semanas para adaptação dos animais a presença humana, porém ao notar que esses animais não chegavam no cocho próximo aos observadores optou-se na fase experimental de medir o consumo do alimento em 24 horas no cocho.

O observador colocava os alimentos nos cochos, seguindo uma ordem aleatória e de forma que todos os alimentos ao final do experimento ocupassem todos os locais de cochos, evitando assim a interferência de maior consumo de um alimento devido a preferência de local de consumo. Essa distribuição era realizada as 9 da manhã e as sobras pesadas as 9 da manhã do dia seguinte.

3.5. Variáveis Analisadas

- **Consumo voluntário**: Diferença entre ofertado e sobras
- **Tempo de ingestão**: Registrado a cada 2 minutos
- **Preferência alimentar**: Ordem de acesso aos cochos

3.6. Análise Estatística

Os dados do experimento para preferência aguda foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($p<0,05$), utilizando o software Bioestat 5.3.

O Consumo em 24 horas dos bovinos de corte (%) foram analisados pela ANOVA ($p < 185\ 0,05$) e a Preferência pelo Teste de Friedman (ranqueamento).

4. RESULTADOS

4.1. Aceitação e Consumo dos Alimentos

Os resultados demonstraram diferenças significativas ($p<0,05$) no consumo pelas vacas leiteiras entre as espécies avaliadas (Tabela 1). O fruto de baru apresentou maior aceitação, com consumo médio de 80% da quantidade ofertada, seguido pelas folhas de acácia (23 kg consumidos) e mutamba (15 kg). Esse padrão de preferência pode ser atribuído às características sensoriais do baru, que quando triturado libera óleos essenciais com aroma marcante, estimulando o apetite dos animais (Souza et al., 2021).

Tabela 1. Consumo médio (kg) das espécies forrageiras por vacas leiteiras e seus bezerros

Espécie	Vacas (kg/dia)	Bezerros (kg/dia)	Total consumido
Baru	4,2 ± 0,3a	1,1 ± 0,2a	42,5
Acácia	2,8 ± 0,4b	0,7 ± 0,1b	23,0
Mutamba	2,1 ± 0,2c	0,9 ± 0,1ab	15,0

Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa ($p<0,05$)

4.2. Comportamento Alimentar

A análise do tempo despendido em alimentação revelou que:

- 49,4% do tempo foi gasto consumindo baru
- 25,6% com acácia
- 25,0% com mutamba

Esses resultados corroboram Oliveira et al. (2022), que observaram maior atratividade de frutos 204 nativos para ruminantes devido ao seu perfil nutricional. O comportamento diferencial entre 205 vacas e bezerros (Gráfico 1) sugere que:

- Vacas preferiram alimentos energéticos (baru).
- Bezerros selecionaram fontes proteicas (mutamba).

Avaliando a ingestão da Mutamba, Baru, Acácia e Jatobá pelos bezerros de corte, notou-se que todos os alimentos foram consumidos em quase 100%, após 24 horas de exposição no cocho, demonstrando serem palatáveis.

Tabela 2. *Consumo em 24 Horas (Bezerros de corte)*

Espécie	Forma	Consumo Médio (%)
Mutamba	In natura	98–100
Baru	Triturado	100
Acácia	In natura	100
Jatobá	Polpa	45*

*Limitado pela disponibilidade

Nos primeiros dias de oferta dos alimentos os bezerros ficaram com medo de chegar perto do cocho, por causa da presença humana. A presença de humanos perto dos cochos reduziu o consumo em 30% dos alimentos nos bezerros de corte, mesmo após o período de adaptação. Sendo assim, a metodologia foi alterada para uma avaliação após 24 horas, demonstrando que os animais possuem interesse e consomem os alimentos ofertados.

O Baru foi mais aceito pelos animais após serem triturados (P<0,01%) em ambas as categorias, bovinos leiteiros e bezerros de corte.

4. DISCUSSÃO

O Baru triturado pode ter obtido maior palatabilidade devido ao odor amadeirado e textura similar à ração (Bourgeois, 2004). A maior aceitação da Acácia triturada pode ter sido devido a diminuição dos taninos nas folhas, aumentando assim seu consumo, ou necessitando de maior adaptação dos animais nestes alimentos. Já a mutamba possui uma boa aceitação in natura e triturada.

A inclusão dessas espécies em sistemas Silvipastoris trazem enormes potencialidades, como:

- **Reduzir custos**: Substituir até 30% de concentrados (SALMAN et al., 2011).
- **Mitigar estresse térmico**: Sombreamento melhora o conforto animal (Pires et al., 2002).
- Melhorar a qualidade do solo

5. CONCLUSÕES

1. **Baru, Mutamba e Acácia** são as espécies mais viáveis para suplementação no Cerrado.
2. processamento (trituração) é essencial para maximizar a aceitação.
3. Sistemas silvipastoris com essas espécies podem integrar produção e conservação.

6. RECOMENDAÇÕES

- Estudos de longo prazo sobre ganho de peso.
- Avaliação econômica da implantação em larga escala.

6- REFERÊNCIAS

BALIEIRO, F. C. et al. Acúmulo de nutrientes na parte aérea de Acacia mangium. Ciência Florestal, v. 14, p. 59-239 65, 2004.

BOURGEOIS, H. O livro da palatabilidade em cães e gatos. Royal Canin, 2004.

BRUZIGUESSI, E. P. et al. Sistemas silvipastoris com árvores nativas do Cerrado. Revista Agropecuária Sustentável, v. 5, p. 12-25, 2021.



BUSTAMANTE, M. M. C. et al. Carbon storage in Brazilian Cerrado soils. Nature Communications, v. 10, p. 1-9, 2019.

CENTRO AGRONÔMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA. Departamento de Recursos Naturales Renovables. Silvicultura de especies promisorias para producción de leña em America Central: resultados de cinco años de investigación. Turrialba, 1986. 250p.

COHEN, K.O. Jatobá-do-cerrado: composição nutricional e beneficiamento dos frutos. Documentos / Embrapa Cerrados, n. 280, 27p., 2007.

FORBES, J.M.; PROVENZA, F.D. Integration of learning and metabolic signals into a theory of dietary choice and food intake. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON RUMINANT PHYSIOLOGY, 2000, Wallingford. Proceedings. Wallingford: CAB International, p. 346-420, 2000.

KU, J. Nutritive value of trees and shrubs for ruminants. In: MOSQUERA-LOSADA, M. R. et al. (eds.). Silvopastoralism and sustainable land management. Wallingford: CABI Publishing, 2005. p. 83-86.

MILIANI, T. et al. Oferta de forraje en un sistema silvopastoril en la región noreste del estado Guarico, Venezuela. Zootecnia Tropical, v. 26, n. 3, p. 297-299, 2008.

PARENTE, L. et al. Monitoring the Brazilian pasturelands: A new mapping approach based on the Landsat 8 spectral and temporal domains. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, v. 62, p. 135-143, 2017.

PROVENZA, F. D. Acquired aversions as the basis for varied diets of ruminants foraging on rangelands. Journal of Animal Science, v. 74, n. 8, p. 2010-2020, 1996.

SALMAN, A.K.D. et al. Manual prático para formulação de ração para vacas leiteiras. Documentos / Embrapa Rondônia, n. 145, 24p., 2011.

SANÓ, E. E. et al. Cerrado ecoregions: A spatial framework to assess and prioritize Brazilian savanna environmental diversity for conservation. Journal of Environmental Management, v. 232, p. 818-828, 2019.

SILVA, J. E. et al. Carbon sequestration in silvopastoral systems in the Brazilian Cerrado. Agriculture, Ecosystems & Environment, v. 307, 107234, 2021.

VALLILO, M. I. et al. Composição química da polpa e da semente do fruto do cumbaru (Dipteryx alata Vog.) - caracterização do óleo da semente. Revista do Instituto Florestal, v. 2, n. 2, p. 115-125, 1990.

BMA-25. Empleo de Guácima (*Guazuma ulmifolia* Lam.), Algarrobo del país (*Albizia saman* (Jacq.) Merr.) y Chote (*Palmentiera edulis* D.C.), como árboles en potreros.

Use of Guácima (*Guazuma ulmifolia* Lam.), Algarrobo del país (*Albizia saman* (Jacq.) Merr.) and Chote (*Palmentiera edulis* D.C.) as trees in pastures.

E. Rodríguez del Rio[1*] *y F. Medinilla Nápoles*[2**].

[1]UCTB Estación Experimental de Pastos y Forrajes de Sancti Spíritus. IIPF. Cuba.

[2]Centro Meteorológico Provincial de Sancti Spíritus, INSMET, CITMA. Cuba.

[*]Correspondencia a: emigdiogr9@gmail.com

[**]Correspondencia a: fernando.medinilla@ssp.insmet.cu. fmedinillan66@gmail.com

RESUMEN

Hoy en día, por diversas razones, el cultivo de pasturas mejoradas es mínimo y la vegetación natural está regresando, incluyendo pasturas naturales y árboles, que contribuyen a restaurar el equilibrio ecológico al tiempo que brindan comodidad y alimento a los animales. Numerosas especies de árboles se establecen en pasturas como vegetación sucesional, y otras requieren control. Por estas razones, el objetivo de este estudio es evaluar cualitativamente la relevancia de establecer tres especies de árboles, como Guácima (*Guazuma ulmifolia* Lam.), Algarrobo del país (*Albizia saman* (Jacq.) Merr.) y Chote (*Palmentiera edulis* D.C.), en sistemas ganaderos. Los métodos utilizados fueron un diseño transversal no experimental, y se utilizaron entrevistas y observación científica para obtener datos. Las entrevistas se realizaron utilizando una guía semiestructurada, adaptada para este estudio con base en la propuesta de los autores. Se confirmó que estas tres especies son las más apropiadas para formar el componente principal de los sistemas de pastizales (silvopastoril), independientemente de otras. La encuesta no sólo preguntó cuáles de estas especies eran preferidas, sino que también ofreció la oportunidad de proponer otras e indagó sobre sus principales propósitos, como sombra y alimento, métodos de propagación y su potencial productivo.

Palabras clave: *ecosistema*, *pastizales*, *silvopastoreo*, *alimentación animal*.

ABSTRACT.

Today, for various reasons, the cultivation of improved pastures is minimal, and natural vegetation is returning, including natural pastures and trees, which contribute to restoring ecological balance while providing comfort and food for animals. Numerous tree species establish themselves in pastures as successional vegetation, and others require control. For these reasons, the objective of this study is to qualitatively evaluate the relevance of establishing three tree species, such as Guácima (*Guazuma ulmifolia* Lam.), Albizia saman (*Albizia saman* (Jacq.) Merr.), and Chote (*Palmentiera edulis* D.C.), in livestock systems. The methods used were a non-experimental cross-sectional design, and interviews and scientific observation were used to obtain data. The interviews were conducted using a semi-structured guide, adapted for this study based on the authors' proposal. It was confirmed that these three species are the most appropriate to form the main component of grassland systems (silvopasture), independent of others. The survey not only asked which of these species were preferred, but also offered the opportunity to propose others and inquired about their main purposes, such as shade and food, propagation methods, and their productive potential.

Keywords: *ecosystem, grasslands, silvopasture, animal feed.*

INTRODUCCIÓN

Durante años la producción ganadera en Cuba provocó la sustitución del bosque original en praderas, carentes de árboles o con muy poca presencia; se hizo un denodado esfuerzo en el cultivo de pastos mejorados, con los que mediante el pastoreo directo o la producción de heno y silos, además del forraje verde y la suplementación con residuos de la industria azucarera en lo fundamental, se desarrolló un modelo de producción que aumentó la producción de leche y carne, pero no con la eficiencia económica productiva esperada ni la sostenibilidad deseada (Iglesias *et al*., 2011).

En la actualidad, las limitaciones de recursos, el alto costo de los combustibles, los fertilizantes y los piensos, unido a la degradación ambiental y los efectos del cambio climático hacen insostenible este modelo de producción. Se impone un cambio del que la propia naturaleza en parte se está encargando. Los pastos mejorados están siendo reemplazados por los naturales y las especies arbóreas y arbustivas proscritas en la ganadería están ocupando su espacio.



El gran reto de la ganadería moderna consiste en incrementar la producción de carne y leche en forma acelerada y sostenible, de tal manera que permita suplir la demanda de la población y que, además, garantice la conservación de los recursos naturales y del medio ambiente. Dentro del esfuerzo en la generación y aplicación de tecnologías apropiadas a las características de nuestro medio, se visualiza la actividad ganadera en sistemas silvopastoriles, que constituyen un enfoque válido, necesario y actual en la capacitación, investigación y transferencia para el desarrollo de la producción animal en nuestro país. Un sistema silvopastoril, es cualquier situación donde se desarrollen conjuntamente, boles o arbustos con pasturas y animales, en un manejo integral cuyo objetivo principal sea incrementar el beneficio neto por hectárea a largo plazo (Giraldo, 1996).

En el presente trabajo se propone el empleo de tres especies forestales: Guácima (*Guazuma ulmifolia* Lam.), Algarrobo del País (*Albizia saman* (Jacq.) Merr.) y Chote (*Palmentiera edulis* D.C.), de relevante importancia en la alimentación y confort animal, como componente arbóreo principal en las áreas de pastizales, lo que se puede definir como Árboles en Potrero o Sistemas Silvopastoriles. No se trata de hacer un monocultivo de estas especies sino que de una forma u otra sean las de mayor presencia; además de otras que también contribuyan en la alimentación, el bienestar animal, la mejora del entorno y del ecosistema en general.

Mediante la caracterización de las especies propuestas se pretende que productores y personas dedicadas a la ganadería obtengan conocimiento de sus cualidades para la reforestación en potreros, con lo que se puede lograr el mejoramiento gradual de la fertilidad de los suelos, la infiltración del agua gracias al proceso de descompactación, la disminución de los procesos erosivos, el embellecimiento del paisaje y el refugio de la fauna silvestre, el confort de los animales y hasta de las personas y en particular su decisiva contribución en la alimentación de la masa en el periodo seco, en el que los pastos se deprimen; gracias a su potencial productivo de frutos y forraje de calidad. En la naturaleza, guácima y algarrobo del país son especies pioneras en la restauración de ecosistemas degradados y el chote en su área de distribución natural e inclusive en las nuestras puede jugar una función semejante.

MATERIALES Y MÉTODO.

La investigación fue de tipo exploratorio y descriptivo, para caracterizar el potencial de uso de especies arbóreas en la producción animal en fincas en desarrollo. Se utilizó un diseño no experimental de corte transversal, y la entrevista y la observación científica como técnicas para la obtención de datos. La entrevista fue desarrollada con el uso de una guía semiestructurada, con arreglos para este trabajo a partir de la propuesta de los autores.

Dentro de los indicadores a evaluar se encuentran:

- Opinión sobre la especie,
- Preferencia por la especie,
- Propósito,
- Período de fructificación,
- Formas de propagación,
- Potencial productivo,
- Otros.

Las entrevistas realizadas abarcaron un universo de 10 productores, 10 técnicos y especialistas forestales y ganaderos y 5 académicos y científicos, para un total de 25 entrevistados. Se realizaron visitas exploratorias a seis fincas ganaderas, vinculadas al proyecto territorial titulado "Mitigación de los impactos de la variabilidad y el cambio climático en la cadena de producción ovina en Sancti Spíritus", el cual está dirigido a acompañar la implementación de las propuestas aprobadas por el Programa SAS-CUBA y mejorar la resiliencia de los sistemas de producción de ganado menor a la variabilidad y el cambio climático, mediante la implementación de buenas prácticas agropecuarias y una transición hacia prácticas agroecológicas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el presente resultado se muestran las opiniones de productores y expertos, que a partir de entrevistas realizadas reflejan una caracterización del uso de estas especies en la crianza de animales, las cuales fueron enriquecidas con el uso de la bibliografía consultada.

Las entrevistas realizadas nos confirmaron, por criterio mayoritario, la hipótesis de que Guácima, Algarrobo del País y Chote pueden y deben ser las especies de máxima prioridad en la reforestación de los ecosistemas ganaderos. Los aspectos de mayor relevancia, destacados por los entrevistados son: el período de fructificación, las formas de propagación y el potencial productivo; además de otras bondades que ofrecen con relación al confort animal y el mejoramiento de los ecosistemas. Entre las tres especies se complementa el período de producción de alimentos distribuido durante todo el año, donde se destaca que el Chote (*Palmentiera edulis* D.C.), ofrece alimento (follaje, flores

y frutos) durante todo el año, mientras que las dos restantes ofrecen su máximo potencial productivo en el período poco lluvioso del año, que coincide con la disminución de alimentos provenientes de pastos.

Algunos de los consultados consideran, además de estas, otras como Leucaena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) De Wit.*)*, Palma Real (*Roystonea regia* O.F.Cook), Mango (*Mangifera indica* L.) y Bien Vestido (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp.). Estas no fueron propuestas como prioritarias, por no considerarse que reunieran todos los requisitos; sin embargo, pueden aparecer en cierta medida como complemento de la biodiversidad funcional del sistema.

En las visitas a las fincas se constató la presencia de estas especies. Sin embargo, solamente en tres de las seis, se fomenta su inclusión como sistema alimentario en zonas de pastoreo.

Estos resultados han sido descritos por otros autores en diferentes estudios, los cuales nos permitieron resumir las características de las especies propuestas, como se describe a continuación.

Breve caracterización de las especies propuestas

Guácima (*Guazuma ulmifolia* Lam.), de la familia *malvaceae*, es un árbol de hasta 20 metros de altura, el tronco mide entre 30 y 60 cm de ancho, su dosel es compacto y redondeado, con hojas que permanecen verdes todo el año, excepto en áreas con una estación seca prolongada (Muñoz *et al*., 2012). También se conoce como guácima, guácimo y caulote.

Es un árbol nativo de las regiones tropicales de América. En el estado de Veracruz, México es muy abundante y crece entre la vegetación secundaria, en las tierras de cultivo, pastizales, orillas de caminos, carreteras y en cualquier sitio abandonado o en descanso. Se conoce como un árbol multipropósito porque brinda diversos productos y servicios para la población rural. Regularmente se utiliza su madera como leña o para construir muebles y palos para escobas artesanales, se utiliza como producto medicinal por sus propiedades antidiabéticas y cicatrizantes, y también se utilizan sus frutos y follaje para la alimentación del ganado, entre otros usos (López *et al*., 2020).

Este árbol habita en terrenos planos y suavemente ondulados desde los 27 grados de latitud norte en México hasta los 28 grados de latitud sur en Paraguay y el norte de Argentina y también en las islas del Caribe. Se adapta a climas cálidos tanto húmedos como secos del trópico y subtrópico. Se encuentra desde el nivel del mar hasta los 1 200 metros de altitud. Su rango óptimo de pluviosidad está entre 700 y 1500 mm (Murgueitio *et al*., 2015).

Según Muñoz *et al* (2012), en Cuba crece de forma espontánea formando parte de los bosques semicaducifolios. La planta se clasifica en el grupo funcional de estrategia sucesional de pionera tardía y puede encontrarse tanto en laderas de montañas bajas, como en cañadas y pastizales. Se establece, la mayoría de las veces, de forma natural en lugares abiertos como potreros, áreas de cultivo, e inclusive de ornato público como parques y áreas verdes. De forma empírica, los productores utilizan el follaje para alimentar el ganado en épocas de carestía y los vacunos, ovinos, caprinos y equinos entre otros persiguen sus frutos para consumo.

De las especies propuestas, la guácima o guácimo es un árbol versátil para la ganadería; además de ser una fuente de alimento y árbol de sombra, su madera es utilizada para fabricar productos como cajas y mangos de herramientas, sus semillas, corteza y hojas tienen propiedades medicinales. (FEDEGAN, 2017).

El árbol es reconocido ampliamente como pionero y de gran uso en sistemas silvopastoriles en América del Sur. La planta presenta buena capacidad de adaptación a las condiciones de perturbación, se desarrolla en un amplio rango climático y en distintos tipos de vegetación. Por consiguiente, se recomienda emplear en las primeras fases de reforestación o rehabilitación de áreas degradadas (Muñoz *et al*., 2012). (Murgueito *et al*., 2015) También la consideran como una especie importante para los sistemas de silvopastoreo como árbol multipropósito; como fuente de forraje, frutos comestibles, sombrío para el ganado, leña y carbón. Según los propios autores, el contenido de proteína del guácimo varía entre 13 y 17 % en las hojas y entre 7 y 10 % en los frutos. En las hojas jóvenes la proteína cruda varía entre 16 y 23 % y en los tallos jóvenes entre 7 y 8%.

Algarrobo del País, (*Albizia saman* (Jacq.) Merr. o *samanea saman)* de la familia *Leguminosae* (*Mimosoideae)* (WFO, 2025). Según varios autores es un árbol de gran tamaño que en su hábitat natural puede alcanzar entre 10 y 25 metros de altura. La copa es amplia y simétrica, y está soportada por ramas horizontales que se extienden ampliamente en forma de sombrilla, con follaje plumoso.

Es un árbol oriundo del trópico seco americano, que se ha generalizado en todo el trópico húmedo y subhúmedo. Se extiende desde México, por toda la América o húmedo y subhúmedo. Se extiende desde México, por toda la América Central hacia Colombia y Venezuela en Suramérica. Además, se encuentra naturalizado y ampliamente disperso en la mayor parte de las islas caribeñas, principalmente en Cuba, Jamaica, Puerto Rico e Islas Vírgenes, así como en las islas del Pacífico (Delgado *et al.,* 2014).

El algarrobo crece en suelos ligeros, medios y pesados, y también se adapta a condiciones alcalinas y ácidas. Puede tolerar encharcamientos por cortos períodos. Presenta características peculiares. Brinda excelente sombra, madera, y produce y distribuye gran cantidad de frutos (vainas) de alta calidad nutritiva, que son un importante suplemento forrajero para el ganado durante el período poco lluvioso (Delgado *et al*., 2014).



Además de su utilidad como alimento animal, tiene otros usos importantes como planta melífera, maderable y medicinal. Su forma más común de propagación es por semillas, pero también se reproduce por esquejes y raíces. Muchos de los árboles que se encuentran en pastos pueden ser remanentes de bosques pasados. Es una especie pionera, que coloniza claros y campos abandonados (Palma-García *et al*., 2018). Los mismos autores informan que el algarrobo forma parte de bosques perennifolios y estacionalmente secos, pero en particular de aquellos abiertos de sabana. Crece en mesetas y llanos (pendientes menores o iguales a 5 %), con drenaje moderado, donde el rango de temperaturas varía de 20 a 38°C, y la precipitación anual fluctúa de 600 a 2 500 mm, con un promedio de 1 400 mm y en altitudes que van desde el nivel del mar hasta los 1 100 metros. Se le puede encontrar a campo abierto, en áreas cultivadas y pastizales, sobreviviendo de dos a seis meses de sequía.

En Cuba se le puede encontrar en sistemas agroforestales como sombra para el café, en lugares que la especie presenta una relativa abundancia se ha extendido por sitios abandonados formando parte de la vegetación sucesional; por su gran porte una vez que logra sobrepasar la altura media de la vegetación sustituye al Marabú (*Dychrostachys cinérea* L.) especie muy conocida en el país por su gran potencial como planta invasora, que ha ocupado grandes extensiones de áreas ganaderas. Coloniza además sitios de potreros donde pastan los animales logrando imponerse.

El algarrobo es una especie de gran rusticidad y resistencia a la sequía, pero es de un desarrollo lento el primer año y solo comienza a fructificar después de unos seis a ocho años desde la plantación, obteniendo su plena productividad a los 10 o 15 años. La maduración del fruto se presenta de febrero a mayo, aunque la máxima producción se presenta de abril a mayo. En Cuba el periodo de floración y fructificación según los resultados de la consulta es similar al de Centroamérica

Para la ganadería, según Palma-García *et al*., (2018), el algarrobo es una excelente opción no sólo porque su amplia copa provee sombra, sino también porque su habilidad para fijar nitrógeno mejora la cantidad y calidad nutritiva de los pastos cercanos y debajo del árbol. Por otra parte, las vainas son un importante suplemento como forraje para el ganado bovino, ovino, caprino y cerdos durante la época de estiaje. El mismo autor señaló que la principal utilidad del árbol se encuentra en sus vainas carnosas, que se producen en gran abundancia y constituyen un forraje muy bueno para el engorde de todo tipo de animales de pastoreo, que se alimentan de ellos con gusto; los árboles maduros tienen un rendimiento, en promedio de 200 a 250 kg de vainas por árbol, por temporada.

La palatabilidad de los frutos del algarrobo para el ganado se reconoce desde hace mucho tiempo. La digestibilidad total de las vainas de samán, con el uso de la técnica in vitro de dos pasos (digestión ruminal e intestinal) demostraron que esta puede ser tan alta como74 % (Wrangham *et al*. 1991). Cuando los animales se alimentan de las vainas enteras, como sucede en pastoreos naturales, una gran proporción de las semillas intactas pasan a través del tracto digestivo y se expulsan con las heces (Janzen 1983). Por tanto, al hablar de su poder alimenticio tendremos que referirnos a los frutos sin semillas a no ser que estos se cosechen y se procesen como harinas (Delgado *et al*., 2014).

El fruto del algarrobo es oleífero. El aceite que se obtiene de las semillas contiene 5,6 % de ácidos grasos libres y está compuesto por nueve ácidos grasos, de ellos más del 90% son insaturados (Esuoso, 1996).

Para la reforestación en pastizales en Cuba la propagación de la especie debe ser por regeneración natural o por plantación y en algunos casos se pueden combinar ambos métodos. Todo depende de la presencia de la especie, la premura y la economía de los productores.

Se tiene que considerar que en los sitios donde existe en diferentes etapas de desarrollo lo más importante es seleccionar y proteger a los más jóvenes sabiendo que, a pesar de la relativa baja palatabilidad de las hojas, el ganado también daña plantas jóvenes. Mantener un espaciamiento prudencial entre los adultos de tal forma que no exista competencia entre sí o con otras especies o exceso de sombra al pasto. Los árboles se plantan normalmente a espaciamientos amplios en pasturas, 20 o 30 m de separación (Palma-García *et al*., 2018). Por sus altos volúmenes de madera de calidad y la leña, los arboles adultos que sobren o sufran daños y para Cuba y otros países la ocurrencia de ciclones o fuertes vientos puede ser la causa principal, deben ser talados y comercializados, lo que da valor al sistema. El aprovechamiento también puede hacerse en épocas de carestía o si se quiere hacer inversiones u para otros fines.

El chote es un árbol de la familia *Bignoniaceae* (Domínguez-Orta *et al*., 2018). Su nombre científico aparece en diferentes publicaciones indistintamente como *Palmentiera edulis* D.C. *o Parmentiera edulis*. Esta planta es originaria de México y el Norte de América Central, como El Salvador y Honduras, se distribuye en regiones con climas tropicales, cálidos, semicálidos y templados, así como en alturas de 200 hasta los 2 240 metros sobre el nivel del mar, (Borras-Enriquez *et al*., 2024).

El árbol del chote crece de 5 hasta 15 metros, con un tronco de 30 cm, es un árbol de rápido crecimiento, a los dos o tres años, empieza a producir frutos. Estos pueden desarrollarse tanto en las ramas como en el tronco; su producción es constante. El fruto de chote es alargado y carnoso, de color amarillo-verdoso, (Borras-Enriquez *et al*., 2024).

En el año 1953 el eminente botánico cubano Juan Tomas Roig y Mesa informa que *Palmentiera edulis* D.C., conocida como Ají de Cabaiguán es cultivada en Cabaiguán, provincia de Las Villas (hoy provincia Sancti Spíritus) le llaman ají por la forma de su fruto.

En varias zonas de la provincia Sancti Spíritus y quizás en otras se ha extendido en sitios abandonados y potreros, con gran poder colonizador. Es una planta muy apreciada por la mayoría de los ganaderos no solo por la sombra sino principalmente por su abundante producción de flores y frutos de gran valor nutritivo de forma permanente; muy codiciada por bovinos ovinos caprinos y hasta los cerdos; lógicamente con picos de fructificación, principalmente en la

época poco lluviosa. Otros ganaderos que no les gusta la presencia del arbolado en sus fincas o que no tienen la cultura de limpiar periódicamente sus potreros no la aprueban.

La producción del Chote se inicia de 2 a 3 años después del trasplante, con un rendimiento aproximado de 1 000 a 2 000 frutos al año y forma parte de la vegetación nativa. Durante el periodo de sequía, existe la disponibilidad de frutos de chote, los cuales son ávidamente consumidos por bovinos que pastorean libremente. En cuanto a su composición nutricional, contiene fibra cruda, proteína, grasa y extracto libre de nitrógeno, además de un alto contenido de micronutrientes, como vitamina C, Fe, Zn y Cu (Álvarez-Olivera *et al.*, 2010; Morales-Sánchez *et al.*, 2015).

El fruto de chote se caracteriza por alto contenido de carbohidratos disponibles (82,1 al 86,3%), tales como azúcares simples como la glucosa, fructosa, disacáridos como la sacarosa y polisacáridos como el almidón, y cuando el fruto se encuentra en su máximo estado de madurez presenta un alto nivel de dulzor. Así mismo, contiene fibra dietaría que son moléculas de interés en la salud, ya que no se degradan en el tracto digestivo y genera una sensación de saciedad (sentirse satisfecho al comer). La composición en Porcentaje (%): materia seca 13,0 a 15,0, materia orgánica 82,0 al 91,0, proteínas 0,3 a 3,0, grasas 1,2 a 1,8, carbohidratos disponibles 82,1 a 86,3, azúcares1 5,0 al 7,2, cenizas 2,5 a 3,9, fibra dietaria 2,0 a 3,4.

Durante el periodo de sequía, existe la disponibilidad de frutos de chote, los cuales son ávidamente consumidos por bovinos que pastorean libremente. El chote es un árbol forrajero, a pesar de sus espinas hemos observado vacunos, ovinos y caprinos ramoneando su follaje principalmente en plantas jóvenes, sus frutos son consumidos como alimento (Pérez-Morales *et al.*, 2022).

En nuestra ganadería las plantas se han establecido de forma natural, diseminadas por los animales, un esfuerzo por establecer la especie en otros sitios donde no está presente demanda de su cultivo en vivero y su plantación en campo.

De forma general hay dos aspectos a considerar de elevada importancia relacionados con el efecto de la sombra o el área del dosel de los árboles. La primera concerniente al cambio climático. Según Zapata *et al* (2020) la sombra de los árboles mitiga el impacto de los rayos del sol. Los animales y el ser humano encuentran refugio para protegerse durante las horas más inclementes del día. La temperatura bajo los árboles puede fácilmente ser inferior en 3 grados centígrados (o aún mas) comparada con las áreas expuestas directamente a la plena exposición solar. La frescura que proporciona la sombra de los árboles permite que el ganado consuma los pastos y lleve a cabo su digestión con mayor comodidad, con lo que se logra un mejor aprovechamiento del alimento (mejor eficiencia alimentaria). Lo anterior significa mayor producción de leche y carne. Según los propios autores, los animales expuestos a los rayos directos del sol en las horas más cálidas del día sufren lo que se denomina estrés calórico; el consumo de alimento disminuye y se afecta la producción de carne, de leche, y la reproducción.

El otro aspecto se relaciona con la influencia que puede ejercer la sombra sobre el pasto; la presencia de los animales bajo los árboles sobre el pasto y la aparición de otro tipo de vegetación no siempre deseada por los productores. No todas las gramíneas soportan la sombra. Se ha observado que las especies de los géneros *Dichanthium* y *Bothriochloa,* presentes en Cuba y que ocupan gran parte de las áreas de pastizales, son intolerantes a la sombra y según esta aumenta disminuye su presencia. Por el contrario, otro pasto natural: *Paspalum notatum* la soporta y se desarrolla en condiciones de poca luminosidad. Las especies o variedades de *Panicum* (*Megathyrsus maximus*) prefieren ciertos niveles de sombra y las de *Cynodon* también son tolerantes. De igual forma innumerables especies de leguminosas nativas o naturalizadas prefieren o soportan la sombra entre las que podemos citar a los *Desmodium canum*, *ovalifolium,* y *triflorum*, y al *Teramnus labialis*.

El aglomeramiento de animales, casi siempre por la poca presencia del arbolado hace disminuir o desaparecer el pasto. Los propios animales o la avifauna trasladan muchas semillas de plantas herbáceas, arbustivas y arbóreas que bajo los árboles encuentran condiciones propicias para su desarrollo; eliminar las indeseables y favorecer la presencia de otras y en especial de gramíneas y leguminosas tolerantes a la sombra tiene que ser tarea de los ganaderos.

CONCLUSIONES

Las entrevistas realizadas nos confirmaron, por criterio mayoritario, la hipótesis de que Guácima (*Guazuma ulmifolia* Lam.), Algarrobo del País (*Albizia saman* (Jacq.) Merr.) y Chote (*Palmentiera edulis* D.C.) pueden y deben ser las especies de máxima prioridad en la reforestación de los ecosistemas ganaderos.

Dentro de los aspectos de mayor relevancia, destacados por los entrevistados son: el período de fructificación, las formas de propagación y el potencial productivo que se extiende durante todo el año, especialmente en el período poco lluvioso cuando disminuyen sustancialmente los alimentos provenientes de pastos. Estas especies contribuyen además al confort animal y al mejoramiento de los ecosistemas



BIBLIOGRAFIA

Álvarez-Olivera P. A., Calzada-Almas, E. y Batisa-Cruz C. 2010. Etnobotánica y propagación de armentiera edulis D.C., árbol de uso múltiple en Cuba. Revista Forestal Baracoa. 29, 1.

Borras-Enriquez A., González, J.L., Veana, F. 2024. Chote… Chote… Cuajilote. Revista - Divulgación de Ciencia y Educación. Mayo – Agosto 2024, Vol. 2, No. 2 34

Delgado, D.C., Beltrán, J., Heras, R., Cairo, J., Horta, Y. 2014. Samanea saman, a multi-purpose tree with potentialities as alternative feed for animals of productive interest. Cuban Journal of Agricultural [En línea]. 2014, 48(3). 205-212. ISSN: 2079-3480. http://cjascience.com/index.php/CJAS/article/view/573.

Domínguez Orta, J. C., & Herrera Martínez, G. 2018. Una delicia en el árbol: el pepino kat. Desde El Herbario CICY, 10, 156–159. http://www.cicy.mx/sitios/desde_herbario/2018.

Esuoso, K. O.1996. The nutritive value of Monkey Pod (Samanea saman) Rivista Italiana delle Sostanze. 73:165

FEDEGAN, 2017. Conozca el árbol guácimo y sus altos niveles proteicos. Federación Colombiana de ganaderos (FEDEGAN). Contecto Ganadero. Com, Bogota, Colombia. http://www.fedegan.org.co/noticias/conozcaelarbolguácimo.

Giraldo, L. A. 1996. Potencial del guácimo (Guazuma ulmifolia) en sistemas silvopastoriles. Agroforestería para la producción animal en América Latina. L. Alfonso Giraldo V. Universidad Nacional de Colombia, Medellín. Colombia.

Iglesias, J., Simón, L., Hernández, I., Castillo, E., Ruíz, T., Valdés, L. R. 2011. Sistemas de producción basados en pastos, forrajes y leñosas forrajeras para la ceba vacuna. En: Milagros Milera, ed. André Voisin: Experiencia y aplicación de su obra en Cuba. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey.

Janzen, D.H. 1983. Pithecellobium saman (Cenízero, Genízero, Raintree). En: Janzen DH (ed) Costa Rican natural history. University of Chicago Press, Chicago, pp 305–330.

Lópes, S., Olguín C., Pérez, P., Villarruel, M, 2020. Sistemas silvopastoriles intensivos con guácimo: Experiencia en Veracruz con pequeños produtores. https://www.researchgate.net/publication/280945026. https://www.researchgate.net/publication/342570944_Sistemas_silvopastoriles_intensivos_con_guacimo_Experiencia_en_Veracruz_con_pequenos_productores.

Morales-Sánchez, V., Osuna-Fernández, H. R., Brechú-Franco, A., Laguna-Hernández, G. y Vargas-Solís, R. 2015. Evaluación del efecto antiurolítico del fruto de Parmentiera aculeata en rata Wistar. Botanical Sciences. 93(2): 293-298.

Muñoz, B.C., Sánchez, J.A., Montejo, L.A., Herrera, P., Gamboa, A. 2012. Guia Técnica para la reproducción de especies arbóreas pioneras. Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente, Instituto de Ecología y Sistemática, 2012. https://www.researchgate.net/publication/28094502.

Murgueitio, E., Barahona, R., Chará, J.D., Flores, M., Mauricio, R.M., Molina, J. 2015. Cuban J. Agric. Sci. vol.49 no.4 Mayabeque oct.-dic. 2015. Versión On-line ISSN 2079-3480. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2079-34802015000400017.

Palma-García, J. M., y González, C. 2018. Recursos arbóreos y arbustivos tropicales para una ganadería bovina sustentable. Colima, México: Universidad de Colima, 2018. http://www.ucol.mx/publicacionesenlinea/adjunto.

Pérez-Morales, S., Crosby-Galván M. M., Ramírez-Mella, M., Bárcena Gama, J. R., Hernández-Mendo, O., & Crosby-Galván, E. M. 2022. Alimentación de bovinos en praderas de chote (*Parmentiera aculeata* (Kunth) Seem.) en el trópico húmedo de México. Agro-Divulgación, 2(5).

WFO. 2025. *Samanea saman* (Jacq.) Merr. On-line; http://www.worldfloraonline.org/taxon/wfo-0000194888.

Wrangham, R. W. ; Conklin, N. L. ; Chapman, C. A. ; Hunt, K. D. ; Milton, K. ; Rogers, E. ; Whiten, A. ; Barton, R. A., 1991. The significance of fibrous foods for Kibale forest chimpanzees. Phil. Trans.: Biol. Sci., 334 (1270): 171-178. https://www.feedipedia.org/node/25405.

Zapata, A., y Silva, B.E. 2020. Sistemas silvopastoriles. Aspectos teóricos y prácticos. CARDER, CIPAV. Editorial CIPAV. Segunda edición. Cali, Colombia 2024. ISBN: 978-958-9386-96-5. http://www.cipav.org.co

BMA-26. Comportamiento reproductivo de un cruce dialélico entre cuatro poblaciones de castarrica (*Mayaheros urophthalmus*) del suroeste mexicano

Reproductive performance of a diallel cross between four populations of castarrica (*Mayaheros urophthalmus*) from southwestern Mexico

Y. García Hernández[1]; M. Fernández Pérez[2]; R. E. Ponce de León Senti[1]

[1]Instituto de Ciencia Animal. Carretera Central, km 47 ½, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba. yoleisyg@ica.edu.cu / yoleisygarciahernandez@gmail.com

[2]División Académica de Ciencias Agropecuarias. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. km. 25, Carretera Villahermosa-Teapa, Centro, Tabasco, México.

RESUMEN

Para analizar el comportamiento reproductivo de los cruces F1 resultantes de un cruzamiento dialélico entre poblaciones silvestres de castarrica (*Mayaheros urophthalmum*), de las localidades San Juan Volador (ANA), Zapotal (GCB), Nuevo Campechito (UCB) y Estapilla (UCM), se utilizaron 16 hembras y 16 machos de cada localidad. Con ellos se formaron cuatro parejas por cada cruce que se reprodujeron en el Laboratorio de Acuicultura Tropical de la División Académica de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco en el periodo de marzo a agosto. Cada cruce tuvo asignada una tina y cada pareja fue considerada una réplica. Se estudió el número de desoves, los alevines/hembra y alevines totales mediante un modelo lineal generalizado que contempló los efectos de los 16 cruces, el peso de la reproductora en cuatro clases y los tres bimestres de desove. El cruce influyó sobre el número de desoves y la cantidad de alevines totales, mientras que el bimestre solo afectó el número de desoves. El cruce, efecto más consistente, mostró que las combinaciones puras, y fundamentalmente ANA-ANA, tienen la mayor cantidad de desoves y alevines totales. También destaca ANA-GCB con respecto al cruce UCB-GCB con el peor desempeño de la etapa. Se constató que en cautiverio estas poblaciones silvestres tuvieron la mayor cantidad de desoves en abril-mayo. El mayor potencial reproductivo lo tuvo la población de ANA, poniendo de manifiesto que el rendimiento reproductivo de diferentes poblaciones de una misma especie depende de las condiciones en las que se produzca la reproducción. Se debe evaluar el crecimiento de estos cruces F1 para identificar los ejemplares más productivos y conformar una población fundadora con alta variabilidad genética.

Palabras clave*: cruzamiento, reproducción, mojarra, alevines*

ABSTRACT

To analyze the reproductive performance of F1 crosses resulting from a diallel cross between wild populations of castarrica (*Mayaheros urophthalmum*) from the localities of San Juan Volador (ANA), Zapotal (GCB), Nuevo Campechito (UCB), and Estapilla (UCM), 16 females and 16 males from each locality were used. Four pairs were formed per cross, which were bred in the Tropical Aquaculture Laboratory of the Academic Division of Biological Sciences, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco from march to august. Each cross was assigned a tank, and each pair was considered a replicate. The number of spawnings, fry/female, and total fry were studied using a generalized linear model that considered the effects of the 16 crosses, the weight of the breeder in four classes, and the three spawning periods. Crossbreeding influenced the number of spawnings and the total number of fry, while the two-month period only affected the number of spawnings. The most consistent effect of crossbreeding was that purebred combinations, especially ANA-ANA, had the highest number of spawnings and total fry. ANA-GCB also stood out compared to the UCB-GCB cross, with the worst performance in this stage. It was found that in captivity, these wild populations had the highest number of spawnings in april-may. The ANA population had the greatest reproductive potential, demonstrating that the reproductive performance of different populations of the same species depends on the conditions under which reproduction occurs. The growth of these F1 crosses should be evaluated to identify the most productive individuals and form a founder population with high genetic variability.

Keywords*: crossbreeding, reproduction, mojarra, fry*

INTRODUCCIÓN

La región de Norte América alberga la mayor biodiversidad de organismos de agua dulce en el mundo (Mendoza-Carranza *et al*., 2018), lo que ha favorecido el desarrollo de la acuicultura como una alternativa productiva que apoya la conservación y el desarrollo sostenible, a partir de la gestión de especies nativas (Cabrera-Rodríguez *et al*., 1997). Los peces nativos son especies con gran potencial debido a sus características (carne blanca, pocas o ninguna espina, buen sabor y textura, y una amplia aceptación por parte de los consumidores). Sin embargo, para llevar una especie nativa a la producción en cautiverio, es necesario contar o generar información sobre los aspectos biológicos y nutricionales de la misma y evaluar los parámetros ambientales que son necesarios para su desarrollo y supervivencia (FAO, 2020).

En México, el cultivo de peces nativos es una actividad que está tomando cada vez mayor interés. Álvarez-González *et al*. (2011) señalan que el éxito del cultivo de estas especies reside principalmente en la selección de especies con potencial, rápido crecimiento, alto valor comercial y creciente demanda en los mercados. En este sentido, la mojarra castarrica *Mayaheros urophthalmum*, pez originario del sureste, es una de estas especies nativas que tiene gran importancia económica y cultural por su alta aceptación para el consumo, elevado valor en el mercado y su amplia distribución en diferentes ambientes (Benitez- Mandujano & Ponce-Palafox, 2014).

Específicamente en Tabasco, existen granjas dedicadas a la producción de alevines de esta especie que utilizan en la reproducción animales silvestres capturados del medio natural cuyos resultados productivos enfrentan dificultades técnicas relacionadas con el desconocimiento del comportamiento de la especie en cautiverio. Esto obedece a que, son escasos los trabajos dirigidos a caracterizar el comportamiento reproductivo y de crecimiento de esta mojarra en condiciones de cautiverio, a la vez que no se han realizado investigaciones orientadas a explotar la variabilidad genética de esta especie en función de mejoras productivas (Fernández-Pérez, 2024). Por tales razones, este trabajo persigue como objetivo analizar el comportamiento reproductivo de los 16 cruces F1 resultantes de un cruzamiento dialélico entre cuatro poblaciones silvestres de mojorra castarrica (*Mayaheros urophthalmum*), provenientes de tres cuencas hidrográficas del sureste mexicano (Coatzacoalcos, Grijalva, Usumacinta), como paso fundamental para la conformación de lotes de reproductores de esta especie.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se llevó a cabo en las instalaciones del Laboratorio de Acuicultura Tropical de la División Académica de Ciencias Biológicas (DACBiol) de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, ubicado en Villahermosa, Tabasco.

Organismos empleados y manejo. Se utilizaron castarricas adultas, colectadas del medio natural y procedentes de cuatro localidades, pertenecientes a las cuencas hidrográficas de Coatzacoalcos, en Veracruz; Grijalva en Tabasco y Usumacinta que abarca los estados de Tabasco y Campeche (figura 1). Del grupo de animales colectados se seleccionaron 32 ejemplares (16 hembras y 16 machos) de cada localidad, los cuales fueron alimentados tres veces al día según el 3% de su biomasa con alimento balanceado para trucha, marca El Pedregal, Silver Cup® y 45% de proteína.



Figura 1. *Áreas de colecta en el medio natural de las poblaciones de castarrica (Mayaheros urophthalmum)*

Áreas de colecta de las poblaciones en estudio:

1.- Estado de Veracruz, río Coatzacoalcos, Arroyo Nauchinapa (ANA), localidad San Juan Volador

2.- Estado de Tabasco, río Grijalva, Cuenca baja (GCB), localidad Zapotal

3.- Estado de Campeche, río Usumacinta, Cuenca baja (UCB), localidad Nuevo Campechito

4.- Estado de Tabasco, río Usumacinta, Cuenca media (UCM), localidad Estapilla

Los peces seleccionados se marcaron con una etiqueta de espagueti numerado para su identificación y colocados por parejas de las diferentes localidades, en una proporción 1:1 (hembra:macho) bajo las 16 combinaciones o cruces formados. Cuatro parejas de reproductores fueron colocadas de manera aleatoria en tinas de 2000 L. Cada cruce tuvo asignada una tina y cada pareja fue considerada una réplica. Las tinas se acondicionaron colocando láminas de plástico rígido reclinadas contra la pared del tanque con un ángulo de 45 grados y que sirvieron como protección del nido de las parejas. Para mantener la calidad del agua del sistema, se realizaron recambios parciales diarios del 50% del agua, sifoneando desde el fondo para eliminar excretas y residuos de alimento. Las condiciones de cultivo se mantuvieron estables en el sistema de reproducción manteniendo valores promedio de temperatura de 28.72 ± 0.52 °C (rango: 27.91-29.70); oxígeno disuelto (OD) de 7.55 ± 0.14 mg/L (rango: 7.21-7.68); y pH de 7.80 ± 0.42 UI (rango: 6.20-7.80).

Los reproductores se mantuvieron en estas condiciones por 210 días (marzo a septiembre). Al observase un desove, se esperaba al momento de eclosión, siendo las larvas recolectadas por sifoneo. Las larvas recién colectadas fueron contadas y posteriormente colocadas de manera aleatoria en tinas de 100 L con aireación constante para su crecimiento.

Cruzamientos dialélicos. El diseño de apareamientos para este experimento se realizó cumpliendo los supuestos de un cruzamiento dialélico completo (4x4), según lo planteado por Griffing (1956 a, b) para el diseño uno (cruces dialélicos que ensayan los apareamientos puros, los cruces F_1 y los cruces recíprocos) y bajo la estructura de un diseño completamente al azar.

Las hembras de cada localidad se dividieron en cuatro grupos de apareamientos. Uno, para aparear con machos de su misma localidad y los otros tres, con reproductores de las localidades restantes. De forma tal que se formaron cuatro parejas por cada una de las 16 combinaciones a estudiar. En la figura 2 se representan estas combinaciones y su distribución en las diferentes tinas dentro del laboratorio.

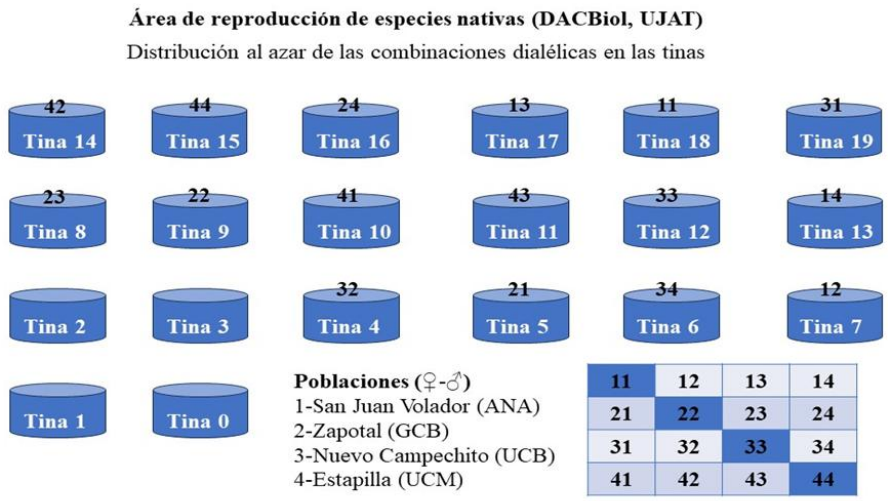


Figura 2. *Distribución de las cruzas dialélicas entre las cuatro poblaciones de castarrica (Mayaheros urophthalmum) durante la reproducción*

Variables a estudiar. Los datos del comportamiento reproductivo de las 16 combinaciones de cruces F1 entre las cuatro poblaciones de castarrica se tomaron según registro acuícola existente en el laboratorio de Genética Acuícola de la División Académica de Ciencias Agropecuarias (DACA) de la UJAT. Con dichos datos se conformó un conjunto de datos perteneciente a las hembras instaladas en reproducción con 64 observaciones. Se analizaron los rasgos número de desoves, alevines totales y alevines por hembra instalada (cantidad de alevines producidos/cantidad de hembras instaladas en reproducción).

Análisis estadístico. A todos los rasgos analizados se le comprobaron los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza mediante un PROC SEVERITY del paquete estadístico SAS (2016). Debido al no cumplimiento de estos supuestos se determinó la distribución que siguieron los rasgos. Todos se ajustaron a una distribución *logn* por lo que la función de enlace empleada en todos los casos fue *identity*. Se empleó un modelo lineal generalizado, con ayuda del PROC *GLIMMIX,* que contempló como efectos fijos el cruce, fuente de variación genética con 16 variantes, el peso de la reproductora en clases (1= pesos menores de 105g, 2=pesos entre 106 y 120g, 3=pesos entre 121 y 135g, 4=pesos mayores de 136g) y el bimestre de desove (marzo-abril, mayo-junio, julio-agosto).

$Y_{ijklm}= \mu+ \alpha_i+ \beta_j+ \gamma_k+e_{ijkl}$

Donde:

Y_{ijkl}= *f(μ)* valor fenotípico esperado del carácter en estudio atendiendo a la función de enlace específica; μ= media o intercepto para todos los modelos;

α_i= efecto fijo del *i-ésimo* cruce (i=11, …,44);

β_j= efecto fijo del *j-ésimo* bimestre de desove (k=marzo-abril, mayo-junio, julio-agosto);

γ_k= efecto fijo del *k-ésimo* peso de la hembra en clases (l=1, 2, 3 y 4);

e_{ijkl}= error aleatorio asociado a las observaciones normalmente distribuidas en todos los modelos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza reflejó que el cruce, como efecto genético influyó sobre el número de desoves y la cantidad de alevines totales, mientras que el efecto ambiental del bimestre de desove solo afectó el número de desoves. Contradictoriamente a lo esperado, el peso de la hembra no incidió sobre ninguno de los tres rasgos analizados, a la vez que el número de alevines/hembra no se modifica por ninguna de las fuentes de variación consideradas (tabla 1).

Tabla 1. *Resultados del análisis de varianza (valor de p).*

Fuente de variación	g.l	Número de desoves (No.)	Alevines/hembra (No.)	Alevines totales (No.)
Cruce	15	0.0022	0.5114	0.0070
Bimestre de desove	2	0.0046	0.9938	0.0698
Peso de la hembra (clase)	3	0.8339	0.5034	0.0748
Error	20			

El cruce como efecto más consistente (tabla 2) mostró que las combinaciones puras, y fundamentalmente entre hembras y machos del Arroyo Nauchinapa, tienen la mayor cantidad de desoves (cuatro) y de alevines totales (11439). También se destacan, las combinaciones entre las hembras ANA y los machos de Zapotal (GCB) con respecto al cruce entre hembras de Nuevo Campechito (UCB) y machos de Zapotal con solo un desove y 2579 alevines producidos en toda la etapa reproductiva estudiada. En esta tabla 2 se presentan, además, las medias para la cantidad de alevines producidos por hembra, como información adicional sobre el comportamiento reproductivo de las cruzas entre estas poblaciones silvestres de castarrica a pesar de que no se encontraron diferencias entre los cruces.

Estos datos confirman que el potencial reproductivo de la especie es alto, pues además de poder desovar en múltiples ocasiones en una temporada (hasta 4 veces), el número de crías por desove es mayor que en las tilapias, en las que se obtienen entre 200 y 600 crías por desove, en función del tamaño de la hembra (Martínez- Palacios y Ross, 1992; Martínez- Palacios *et al.*, 1994).

El hecho de que el cruce ANA-ANA se destaque para estos rasgos reproductivos sugieren que las hembras de ANA fueron muy activas con machos de la misma región, mientras que las hembras de GCB, UCB y UCM no fueron tan selectivas al formar parejas. La afinidad entre hembras y machos se refleja en el número de desoves por cruce, pues las hembras del cruce ANA-ANA desovaron hasta cuatro veces cuando el resto desovó entre una y dos veces.

El gran potencial reproductivo mostrado por los organismos provenientes de San Juan Volador (ANA), en una pequeña cuenca del arroyo Nauchinapa, estado de Veracruz y la baja productividad de los organismos provenientes de Nuevo Campechito, en la cuenca baja del río Usumacinta pueden deberse a algunas características ambientales presentes en la zona de crecimiento de los organismos empleados como reproductores, como la temperatura y la salinidad.

Tabla 2. *Efecto del cruce en los rasgos analizados (medias y error estándar).*

Cruce	Número de desoves (No.)		Alevines/hembra (No.)		Alevines totales (No.)	
	Media	±EE	Media	±EE	Media	±EE
ANA-ANA (11)	4.05[a]	0.26	24.72	2.15	11439[a]	881
ANA-GCB (12)	2.87[ab]	0.29	21.48	2.39	7498[ab]	979
ANA-UCB (13)	1.45[bc]	0.33	23.68	2.70	4625[abc]	1107
ANA-UCM (14)	2.40[bc]	0.28	20.61	2.31	6213[abc]	946
GCB-ANA (21)	1.68[bc]	0.27	17.76	2.18	3752[abc]	895
GCB-GCB (22)	1.98[bc]	0.29	20.35	2.38	4865[abc]	976
GCB-UCB (23)	1.42[bc]	0.36	20.23	2.91	3677[bc]	1194
GCB-UCM (24)	1.50[bc]	0.35	28.65	2.81	5791[abc]	1151
UCB-ANA (31)	1.86[bc]	0.36	19.44	2.89	3902[abc]	1184
UCB-GCB (32)	0.99[c]	0.33	19.17	2.72	2579[c]	1113
UCB-UCB (33)	2.26[bc]	0.32	19.39	2.62	5699[abc]	1073
UCB-UCM (34)	2.44[abc]	0.48	19.84	3.88	5998[abc]	1591
UCM-ANA (41)	1.70[bc]	0.29	20.42	2.32	4115[abc]	950
UCM-GCB (42)	1.37[bc]	0.29	17.87	2.32	2868[bc]	950
UCM-UCB (43)	1.41[bc]	0.48	20.85	3.87	3696[abc]	1584
UCM-UCM (44)	1.35[c]	0.27	20.06	2.18	3434[abc]	892

[abc] *Medias con letras distintas en la misma columna difieren a p<0.05 (Kramer, 1956)*

Los organismos provenientes de ANA quizás crecieron con temperaturas promedios bajas de acuerdo con reportes de clima cálido-húmedo para la zona (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2016), mientras que las temperaturas empleadas en el Laboratorio de Acuicultura Tropical durante la etapa de reproducción (entre 28 y 30 °C) pudieron inducir desoves de manera continua. Los valores de temperatura registrados durante el presente estudio se corresponden con el valor óptimo (28 a 31 °C) sugerido para la especie por Martínez-Palacios (1987), quien además apuntó que los eventos reproductivos son inhibidos por debajo de los 24 °C.

Para Faunce y Lorenz (2000), las características y duración de la temporada reproductiva entre las poblaciones de *Mayaheros urophthalmum* también pueden estar regidas por diferencias en su ciclo de vida. Situación que es evidente en nuestro estudio, pues la población del Arroyo Nauchinapa (ANA) se desarrolla en un ambiente de temperaturas más bajas y la población de Nuevo Campechito (UCB) está expuesto a salinidades más altas. Es por ello que, las condiciones del laboratorio de Acuicultura Tropical (28-30 °C y 0 ppt) aparentemente estimularon la reproducción de los peces de ANA e inhibieron a los de UCB.

Al analizar el efecto del bimestre de desove sobre los indicadores reproductivos se encontró que solo incidió en el número de desove, pero se presentan las medias para los demás rasgos estudiados como referencia del comportamiento reproductivo de acuerdo a la época de desove (tabla 3).

Tabla 3. *Efecto del bimestre de desove en los rasgos analizados (medias y error estándar).*

Bimestre de desove	Número de desoves (No.)		Alevines/hembra (No.)		Alevines totales (No.)	
	Media	±EE	Media	±EE	Media	±EE
Abril-mayo	2.44[a]	0.14	20.58	1.16	6225	474
Junio-julio	1.54[b]	0.14	20.86	1.11	4110	453
Agosto-septiembre	1.78[ab]	0.32	21.29	2.59	4694	1060

[abc] *Medias con letras distintas en la misma columna difieren a p<0.05 (Kramer, 1956)*

Se pudo constatar que en las condiciones de cautiverio en las que se encontraban los organismos de las poblaciones silvestres en estudio, el mayor número de desoves se produjo durante el primer bimestre (abril-mayo). Eso indica que los peces se encontraban en condiciones idóneas para la reproducción aun y cuando, Martínez-Palacios (1987) señalan que la mojarra castarrica en cautiverio presenta mayor cantidad de desoves entre junio y octubre. Este resultado refleja la plasticidad de adaptación de esta especie a las condiciones ambientales donde se desarrolle.

Estudios señalan que la reproducción de esta especie en su zona de distribución natural está directamente relacionada con la temperatura ambiental, ya que empieza en la primavera y termina en el otoño, durante los meses de abril a noviembre, desapareciendo por completo en el invierno (Martínez-Palacios y Ross, 1992). Faunce y Lorenz (2000) reportan que la temporada de reproducción es de abril a junio y que también está determinada por la salinidad. En tanto, Seba (2022) informó picos de desove de mayo a agosto asociados a la época lluviosa.

Los resultados de la presente investigación permiten disponer de un grupo de conocimientos esenciales sobre el potencial reproductivo y manejo en cautiverio de la castarrica (*Mayaheros urophthalmum*) que garantizan el éxito de la introducción de esta especie nativa en sistemas de cultivo acuícolas. Además, constituyen un paso fundamental para la conformación de lotes de reproductores de diferentes orígenes, contribuyendo así a la conservación y mejora de este recurso zoogenético.

Aunque la combinación pura del Arroyo Nauchinapa (ANA) presentó un mayor rendimiento reproductivo, es necesario evaluar los 16 cruces F1 durante la etapa de crecimiento para seleccionar aquellos con mejor comportamiento, identificar los mejores ejemplares y establecer una población con efecto fundador que facilite conformar lotes de reproductores que produzcan mayor número de alevines y tengan un mejor crecimiento. De esta forma, se maximiza la variabilidad genética de los futuros reproductores, se puede iniciar un trabajo de mejora genética y explotar el potencial de la castarrica a nivel comercial con la obtención de productos acuícolas con mejor rendimiento. También será indispensable introducir con regularidad nuevos ejemplares a las poblaciones para mantener en buen estado a las poblaciones fundadoras, sin dejar de hacer uso de la selección genética.

CONCLUSIONES

Las poblaciones de castarrica de San Juan Volador en el Arroyo Nauchinapa (ANA) mostraron el mayor potencial reproductivo de *Mayaheros urophthalmum* en condiciones de cautiverio al presentar el mayor número de desoves y de alevines totales con respecto a las otras 15 combinaciones evaluadas y pone de manifiesto que el rendimiento reproductivo de diferentes poblaciones de una misma especie puede ser potenciado o inhibido por las condiciones en las que se lleva a cabo la reproducción, fundamentalmente temperatura y salinidad, por lo que sienta las bases para el manejo reproductivo de la especie en condiciones de cautiverio. No obstante, se debe evaluar el comportamiento en crecimiento de estos 16 cruces F1 para identificar los ejemplares más productivos y conformar una población fundadora con alta variabilidad genética.

BIBLIOGRAFÍA

Álvarez-González, C. A., Márquez-Couturier, G., Ramírez-Martínez, C., Jesús-Ramírez, F. 2011. Manual para el cultivo de mojarras nativas: tenguayaca (*Petenia splendida*) y Castarrica (*Cichlasoma urophthalmus*). UJAT-FOMIX CONACyT-Gobierno del Estado de Tabasco. Natura y Ecosistemas Mexicanos AC, y Universidad Autónoma de Nuevo León. México, pp 63 ISBN 978-607-433-714-4.

Benítez-Mandujano, M. A., Ponce-Palafox, N. C. C. 2014. Aspectos generales de la introducción de especies ícticas exóticas en la Subregión de los Ríos del estado de Tabasco, México. En A. M. Low Pfeng y E. M. Peters Recagno (Eds.), Especies invasoras acuáticas, casos de estudio en ecosistemas de México (pp. 623–636). México: Semarnat.

Cabrera-Rodríguez, P., Amador-del Ángel, L. E., Gómez-Mendoza, G.E., Castro-Castro, L. 1997. Avances en la Incorporación de Peces Nativos a la Acuacultura en la Reserva Natural Privada "Sandoval Caldera AC": Memorias: Congreso Regional de Ciencia y Tecnología de la Península de Yucatán, pp. 233–236. ECOSUR, Campeche.

FAO. 2020. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2020 Versión resumida. La sostenibilidad en acción. Roma. https://doi.org/10.4060/ca9231es

Faunce, C. H., Lorenz J. J. 2000. Reproductive biology of the introduced Mayan cichlid, *Cichlasoma urophthalmus*, within an estuarine mangrove habitat of southern Florida. Environmental Biology of Fishes 58: 215-225.

Fernández-Pérez, M. 2024. La Mojarra Castarrica*, Mayaheros urophthalmus:* Especie nativa Mesoamericana, con alto potencial acuícola. Tropical Aquaculture. 2 (1): e5736, 2024. http://doi.org/10.19136/ta.a2n1.5736

Griffing, B. 1956a. A generalized treatment of the use of dialell crosses in quantitative inheritance. Heredity 10: 31-50.

Griffing, B. 1956b. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. Australian Journal of Biology Science 9: 463 - 493.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2016. Anuario Estadístico de los Estados Unidos Mexicanos. Instituto Nacional de Estadística y Geografía-México: INEGI 2016.

Kramer, C.Y. 1956. Extension of multiple range tests to group means with unequal numbers of replications. Biometrics. 12, 307 - 310.

Martínez-Palacios, C. A. 1987. Aspects of the biology of *Cichlasoma urophthalmus* (Gunter) with particular reference to its culture. Unpublished PhD thesis, University of Stirling. 321 pp.

Martínez- Palacios, C. A., Hernández, S., Rana, K. 1994. Biología reproductiva y tecnología de producción masiva de crías. En: Martínez-Palacios, C. A., Ross, L. G. (Eds.). Biología y cultivo de la mojarra latinoamericana Cichlasoma urophthalmus. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Grafos editores. 53- pp.

Martínez- Palacios, C. A., Ross, L. G. 1992. The reproductive biology and growth of the Central American cichlid *Cichlasoma urophthalmus* (Günther). Journal of Applied Ichthyology, 8(1- 4), 99-109.

Mendoza-Carranza, M., Arévalo-Frías, W., Espinoza-Tenorio, A., Hernández-Lazo, C. C., Álvarez-Merino, A. M., Rodiles-Hernández, R. 2018. La importancia y diversidad de los recursos pesqueros del río Usumacinta, México. Revista Mexicana de Biodiversidad 89 (Suplem. 2018): S131 - S146. https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2018.4.2182

SAS. 2016. SAS/STAT User's guide statistics. SAS Ins. Inc., Cary, NC, USA

Seba, M. A. 2022. Crecimiento y reproducción de los cíclidos *Vieja fenestrata* (GÜNTHER, 1860) y *Mayaheros urophthalmus* (Günther, 1862) en el lago de Catemaco, Veracruz. Tesis para obtener el grado de Maestra en Ecología y pesquerías. Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías, Región Veracruz. Universidad Veracruzana. 44-pp.

BMA-27. Inventario de las áreas cubiertas de marabú, con fines energéticos mediante la aplicación de SIGs

Inventory of marabu covered áreas for eery purposes through the application of GIS

L. Fernández Pedroso[1*]; *A. M. Vidal Corona*[2**]; *T. García García*[3***] e *I. Pérez Cabrera*[2]

[1]UCTB Investigación e Innovación Tecnológica. Calle 174 No. 1723 e/ 17B y 17C. Rpto. Siboney, Playa, La Habana, Cuba.

[2]UCTB Estación Experimental Agroforestal Camagüey. Ave. Ignacio Agramonte No. 178, Rpto. Los Coquitos, Camagüey, Cuba.

[3]GEOCUBA Camagüey - Ciego de Ávila. Carretera Central Oeste, No 221, e/ 1ra y Avenida Hospital, Rpto Sánchez Soto, municipio Camagüey, provincia Camagüey, Cuba

[*]Correspondencia a: abdielfp549@gmail.com isael.pérez@inaf.cmg.minag.cu

[**]Correspondencia a: alberto.vidal@inaf.cmg.minag.cu

[***]Correspondencia a: teo@camaguey.geocuba.cu

RESUMEN

El estudio se desarrolló en la provincia de Camagüey, Cuba, con el objetivo de realizar el inventario de la biomasa aérea total verde con corteza en las áreas cubiertas de *Dychrostachys cinerea* var. *Africana* Brenan & Brummitt (marabú), basado en los resultados alcanzados por Garcia et al. (2025), en la caracterización tecnológica de las áreas cubiertas de marabù en el municipio Camagüey, con fines energéticos y posible producción de carbón activado, mediante la aplicación de SIGS, en suelos poco rocosos, llanos y de tenencia agropecuaria, cuya área efectiva ocupa 6310.4456 ha (5.74%); de la cual 2793.0383 ha corresponden a marabú fino y 3517.4073 ha a medio, con una biomasa equivalente a 51754.99 y 284804.53 toneladas, respectivamente. Los resultados alcanzados garantizan la adecuada selección de tecnologías para el aprovechamiento de esta materia prima de forma integral, sustentable y respetuosa con el medio ambiente.

Palabras clave: *Inventario de marabú, Sistemas de Información Geográfica, caracterización tecnológica.*

ABSTRACT

The study was carried out in the province of Camagüey, Cuba, with the objective of carrying out an inventory of the total green aboveground biomass with bark in the areas covered with Dychrostachys cinerea var. Africana Brenan & Brummitt (marabou), based on the results achieved by Garcia et al. (2025), in the technological characterization of the areas covered with marabou in the municipality of Camagüey, for energy purposes and possible production of activated carbon, through the application of SIGS, in slightly rocky, flat soils and agricultural land, whose effective area occupies 6310.4456 ha (5.74%); of which 2793.0383 ha correspond to fine marabou and 3517.4073 ha to medium, with a biomass equivalent to 51754.99 and 284804.53 tons, respectively. The results achieved guarantee the appropriate selection of technologies for the comprehensive, sustainable, and environmentally friendly use of this raw material.

Keywords: *Marabu inventory, Geographic Information Systems, technological characterization.*

INTRODUCCIÒN

Según Suárez (2007), el inventario forestal es un procedimiento usado para obtener información cualitativa y cuantitativa de los bosques, de acuerdo a los objetivos propuestos y la exactitud requerida de una población forestal cualquiera, con el fin de obtener resultados útiles para efectos prácticos de su manejo, ya sea como plantaciones o bosques naturales, siendo la información fundamental requerida para la correcta elaboración de su Proyecto de Ordenación Forestal, el cual constituye la base primordial de desarrollo sostenible y de la planificación, organización y control de los manejos y aprovechamientos que se realicen en las áreas del patrimonio forestal, bajo el estricto cumplimiento de la Ley 81, del Medio Ambiente. Asamblea Nacional del Poder Popular (1997).

En la práctica productiva, la pregunta clave a responder para llevar cabo un eficiente inventario forestal, es definir el tamaño adecuado y el número de las parcelas a establecer, ya que estos parámetros influyen directamente sobre la precisión y los costos. En general, el tamaño óptimo de la parcela depende de la estructura del bosque (tamaño, densidad y grado de agregación de los árboles), los costos y el número de parcelas a levantar dependen de la variación entre las parcelas y la precisión deseada alcanzar (Hughell, 1997).

En realidad, en los inventarios forestales, el número de parcelas de muestreo necesarias a emplear, no es posible definirlo desde un punto estadístico puramente, pues la precisión de un modelo ajustado a datos captados a partir de Parcelas de Muestreo Temporal, dependerá de la localización de las parcelas a establecer, de las características del sitio, así como de las covarianzas de las diferentes variables predictoras y de los coeficientes en el modelo ajustado empleado.

Según Montalvo, et. al. (2015), la experiencia práctica en los inventarios forestales en Cuba, sugiere que un aproximado entre 90 y 100 parcelas que cubran las variaciones del sitio y el desarrollo histórico del rodal, puede ser suficiente, a menos que haya evidencias de diferentes patrones de crecimiento en una parte de la zona de estudio, siendo más importante lograr una cantidad adecuada de parcelas de muestreo que acometer una intensidad de muestreo premeditada, cualquiera que sea la variabilidad de la masa boscosa.

En el caso del inventario y cuantificación de la biomasa de marabú, las dificultades que se enfrentan en general son mayores, si las comparamos con el inventario forestal de cualquier índole:

● Nos enfrentamos a extensas áreas invadidas por esta vegetación a nivel nacional, con una

alta densidad de arbustos por ha, los que oscilan entre 12 000 (Marabú grueso), 29 500 (Marabú medio) y 29 600 (Marabú fino). (Vidal et. al., 2015).

● Resulta muy difícil el levantamiento y la captación de datos en las Parcelas de Muestreo Temporal definidas, debido a la incidencia sobre el tasador del roció en las primeras horas de la mañana y del sol en el resto del día, y además riesgoso, por las espinas que cubren su tallo y ramas y por las plagas de insectos y presencia de especies urticantes que habitan en esta vegetación.

No obstante a todas las dificultades expresadas anteriormente, la experiencia práctica sugiere que un número entre 90 y 100 parcelas, de forma cuadrada y de 25 metros cuadrados (5x5), es suficiente para el inventario y cuantificación de la biomasa de marabú por localidades, mediante un muestreo aleatorio sistemático y distribuyendo las parcelas de muestreo en los puntos que mayor superficie esta especie ocupa en el área objeto de estudio, cubriendo en ellas los diferentes tipos de sitios existentes y empleando las categorías de marabú establecidas.

Paralelamente con el inventario del marabú, resulta imprescindible tener en cuenta la flora arbórea y herbácea que crece junto a esta especie, con vista a definir su manejo adecuado y/o conservación, cumpliendo estrictamente con las restricciones emanadas de las leyes ambientales y de la Ley Forestal (Asamblea Nacional del Poder Popular, 1997).

En Cuba se llevó a cabo el Proyecto SODePaz: "**Aprovechamiento de la biomasa de marabú y otras especies energéticas como combustible en la generación de electricidad y recuperación ambiental en Camagüey",** financiado por la Unión Europea en el año 2012, como apoyo al Programa de construcción y puesta en marcha de las bioeléctricas proyectadas a nivel nacional, con el empleo de esta materia prima.

El objetivo principal del presente estudio se centró en desarrollar el inventario de las áreas cubiertas de la vegetación de *Dichrostachys cinerea* (L.) Wr. *et* Arn. (Marabú) en el municipio "Camagüey", provincia Camagüey, con fines energéticos, cumpliendo estrictamente las indicaciones de la "**Metodología para la caracterización tecnológica e inventario de las áreas cubiertas de marabú con fines energéticos",** vigente en el país. (Vidal, A., García T. y col. 2019) y del **"Manual de procedimiento para el aprovechamiento de impacto reducido de los bosques de Cuba"** (García *et al.* 2012).

MATERIALES Y MÉTODOS

1.- Ubicación y características principales del área de estudio:

Se describe la ubicación del área de estudio teniendo en cuenta la latitud y longitud donde ésta se localiza, su relieve, las llanuras y planicies existentes, suelos predominantes y las temperaturas máximas y mínimas que se alcanzan.

2.- Caracterización tecnológica del área de estudio para la definición del área efectiva cubierta de marabú por categorías diamétricas.

Se lleva a cabo la caracterización tecnológica del área de estudio para facilitar el inventario de su biomasa aérea total verde con corteza con fines energéticos y/o la producción de carbón activado.

3.- Colecta de datos para el inventario de la biomasa aérea total verde con corteza para las categorías diamétricas existentes.

4.- Tamaño de la muestra, su distribución, método de muestreo y error máximo permisible:

Se describe el tamaño de las muestras evaluadas por categorías diamétricas evaluadas, su forma de distribución dentro del área estudiada y el tamaño del error máximo admisible.

5.- Cálculo del diámetro medio de los arbustos para la categoría de marabú fino y medio: Se definió a partir de la fórmula:

$$\bar{d} = \sum_{i=1}^{n} \frac{d_i}{n}; \quad \text{Donde} \quad \begin{array}{l} \bar{d} : \textit{diámetro medio} \\ d_i : \textit{diámetro de cada árbol} \\ n : \textit{número de observaciones} \end{array}$$

6.- Cálculo de la biomasa aérea total verde con corteza por árbol para las categorías de marabú fino y medio:

Se obtuvo a partir del diámetro medio obtenido para las categorías de marabú fino y medio, respectivamente y el valor correspondiente al modelo matemático elaborado por Bravo *et al.* (2015):

Ln BATVCC = 1, 5522 + 0, 6667 * Ln d_{base}

Donde: **BAFVCC=** biomasa aérea total verde con corteza, **$d_{base=}$** diámetro medio de los arbustos y 1,5522 y 0,6667= coeficientes ajustados del modelo construido.

7.- Cálculo de la biomasa aérea total verde con corteza para las categorías de marabú fino y medio:

Se calculó a partir de la multiplicación del valor obtenido anteriormente por su correspondiente área efectiva.

8.- Definición del número de arbustos por m^2 y por ha, para las categorías de marabú fino y medio:

● Se cuantificó el número promedio de individuos obtenidos por parcela (25 m^2) para las categorías de marabú fino y medio y por regla de 3 se definió el valor medio de arbustos por m^2:

● La cifra de arbustos obtenida por m^2 se multiplicó por el número de m^2 equivalentes a una ha (10 000), definiéndose el número medio de arbustos por ha.

9.- Propuesta de tecnologías para el aprovechamiento del marabú fino y medio y su entrega en los centros de producción de energía eléctrica y/o carbón activado:

• Se propone el empleo de tecnologías semimecanizadas y/o de máquinas combinadas, acorde con el nivel de mecanización programado introducir con estos fines en el municipio Camagüey a corto y mediano plazos.

10.- Definición del principal tenente, en función de la superficie ocupada por marabú, por categorías diamétricas

11.- Definición de los tipos de relieves en que se desarrollan el marabú fino y medio existente en el área de estudio y su posible aprovechamiento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1.- El área de estudio se encuentra en los 21^0 42´ de latitud norte y los 77^0 55´ de longitud oeste. Su relieve es llano, donde predominan las llanuras calizas y planicies de rocas serpentinosas e ígneas y los suelos pardos carbonatados. La temperatura máxima y la mínima alcanzan valores de 30,6 ^{0}c y de 20,50 ^{0}c, respectivamente.

2.- Se emplearon SIGs disponibles sobre bases digitales, gestionados a través del software libre QGIS, con la integración del mapa catastral y de suelo, fotomosaicos de imágenes de teledetección, interpretación visual y previa comprobación en el terreno, para brindar un juego de mapas especiales que caracteriza la superficie efectiva cubierta de marabú por categorías diamétricas, obstáculos, pendientes y tenencia de la tierra, el cual establece vínculos directos con los resultados del inventario, cumpliendo con las indicaciones emitidas por MET: 30-14, MET: 40-60, la Norma Cubana 13-18:88, Herrero (2003), Vidal *et al.* (2018) y García *et. (*2025, en prensa*)* y posteriormente se llevó a cabo su validación y ajuste en el terreno.

3.- Se ejecutó la colecta de datos dentro del área de estudio, en las categorías existentes de marabú fino (d_{base} entre 0 y 3 cm) y marabú medio (d_{base} entre 3,1 y 8 cm).

4.- Las muestras evaluadas en el caso del marabú fino, proceden del levantamiento de 20 parcelas temporales de muestreo, de forma cuadrada y de dimensión 5 x 5 (25 m^2), levantadas a una distancia entre ellas de 40 a 50 metros, establecidas en los puntos de mayor concentración de estos arbustos y características de sitio diferentes, empleando un muestreo aleatorio simple y en el caso del marabú medio de 40 parcelas. El error máximo admisible en el estudio fue del 15 por ciento.

5.- Diámetro medio de los arbustos para la categoría de marabú fino = 2.27 cm

Diámetro medio de los arbustos para la categoría de marabú medio = 5.50 cm

6.- Biomasa aérea total verde con corteza por hectárea para marabú fino = 18.53 t/ha

7.- Biomasa aérea total verde con corteza por hectárea para marabú medio = 80.97 t/ha

8.- Número de arbustos por m^2 por parcela (25 m^2) para marabú fino= 4.59 ind/m^2

Número de arbustos por m^2 por parcela (25 m^2) para marabú medio = 2.37 ind/m^2

Número de arbustos por ha para marabú fino = 45 900 ind/ha

Número de arbustos por ha para marabú medio= 23 700 ind/ha

9.- Emplear para el aprovechamiento del marabú fino tecnologías semimecanizadas

Emplear para el aprovechamiento del marabú medio maquinas combinadas

10.- El principal tenente, relacionándolo por la superficie y la biomasa disponible para cada categoría de marabú existente en este municipio resultaron las CCS junto con las CPA, las cuales ocupan de conjunto 2607.1611 ha, equivalentes a 137284.31 ton. (Figura 1 y tabla 1).

11.- El marabú fino se desarrolla en los tres tipos de relieves existentes en el área estudiada, ocupando 2793.0383 ha, equivalentes a 51754.99 toneladas de biomasa y se propone su aprovechamiento para la producción de electricidad y/o carbón activado, con el empleo de tecnologías semimecanizadas. (Figura 2 y tabla 2).

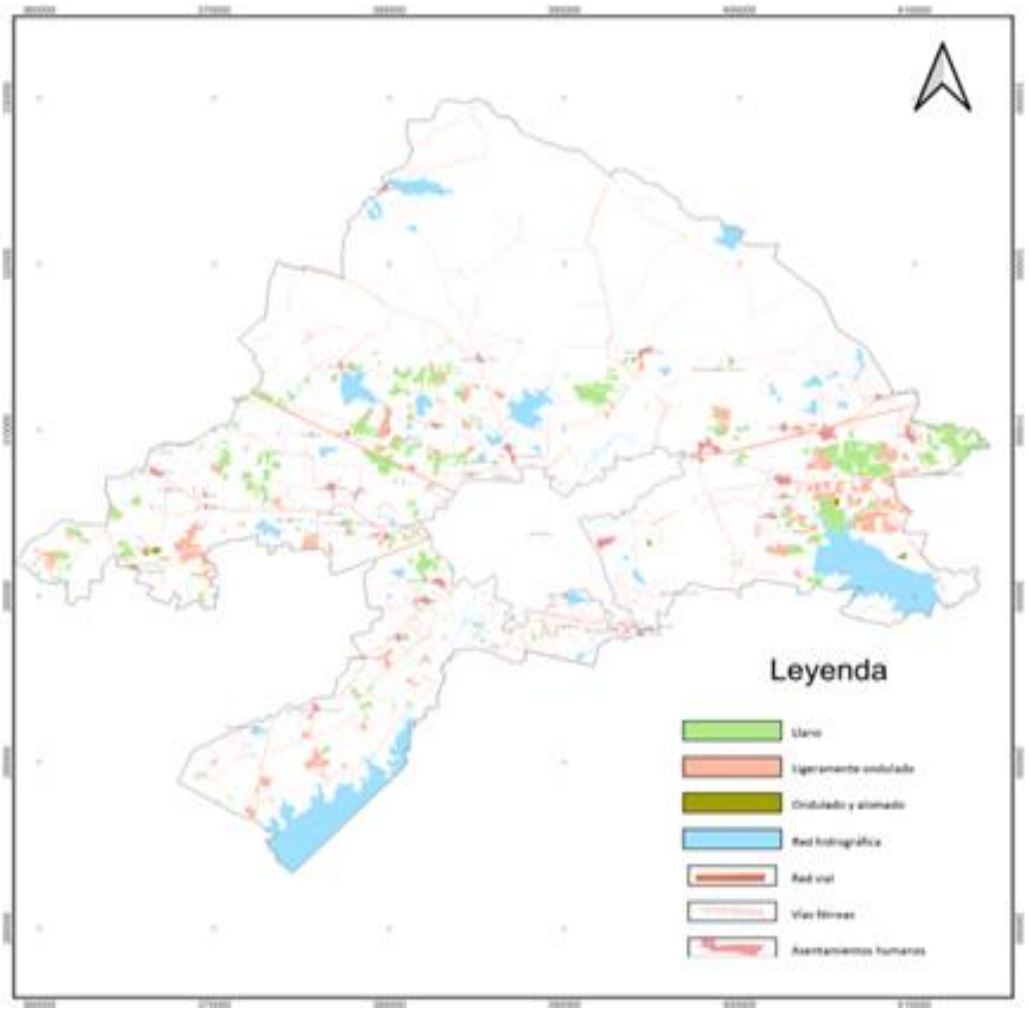


Figura 1. *Caracterización tecnológica de la base de materia prima del marabú en función de los tenentes. Definición de la superficie efectiva en función de la tenencia.*

SILVOPAT – 2025 | ICA | ISBN: 978-959-7171-88-1 | Cu-ID: https://cu-id.com/book/978-959-7171-88-1

Tabla 1. *Descripción de la base de materia prima del marabú en función de la tenencia.*

Descripción de la base de materia prima del marabú en función de la tenencia						
No.	Categoría Marabú	Área efectiva/Biomasa	Superficie por tenentes (Há) / Biomasa por tenentes (TON)			
			CCS y CPA	Emp. Agrop. Cmg	UBPC	Otras entidades
1	Fino	2793.0383	1182.2162	920.5400	582.1664	108.1157
		51754.99	21906.4600	17057.5800	10787.5500	2003.4000
2	Medio	3517.4073	1424.9449	842.1626	813.7353	436.5645
		284804.53	115377.8500	68189.8900	65888.1700	35348.6200
Total		6310.4456	2607.1611	1762.7026	1395.9017	544.6802
		336559.52	137284.31	85247.47	76675.72	37352.02

(Tabla basada en los resultados alcanzados por Garcia et al. (2025), en prensa, Revista Baracoa: "Caracterización tecnológica de las áreas cubiertas de marabú con fines energéticos mediante la aplicación de SIGS")

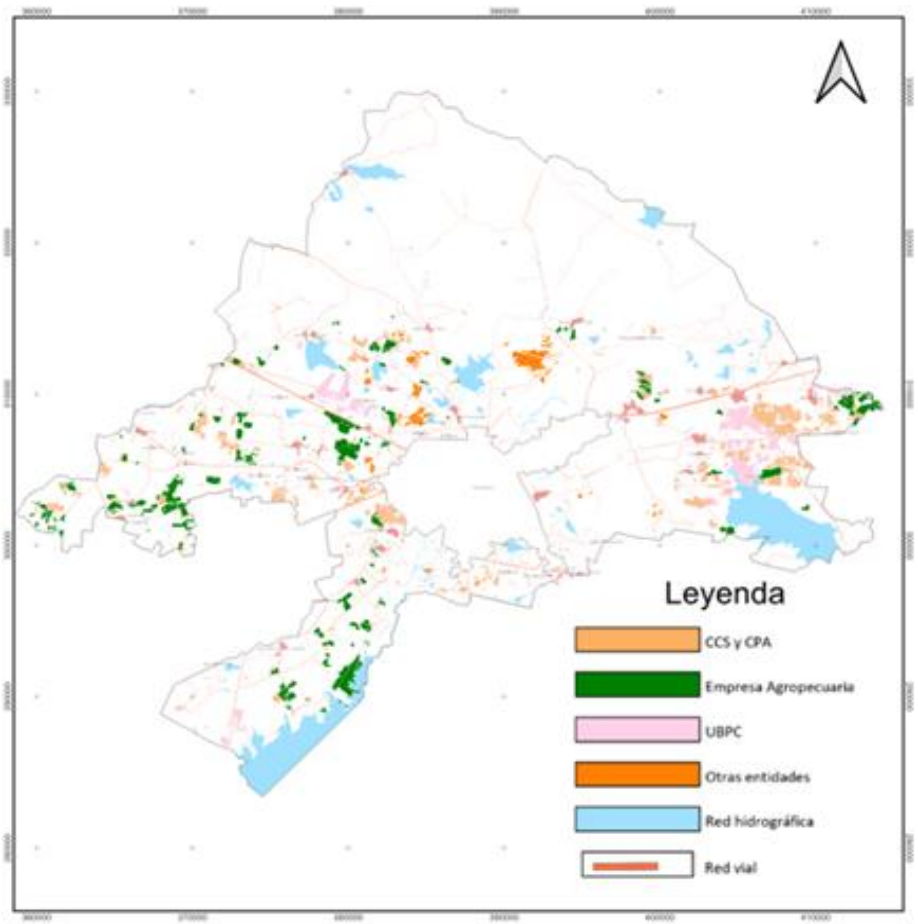


Figura 2. *Propuestas de tecnologías para el aprovechamiento de la biomasa del marabú con fines energéticos. Definición de las posibles tecnologías a emplear para su aprovechamiento.*

Tabla 2. *Descripción de la base de materia prima del marabú en función de las tecnologías de aprovechamiento posibles a emplear.*

Descripción de la base de materia prima del marabú en función de las tecnologías de aprovechamiento						
No.	Categoría Marabú	Área efectiva	Superficie por tecnologías (Há)		Biomasa por tecnologías (TON)	
			Máquina combinada	Semimecanizada	Máquina combinada	Semimecanizada
1	Fino	2793.0383	--	2793.0383	--	51754.99
2	Medio	3517.4073	1977.4198	1539.9875	160111.7	124692.83
Total		6310.4456	1977.4198	4333.0258	160111.7	176447.82

(Tabla basada en los resultados alcanzados por Garcia et al. (2025), en prensa, Revista Baracoa: "Caracterización tecnológica de las áreas cubiertas de marabù con fines energéticos mediante la aplicaciòn de SIGS")

El marabú medio se desarrolla también en los tres tipos de relieves existentes en el área inventariada, la cual ocupa 3517.4073 ha, equivalentes a 284804.53 toneladas y se recomienda su aprovechamiento para la producción de electricidad y/o carbón activado, usando máquinas combinadas, en 1977.4198 ha existentes, equivalentes a 160111.70 ton.

CONCLUSIONES

La metodología empleada en el presente estudio para el inventario integral de la biomasa del marabú para diversos fines, es eficiente, de fácil manejo práctico y también aplicable para su empleo con otros fines económicos y ambientales de esta especie y en los inventarios de bosques naturales y plantaciones forestales.

BIBLIOGRÁFIA

Asamblea Nacional del Poder Popular 1997. "Ley 81, del Medio Ambiente". Gaceta oficial de la República de Cuba, ed. Extraordinaria, no.7, La Habana, Cuba:7 pp.

Bravo, J. A.; A. M. Vidal; R. A. Hernández y Peña 2015. "Estimación de la biomasa aérea total verde con corteza de la vegetación de *Dichrostachys cinerea var. africana Brenam* & Brummitt (Marabú)". Memorias de la Jornada científica 45 Aniversario de la Fundación de la Estación de Guisa. ISBN: 978-959-7215-22-6, Granma, Cuba. 2015. 22pp.

García, J. M.; A. M. Vidal; J. A. Herrero y E. Batista. 2012. "Manual de procedimiento para el aprovechamiento de impacto reducido de los bosques de Cuba". La Habana. Dirección Forestal Minag. Proyecto "Desarrollo del Sector Forestal en Cuba". 159 páginas. ISBN: 978.959-7210-58-0

SODePAZ. 2012. Aprovechamiento de la biomasa de marabú y otras especies energéticas como combustible en la generación de electricidad y recuperación ambiental en Camagüey. EUROPEAID/129-886/L/ACT/CU/01 36 p.

Montalvo, J. M.; J. Bravo; A. Casanova y T. Suárez 2015. "Código de Parcelas de Muestreo Permanente. Instructivo Técnico. Instituto de Investigaciones Agro-forestales, La Habana, Cuba. 42 pp.

Suárez, T. 2007. Ordenación forestal: base del desarrollo forestal sostenible". *Revista Agricultura Orgánica*, no.1 ACTAF, Minag. La Habana, pp 7- 8.

Hughell, D. A. 2003. La optimización de inventarios forestales. Informe Técnico. No 59. Editorial BOLFOR, Bolivia:32 pp.

Vidal A. M.; L. A. Bravo; A. Hernández; Y. Peña; M. Valle y D. Pi 2015. "Inventario para el aprovechamiento de las áreas cubiertas de la vegetación de *Dichrostachys cinerea var. africana Brenam* & Brummitt (Marabú) pertenecientes al municipio "Carlos Manuel de Céspedes", provincia Camagüey.

Vidal A.; García, T. y colaboradores. 2019. Metodología para la caracterización tecnológica e inventario de las áreas cubiertas de marabú con fines energéticos.100 p. Segunda versión.

BMA-28. Caracterización tecnológica de las áreas cubiertas de marabú con fines energéticos mediante la aplicación de SIGS

Technological characterization of marabú-covered áreas for energy purposes through the application of GIS

T. García García[1], A. M. Vidal Corona[2**], L. Fernández Pedroso[3***] y I. Pérez Cabrera[2]*

[1]GEOCUBA Camagüey - Ciego de Ávila. Carretera Central Oeste, No 221, e/ 1[ra] y Avenida Hospital, Rpto Sánchez Soto, municipio Camagüey, provincia Camagüey, Cuba

[2]UCTB Estación Experimental Agroforestal Camagüey. Ave. Ignacio Agramonte No. 178, Rpto. Los Coquitos, Camagüey, Cuba.

[3]UCTB Investigación e Innovación Tecnológica. Calle 174 No. 1723 e/ 17B y 17C. Rpto. Siboney, Playa, La Habana, Cuba.

[*]Correspondencia a: teo@camaguey.geocuba.cu isael.pérez@inaf.cmg.minag.cu

[**]Correspondencia a: alberto.vidal@inaf.cmg.minag.cu

[***]Correspondencia a: abdielfp549@gmail.com

RESUMEN

El estudio se desarrolló en la provincia de Camagüey, Cuba, con el objetivo de realizar una adecuada caracterización tecnológica de las áreas cubiertas de *Dychrostachys cinerea* var. *Africana Brenan* & *Brummit*t (marabú), que facilite el inventario de su biomasa aérea total verde con corteza con fines energéticos. Se emplearon los SIGs disponibles sobre bases digitales, gestionados a través del software libre QGIS, con la integración del mapa catastral y de suelo, fotomosaicos de imágenes de teledetección, interpretación visual y previa comprobación en el terreno, para brindar un juego de mapas especiales que caracteriza la superficie efectiva cubierta de marabú por categorías diamétricas, obstáculos, pendientes y tenencia de la tierra. El área efectiva resultó ser 6310.4456 ha (5.74%); de la cual 2793.0383 ha corresponden a marabú fino y 3517.4073 ha a medio, localizada en suelos mayormente poco rocosos, llanos y de tenencia agropecuaria, garantizando la selección de tecnologías para su aprovechamiento sustentable, respetuosas con el medio ambiente.

Palabras clave: *Marabú, Sistemas de Información Geográfica, caracterización tecnológica e inventario.*

ABSTRACT

The study was developed in the province of Camagüey, Cuba, with the aim of carrying out an adequate technological characterization of the areas covered by *Dychrostachys cinerea* var. Africana Brenan & Brummitt (marabou), which would facilitate the inventory of its total green aboveground biomass with bark for energy uses. The available GIS were used on digital bases, managed through the free software QGIS with the integration of the cadastral and soil map, photomosaics of remote sensing images, visual interpretation and prior verification in the field, to show a set of special maps that characterizes the effective surface covered by marabou by diameter categories, obstacles, slopes and land ownership. The effective area was found to be 6310.4456 ha (5.74%); Of which 2793.0383 ha correspond to fine marabou and 3517.4073 ha to medium, on mostly slightly rocky, flat soils and agricultural lands, guaranteeing the selection of technologies for their sustainable use, respectful of the environment.

Keywords: *Marabú, Geographic Information Systems, technological characterization and inventory*

INTRODUCCIÓN

En Cuba se han llevado a cabo investigaciones relacionadas con el inventario de la biomasa forestal para diversos fines, sin embargo, estos estudios han sido abordados en un grupo pequeño de especies y en algunos casos no se han cuantificado todos los componentes de la biomasa (Bravo, 2014). Por otra parte, los inventarios realizados hasta la fecha no son específicamente de aprovechamiento, en los que necesariamente se requiere considerar las características tecnológicas de las áreas a explotar, que faciliten la adecuada selección de tecnologías, sistemas de máquinas y formas organizativas de la fuerza laboral de las brigadas de aprovechamiento forestal, que garanticen una buena efectividad económica y minimizar el impacto sobre el medio ambiente (García et al. 2012).

En Cuba se cuenta con un censo de las áreas infestadas de marabú y algunos trabajos acerca de las disponibilidades de su biomasa a nivel nacional, pero sus datos son preliminares, requiriéndose de métodos de inventarios más precisos para determinar la biomasa existente, la cual una vez cosechada y transformada, puede suministrarse como combustible alternativo en los centrales azucareros, complementando la biomasa cañera, (SODePAZ, 2012).

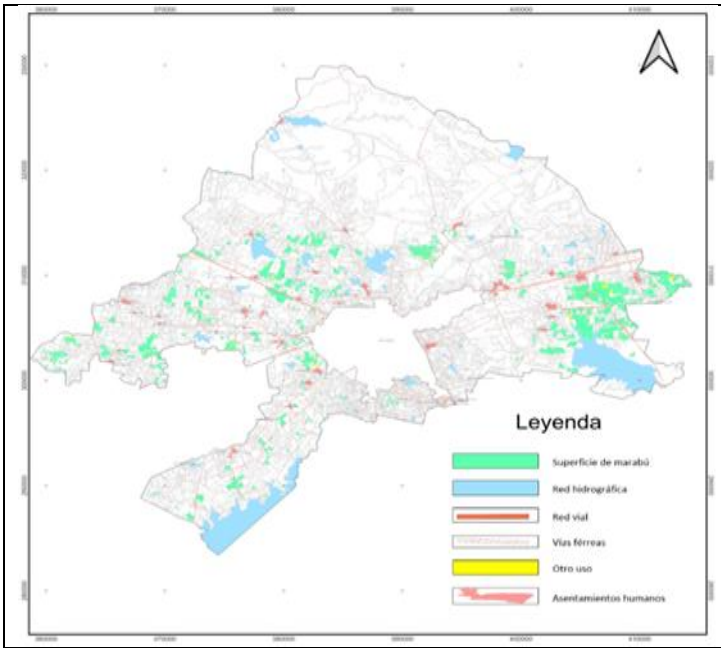
En el año 2012, en Cuba se llevó a cabo el Proyecto SODePaz: "**Aprovechamiento de la biomasa de marabú y otras especies energéticas como combustible en la generación de electricidad y recuperación ambiental en Camagüey",** financiado por la Unión Europea, ejecutado por investigadores, especialistas y productores procedentes del Instituto de Investigaciones Agro-forestales, de la Empresa GEOCUBA Camagüey-Ciego de Ávila y de la Empresa Agro-forestal de Camagüey, respectivamente, los cuales formularon, validaron e implementaron directamente en esta provincia la **"Metodología para la caracterización tecnológica e inventario de las áreas cubiertas de marabú con fines energéticos",** como apoyo al Programa de construcción y puesta en marcha de las bioeléctricas proyectadas a nivel nacional, con el empleo de esta materia prima (Vidal et al. 2019), la cual ha sido empleada como metodología básica en la ejecución de la presente investigación.

El objetivo principal del presente estudio se centró en brindar una herramienta que recoja de forma integral los principales aspectos técnicos, tecnológicos y metodológicos requeridos para desarrollar el inventario de las áreas cubiertas de la vegetación de *Dichrostachys cinerea* (L.) Wr. *et* Arn. (Marabú) en el municipio "Camagüey", provincia Camagüey, la selección de tecnologías, sistemas de máquinas y formas de organización de la fuerza laboral económicamente rentables y respetuosas del medio ambiente, a partir de una adecuada caracterización tecnológicas de dichas áreas y el empleo de SIGs disponibles sobre bases digitales gestionadas a través del software QGIS, con la finalidad de convertir su biomasa en energía eléctrica y/o carbón activado.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para llevar a cabo la caracterización tecnológica integral de la base de materia prima cubierta de marabú en el municipio "Camagüey", se requirió inicialmente de la normalización de la base cartográfica digital del mapa catastral y de suelo, para facilitar las labores de procesamiento cartográfico, captura de datos, inventario, análisis, representación y cuantificación de la biomasa total verde por categorías de marabú, con fines energéticos, en función de las variables objeto de estudio y el cumplimiento de las indicaciones emitidas por MET:30-14, MET: 40-60, la Norma Cubana 13-18:88, Herrero (2003) y Vidal et al. (2018).

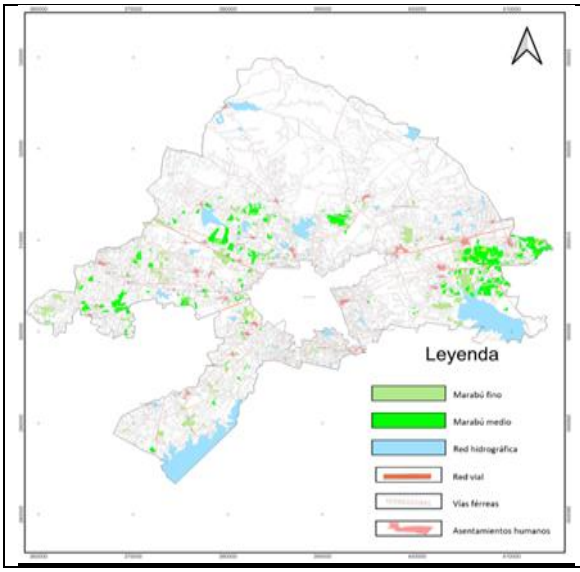
Definición de la superficie efectiva cubierta de marabú.



Su confección parte de estudiar el área total del municipio a partir de las imágenes de teledetección, para delimitar la superficie efectiva cubierta de marabú.
Para ello se determina inicialmente la superficie total cubierta de marabú dentro del municipio y se le descuenta el área ocupada por concepto de red hidrográfica y su correspondiente faja hidrorreguladora, red vial y otros cultivos no asociados al estudio. Como base de trabajo para la representación temática se tomó el catastro rural a escala 1:10 000.

Figura 1. *Superficie efectiva cubierta de marabú.*

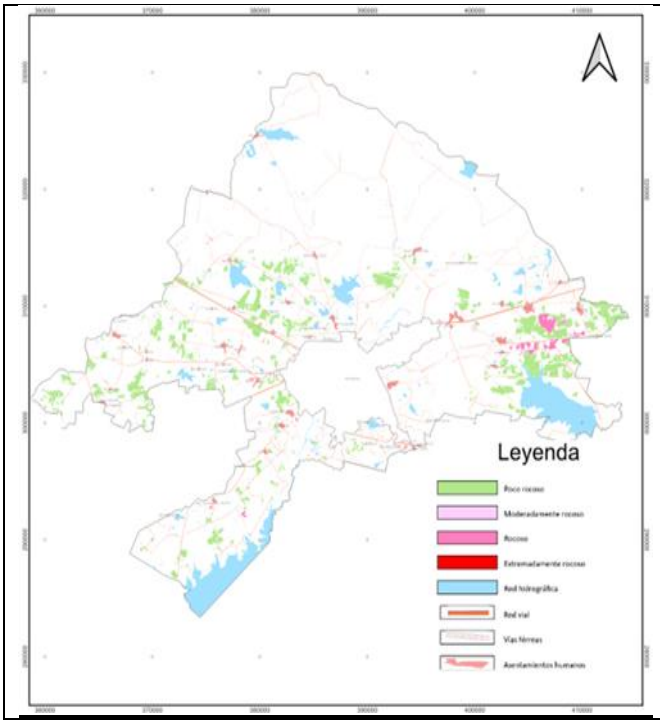
Definición de la superficie efectiva por categorías de marabú.



Partiendo del primer mapa, con previa interpretación visual de las imágenes de teledetección, teniendo en cuenta las variables color y textura, se define la clasificación del marabú en fino, medio y grueso y el área que ocupa cada categoría y posteriormente se realiza la comprobación en el terreno, mostrándose en el mapa su composición temática.

Figura 2. *Caracterización tecnológica de la base de materia prima cubierta de marabú en función del diámetro en la base.*

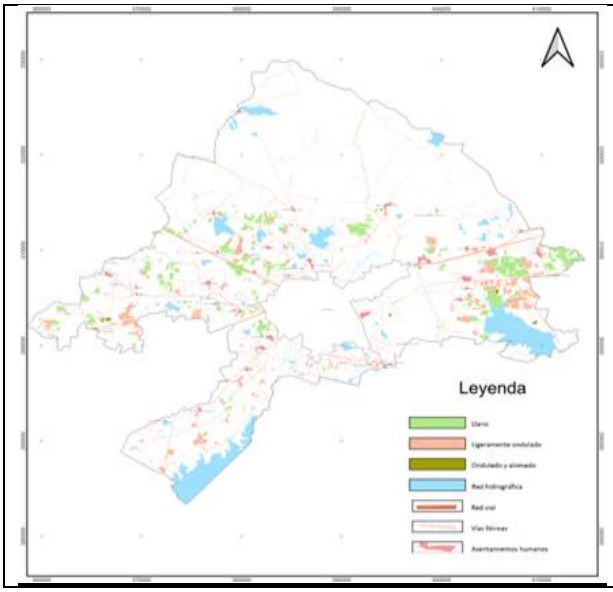
Definición de la superficie efectiva en función de los obstáculos.



Partiendo del segundo mapa y con previa captura de los datos de la variable rocosidad presente en el mapa de suelo se integra a la base catastral, definiendo para cada categoría de marabú lo que representa en superficie, por concepto de suelos considerados poco rocosos, moderadamente rocosos, rocosos y extremadamente rocosos, mostrándose en el mapa su composición temática.

Figura 3. *Caracterización tecnológica de la base de materia prima del marabú en función de los obstáculos.*

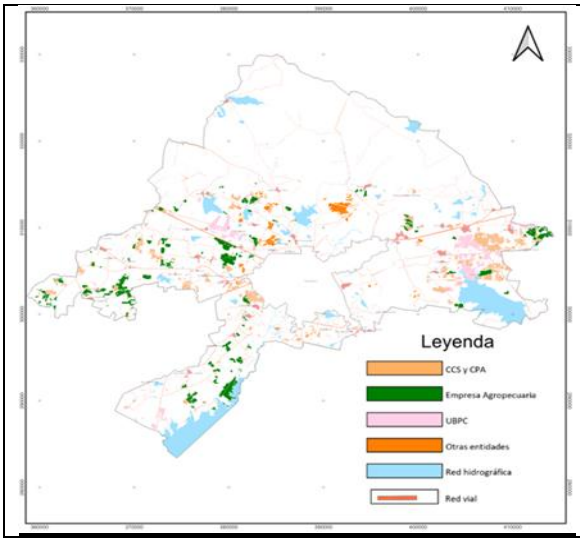
Definición de la superficie efectiva en función de la pendiente.



Partiendo del segundo mapa y con previa captura de los datos de la variable pendiente presente en el mapa de suelo se integra a la base catastral, definiendo para cada categoría de marabú lo que representa en superficie, por concepto del rango de la pendiente, considerados suelos llanos, ligeramente ondulados, ondulados y alomados, mostrándose en el mapa su composición temática.

Figura 4. *Caracterización tecnológica de la base de materia prima del marabú en función de los rangos de pendientes.*

Definición de la superficie efectiva en función de la tenencia.

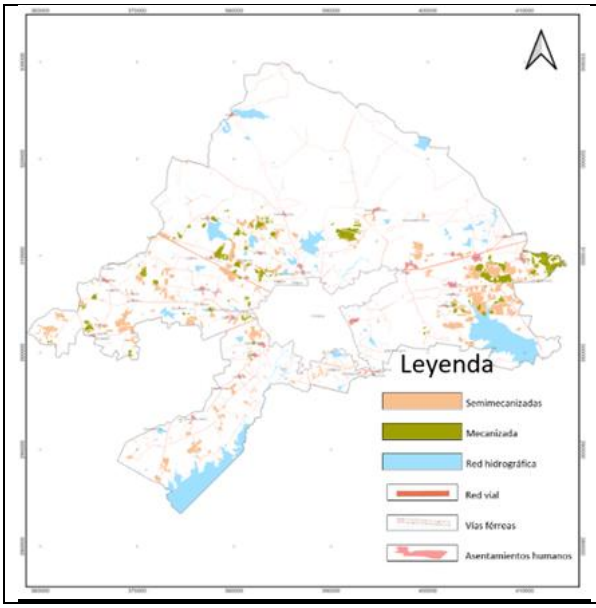


Partiendo de los mapas anteriores se relaciona por cada tipo de marabú la superficie en hectárea y las toneladas de biomasa con la que disponen los principales tenentes en el territorio, agrupados en: Campesinos independientes, CCS y CPA, Empresas Agropecuarias, UBCP y otras entidades, mostrándose en el mapa su composición temática. (La cuantía de la biomasa se incorpora una vez concluido el inventario del marabú, en la segunda etapa del trabajo).

Figura 5. *Caracterización tecnológica de la base de materia prima del marabú en función de los tenentes.*

SILVOPAT – 2025 | ICA | ISBN: 978-959-7171-88-1 | Cu-ID: https://cu-id.com/book/978-959-7171-88-1

Definición de las posibles tecnologías a emplear para su aprovechamiento.



Partiendo del segundo mapa y la integración en éste de los mapas tres y cuatro, se definen las posibles tecnologías, sistemas de máquinas y formas de organización de la fuerza laboral para el aprovechamiento total de la biomasa de marabú en la producción de electricidad y/o carbón activado y se expresan las toneladas de biomasa disponibles por categorías de marabú fino y medio, mostrándose en el mapa su composición temática. (La cuantía de la biomasa se incorpora una vez concluido el inventario del marabú).

Figura 6. *Propuestas de tecnologías para el aprovechamiento de la biomasa del marabú con fines energéticos.*

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la figura y tabla 1, se describe la cobertura total cubierta por marabú en el municipio objeto de estudio, que comprende 6577.1982 ha, de la cual solo el 5.74 % corresponde al área efectiva cubierta por esta especie (6310.4456 ha).

En la figura y tabla 2, la clasificación del marabú medio arrojó como resultado la existencia de una mayor superficie efectiva (3517.4073 há), en comparación con el marabú fino.

En la figura y tabla 3, se describe el área de marabú que representa en superficie, por concepto de rocosidad, observándose que la categoría de marabú medio ocupa la mayor superficie poco rocosa (3155.8358 ha)

Tabla 1. *Descripción de la superficie efectiva cubierta por Marabú. Municipio "Camagüey"*

Descripción de la superficie efectiva cubierta por Marabú							
No	Superficie de manejo:				UM: Há		
	Área Total Municipio	Cobertura Total	Red Hidrográfica	Red Vial	Otros Usos	Efectiva de Marabú	% aprovechar
1	109892.8067	6577.1982	16.5775	136.1083	114.0668	6310.4456	5.74

Tabla 2. *Descripción de la base de materia prima del marabú en función del diámetro en la base.*

Descripción de la base de materia prima del marabú en función del diametro en la base						
No.	Categoría Marabú	Superficie de manejo:				UM: Há
		Cobertura Total	Red Hidrográfica	Red Vial	Otros Usos	Efectiva de Marabú
1	Fino	2967.9921	12.3568	79.005	83.592	2793.0383
2	Medio	3609.2061	4.22	57.10	30.47	3517.4073
Total		6577.1982	16.5775	136.1083	114.0668	6310.4456

Tabla 3. *Descripción de la base de materia prima del marabú en función de los obstáculos.*

Descripción de la base de materia prima del marabú en función de los obstáculos						
No.	Categoría marabú	Superficie cubierta por Obstáculos UM: Há				
		Área efectiva	Poco rocoso	Moderadamente rocoso	Rocoso	Extremadamente rocoso
1	Fino	2793.0383	2646.5496	42.8878	103.6009	
2	Medio	3517.4073	3155.8358	33.8951	327.6764	
Total		6310.4456	5802.3854	76.7829	431.2773	

En la figura y tabla 4 se observa que la categoría de marabú medio, ocupa la mayor superficie de suelos llanos (2155.41 ha).

Tabla 4. *Descripción de la base de materia prima del marabú en función de los rangos de pendientes.*

Descripción de la base de materia prima del marabú en función de los rangos de pendientes					
No.	Categoría Marabú	Superficie por rangos de pendientes UM: Há			
		Área efectiva	Llano	Ligeramente Ondulado	Ondulado y Alomado
1	Fino	2793.0383	1619.5602	1143.6809	29.7972
2	Medio	3517.4073	2155.41	1315.1527	46.848
Total		6310.4456	3774.9668	2458.8336	76.6452

En la figura y tabla 5, se muestra que la principal tenencia existente de marabú, relacionándolo por la superficie cubierta de marabú para ambas categorías (Fino y medio) y la disponibilidad de esta biomasa, está en mano de las CCS y de las CPA del territorio del municipio Camagüey, la cual ocupa en su conjunto 2607.1611 ha. (137284.31 ton).



Tabla 5. *Descripción de la base de materia prima del marabú en función de la tenencia.*

Descripción de la base de materia prima del marabú en función de la tenencia						
No.	Categoría Marabú	Área efectiva/Biomasa	Superficie por tenentes (Há) / Biomasa por tenentes (TON)			
			CCS y CPA	Emp. Agrop. Cmg	UBPC	Otras entidades
1	Fino	2793.0383	1182.2162	920.5400	582.1664	108.1157
		51754.99	21906.4600	17057.5800	10787.5500	2003.4000
2	Medio	3517.4073	1424.9449	842.1626	813.7353	436.5645
		284804.53	115377.8500	68189.8900	65888.1700	35348.6200
Total		6310.4456	2607.1611	1762.7026	1395.9017	544.6802
		336559.52	137284.31	85247.47	76675.72	37352.02

En la figura y tabla 6, se brinda la tecnología más idónea a emplear para el aprovechamiento de la biomasa del marabú con fines energéticos y/o carbón activado.

Tabla 6. *Descripción de la base de materia prima del marabú en función de las tecnologías de aprovechamiento posibles a emplear.*

Descripción de la base de materia prima del marabú en función de las tecnologías de aprovechamiento						
No.	Categoría Marabú	Área efectiva	Superficie por tecnologías (Há)		Biomasa por tecnologías (TON)	
			Máquina combinada	Semimecanizada	Máquina combinada	Semimecanizada
1	Fino	2793.0383	--	2793.0383	--	51754.99
2	Medio	3517.4073	1977.4198	1539.9875	160111.7	124692.83
Total		6310.4456	1977.4198	4333.0258	160111.7	176447.82

- Atendiendo a que el marabú fino y medio se desarrolla en los tres tipos de relieves existentes y que sus dimensiones diamétricas medias resultaron pequeñas para ambos casos, respectivamente (2.27 y 5.50 cm), se propone su aprovechamiento para la producción de electricidad y/o carbón activado, el empleo de tecnologías semimecanizadas (tala y desrame con motosierras + acopio de las trosas de forma manual y/o con cargadores sobre tractor para la alimentación de las máquinas trituradoras móviles + su transportación con carretas y/o camiones, para su posterior traslado al punto de procesamiento de esta materia prima para su trasformación final.

En el presente estudio se observa la no existencia de áreas cubierta por la categoría de marabú grueso, debido a la alta demanda existente de carbón vegetal fundamentalmente para la cocción de alimentos y la cercanía de la ciudad de Camagüey, donde radica el grueso de la población de la provincia.

CONCLUSIONES

La caracterización tecnológica integral de la base de materia cubierta de marabú, usando geotecnologías libres en QGIS para los procesos cartográficos, teledetección, fotointerpretación y SIG, en función de las variables objeto del presente estudio, garantiza la correcta definición del área efectiva cubierta por esta especie y su correspondiente biomasa existente, lo cual fundamenta la calidad del inventario de esta materia prima para su aprovechamiento integral para diversos fines económicos y ambientales y la correcta selección de tecnologías, sistemas de máquinas y formas de organización de la fuerza laboral, económicamente rentables y respetuosas del medio ambiente, siendo su empleo aplicable también en los inventarios de la biomasa forestal en bosques naturales y plantaciones, con este mismo fin.

BIBLIOGRFIA

Bravo, J. A.; A. M. Vidal; R. A. Hernández; M. Valle; R. Padrón, P. y Lizeida, Paredes 2014. Estimación de la biomasa aérea total verde con corteza de la vegetación de *Dichrostachys cinerea* (L.) Wr. et Arn. *Revista Forestal Baracoa*, 18 p.

García, J. M.; A. M. Vidal; J. A. Herrero y E. Batista. 2012. Manual de procedimiento para el aprovechamiento de impacto reducido de los bosques de Cuba. La Habana. Dirección Forestal Minag. Proyecto "Desarrollo del Sector Forestal en Cuba". 159 páginas. ISBN: 978.959-7210-58-0

Herrero J.A. 2003. Fajas forestales hidroreguladoras. Dirección Nacional Forestal, MINAG, Cuba. ISBN: 959-246-076-0. 52 p.

MapInfo ver. 6.5 References, MapInfo Corporation, USA (en inglés).

MET: 30-14. Metodología para la Creación del Mapa Base de datos para el Catastro Rural e Implementación en el SIG.

MET: 40-60. Indicaciones generales de redacción empleadas para la Mapificación Topográfica Digital

Norma Cubana: 13-18:88 Mapa Catastral Especificaciones de Calidad.

SODePAZ. 2012. Aprovechamiento de la biomasa de marabú y otras especies energéticas como combustible en la generación de electricidad y recuperación ambiental en Camagüey. EUROPEAID/129-886/L/ACT/CU/01. 36 p.

Vidal A.; García, T. y colaboradores. 2019. Metodología para la caracterización tecnológica e inventario de las áreas cubiertas de marabú con fines energéticos.100 p. Segunda versión.





BMA-29. Comportamiento de especies forestales en vivero para la reforestación de la Finca El Trébol en la provincia Camagüey

J. Hernández Rodríguez[*]*; P. Romeu Acosta*

Instituto de Investigaciones Agro-Forestales (INAF)

[*]Correspondencia a: jessicahernandezrodriguez8@gmail.com

RESUMEN

Con el objetivo de implementar diferentes diseños silvopastoriles en seis fincas de la provincia Camagüey a través de la ejecución del Proyecto Espejo: Establecimiento de sistemas agrosilvopastoriles y reforestación en áreas liberadas de marabú de cuatro municipios de la provincia Camagüey como parte del Componente Forestal en el marco del proyecto LAIF AGROVERDE financiado por la Unión Europea y la colaboración francesa, se trabaja en fincas ganaderas. Para lo cual se propuso la creación y establecimiento de un vivero Forestal tradicional en la Estación Experimental Agroforestal (EEAF) de Camagüey perteneciente al Instituto de Investigaciones Agro-Forestales (INAF) para la producción de posturas de frutales y forestales, dónde se aplicó la tecnología de tubetes de polipropileno. Para este estudio se evaluó el comportamiento en vivero de siete especies forestales entre las que se encuentran: Baría, Bijáguara, Guana, Caoba africana, Algarrobo del país, Caoba de Honduras y Gemelina. Se realizaron los tratamientos pregerminativos correspondientes, luego se definió el sustrato orgánico a aplicar por especies y se realizó el conteo de germinación. Finalmente, fueron destinadas a la finca El Trébol un total de 232 posturas de estas especies producidas en vivero.

Palabras clave: *Vivero forestal, Tecnología de tubetes, Especies forestales, Reforestación.*

ABSTRACT

With the objective of implementing different silvopastoral designs on six farms in the Camagüey province through the execution of the Espejo Project: Establishment of agrosilvopastoral systems and reforestation in areas freed from marabou in four municipalities of the Camagüey province as part of the Forestry Component within the framework of the LAIF AGROVERDE project financed by the European Union and in collaboration with France, work is being carried out on livestock farms. For this purpose, the creation and establishment of a traditional forest nursery was proposed at the Camagüey Agroforestry Experimental Station (EEAF), belonging to the Agroforestry Research Institute (INAF), for the production of fruit and forest seedlings, where polypropylene tube technology was applied. For this study, the nursery performance of seven forest species was evaluated, including: Baria, Bijáguara, Guana, African Mahogany, Algarrobo del País, Honduran Mahogany, and Gemelina. The corresponding pre-germination treatments were carried out, then the organic substrate to be applied was determined for each species, and germination counts were performed. Finally, a total of 232 seedlings of these nursery-produced species were delivered to the El Trébol farm.

Keywords: *Forest nursery, Tube technology, Forest species, Reforestation.*

INTRODUCCIÓN

Los escenarios ganaderos cubanos se encuentran actualmente desprovisto de árboles forestales para sombra y alimento del ganado, según lo expuesto por Calzadilla *et al.* (2024), quienes señalan que debido al tipo de ganadería convencional y a su falso concepto sobre la competencia por la energía solar entre pastos y árboles trajo consigo que prácticas como el silvopastoreo fueran suprimidas y se eliminarán muchas arboledas.

El uso racional del medio ambiente, en sistemas naturales o transformados, es un planteamiento global y la propuesta más difundida para lograrlo a escala local es el desarrollo de sistemas diversificados, amigables con el ambiente, porque adoptan medidas apropiadas para su protección.

En este sentido Colcombet *et al.* (2015) indican que los sistemas silvopastoriles (SSP) combinan árboles con producción animal en una misma área, con el objetivo de diversificar y mejorar la productividad en forma amigable con el ambiente. Se obtienen así productos ganaderos-carne, leche, lana, cuero, etc. y forestales maderables y no maderables.

Otros beneficios por el uso de estos sistemas, señalan Sotomayor *et al.* (2009), son la protección que brinda el bosque al ganado en condiciones climáticas adversas y al suelo disminuyendo su deterioro (erosión, compactación, fuerte insolación, microflora y microfauna), la protección de cursos y fuentes de agua, y la reducción del riesgo de incendios. También se destacan los servicios ecosistémicos de carácter global como la conservación de la biodiversidad y la captura de carbono (Montagnini y Nair 2004).

De ahí la importancia de la Reforestación la cual ofrece múltiples beneficios económico, sociales y ambientales. Además de mitigar el cambio climático, proteger la biodiversidad, mejorar la calidad del aire, el agua, los suelos y fomentar el bienestar humano y el ganadero.

MATERIALES Y MÉTODOS

Características generales de las especies evaluadas:

Bijáguara (*Colubrina arborescens)* de la familia Ramnáceae, alcanza de 4,5m. Especie Dura de lento crecimiento.

Guana (*Hidelgardia cubensis*) de la familia Esterculiaceae, alcanza una altura de 20m.Especie blanda.

Caoba africana (*Khaya sp.*) de la familia Meliaceae, alcanza una altura de 45 a 60 m. Especie de Rápido crecimiento.

Algarrobo del país (*Samanea saman*) de la familia Fabaceae, alcanza una altura de 20 m. Especie de lento crecimiento.

Baría (*Gerascanthus gerascanthoides*) de la familia de las Borraginaceae, alcanza una altura de 35 hasta 50m.Especie blanda.

Caoba de honduras (*Swietenia macrophylla*) de la familia Meliaceae, alcanza una altura de 35 hasta 50m. Especie blanda.

Gemelina (*Gemelina arborea*) de la familia de las Verbenaceae, alcanza una altura de 30m y hasta de 60m rara vez. Especie de rápido crecimiento.

Para establecer el vivero se realizó la recolección de semillas forestales de forma manual en los árboles, además se tuvo en cuenta la procedencia y fecha de recogida de las mismas, incluyeron las siguientes siete especies: Bijáguara (*Colubrina arborescens),* Guana (*Hidelgardia cubensis*), Caoba africana (*Khaya sp.*), Algarrobo del país (*Samanea saman*), Baría (*Gerascanthus gerascanthoides*), Caoba de honduras (*Swietenia macrophylla*), Gemelina (*Gmelina arborea*).

Se realizaron los tratamientos pregerminativos y sustratos aplicados según la especie, además se tuvo en cuenta el tipo de germinación por cada una.

Para el tiempo de evaluación se monitoreo diariamente el crecimiento y salud de las plántulas y las atenciones culturales anotaciones que se realizaron periódicamente en la libreta de registro y control del vivero.

Las variables a evaluar en esta investigación son los tratamientos pregerminativos, sustratos orgánicos aplicados y conteo de la germinación para este análisis se consultó a Pérez *et al*. 2015.

Tabla 1. ***Procedencia y fecha de recogida de las semillas forestales.***

Especies	Procedencia	Fecha de Recolección
Baría (*Gerascanthus gerascanthoides*)	Parque Recinto Ferial Camagüey	Marzo-24
Bijáguara (*Colubrina arborescens*)	UCTB Investigación e Innovación La Habana	Febrero-24
Guana (*Hidelgardia cubensis*)	Plaza de La Revolución "Ignacio Agramonte"	Mayo-24
Caoba africana (*Khaya* sp.)	Provincia Ciego de Ávila	Enero-24
Algarrobo del país (*Samanea saman*)	UCTB Investigación e Innovación Camagüey	Marzo-24
Caoba de honduras (*Swietenia macrophylla*)	Provincia Ciego de Ávila	Enero-24
Gemelina (*Gmelina arborea*)	UCTB Investigación e Innovación Camagüey	Enero-24

Tabla 2. *Tratamientos pregerminativos aplicados a cada una de las especies:*

Especies	Baria	Bijáguara	Guana	Caoba africana	Algarrobo del País	Caoba de Honduras	Gemelina
Tratamiento	No requiere	30 segundos en agua hervida	6 horas en agua	No requiere	6 horas en agua	No requiere	72 horas en agua y 72 horas interperie
Tipo de germinación	Epigea	Epigea	Epigea	Epigea	Epigea	Hipogea	Epigea
Sustrato aplicado	50% tierra 40% M.O. 10 carb. Cascara de arroz.	60% de suelo, 20% M.O, 1% de cascara de arroz carbonizada 10% compost	50% compost 50% tierra	50% tierra 30% arena 20%M.O	60% arena 40%M.O	70% tierra 30% M.O	60% tierra 40% M.O

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos de los tratamientos pregerminativos demostraron que las especies con mejor comportamiento en su tasa de germinación fueron: la Baria (*Cordia gerascanthus*), el Algarrobo del País (*Samanea Saman*) y la Guana (*Hidelgardia cubensis*) como se muestra en la Figura 1.

En cuanto a la Bijáguara (*Colubrina arborescens*) y la Gemelina (*Gmelina arborea*) tuvieron ambas un comportamiento similar en lo que respecta a % en su tasa de germinación a diferencia de 1%, mostrando la Gemelina al igual que la Caoba de Honduras (*Swietenia macrophylla*) un atraso significativo en la germinación en comparación con el tiempo promedio(días).

Las especies que pertenecen a la familia de las *Meliaceaes* en la germinación resultaron ser las más deficientes con una pobre germinación la Caoba de Honduras (*Switenia macrophylla*) y la Caoba Africana (*Khaya senegalensis*). Estos resultados se contrarrestan con los publicados por Pérez *et al*. 2015.

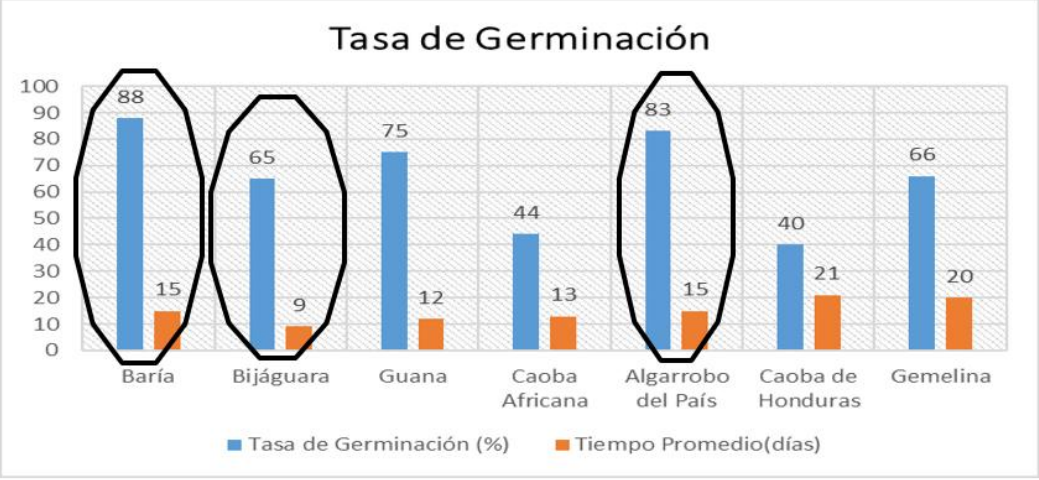


Figura 1. *Tasa de germinación de las especies evaluadas*

Los factores que pueden haber influido en los problemas de germinación en algunas semillas de Caoba de Honduras y Caoba Africana es que pudo sufrir de dormancia orgánica, debido a la cual la semilla no germina, aunque esta puesta en condiciones ambientales adecuadas para su germinación óptima.

Además, los resultados demostraron que el sustrato aplicado a las especies de la familia *Meliaceae* compuestos por tierra agrícola, compost y materia orgánica no fueron los causantes del bajo porciento de germinación en algunas semillas de las especies.

Las Caoba de Honduras (*Swietenia macrophylla*) y la Gemelina (*Gmelina arborea*) no presentaron una correspondencia entre su tasa de germinación y el promedio de días ya que los comienzos de la germinación en estas especies se encuentran entre los 10 a 15 días para este dato se consultó a Pérez *et al*. 2015.

Sin embargo, los resultados en la producción total en el vivero demostraron la obtención de un total de 232 posturas de estas especies entregándose a la Finca "El Trébol" para su enriquecimiento con especies de valor económico por su madera y para la aplicación de los diseños Silvopastoriles siendo el objeto fundamental de la Finca la producción de leche y carne por la diversidad de animales con los que cuenta:

Tabla 3. *Total, de posturas producidas de las especies evaluadas y total entregado a la Finca El Trébol*

ESPECIES	Total Producc(tubete)	Finca "El Trebol "
Gerascanthus gerascanthoides	650	44
Colubrina arborescens	220	44
Hidelgardia cubensis	70	4
Khaya sp.	44	4
Samanea saman	1046	16
Switenia macrophilla	205	64
Gmelina arborea	708	56
TOTAL	2943	232

En la Tabla 4. Se muestran los diferentes usos potenciales o funciones que se les pueden atribuir a las especies estudiadas. (SAF en Cuba, 2022).

Tabla 4. *Usos o Funciones de las especies evaluadas*

Especies	Usos Potenciales o Funciones
Baria (*Gerascanthus gerascanthoides*)	Maderable
Bijáguara (*Colubrina arborescens)*	Maderable
Guana (*Hidelgardia cubensis*)	Productos Forestales no madereros
Caoba africana (*Khaya sp.*)	Maderable
Algarrobo del País (*Samanea saman*)	Árbol de sombra para el ganado, aporta frutos comestibles para humanos y animales
Caoba de Honduras (*Switenia macrophilla*)	Maderable
Gemelina (*Gmelina arborea*)	Maderable



CONCLUSIONES

- Se observó que las semillas de Caoba de Honduras (*Switenia macrophilla*) y Caoba Africana (*Khaya sp.*) presentaron problemas significativos en su proceso de germinación.
- Sin embargo, el Algarrobo del País (*Samanea saman*) y la Baria (*Gerascanthus gerascanthoides*) mostraron los mayores rangos entre los 80 y 90 % de germinación, lo que indica su adaptabilidad y potencial como especies claves para programas de reforestación en la finca.
- Los sustratos utilizados en el vivero jugaron un papel crucial en el desarrollo de las plántulas.
- A pesar de las condiciones rusticas del vivero las posturas se produjeron con calidad en el ciclo comprendido para cada especie.
- Este estudio proporciona información valiosa sobre el comportamiento de diversas especies forestales en condiciones de vivero, destacando la importancia del Algarrobo del País y la Baria para proyectos de reforestación. Los hallazgos ofrecen un punto de partida para futuras investigaciones y prácticas que fomenten la reforestación sostenible en la finca "El Trébol" con la aplicación de diseños silvopastoriles.

BIBLIOGRAFÍA

Calzadilla, E. A y col. 2022. Sistemas Agroforestales en Cuba: 2da Edición. Proyecto IRES. Inst. Inv. Agro-Forestales. La Habana, Cuba.

Calzadilla, E. A. y col. 2024. Guía Técnica: Establecimiento de Plantaciones Forestales-Frutales. Inst. Inv. Agro-Forestales. La Habana, Cuba.

Colcombet, L. y col. 2015. Los Sistemas Silvopastoriles en las provincias de Misiones y Corrientes, Argentina. Cap 5. Sistemas Agroforestales. Funciones Productivas, Socioeconómicas y Ambientales. Serie técnica. Informe técnico 402. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Editorial CIPAV, Cali, Colombia. 454p.

Montagnini, F; Nair, PK. 2004. Carbon Sequestration: An under-exploited environmental benefit of agroforestry systems. Agroforestry Systems 61:281-295.

Pérez, M. A y col. 2015. Guía para el manejo de semillas forestales. Manual Técnico. Inst. Inv. Agro-Forestales. La Habana, Cuba.

Sotomayor, G; Moya, I; Teuber, O. 2009. Manual de establecimiento y manejo de sistemas Silvopastoriles en zonas patagónicas de Chile. Instituto Forestal de Chile (INFOR).

BMA-30. Respuesta productiva de posturas de *Gliricidia sepium* obtenidas por semillas en condiciones de vivero

Productive answer of postures of *Gliricidia sepium* obtained for seeds in conditions of tree nursery

C. Puga Bolívar[1]*; I. Pérez Cabrera*[1,2*]*; O. Loyola Hernández*[2,1**]*; Y. Rodríguez Mendoza*[1]*; Ch. Vicente Castañeda*[1]*; P. Romeu Acosta*[1].

[1]UCTB Estación Experimental Agroforestal Camagüey, Avenida Ignacio Agramonte No 178, Camagüey, Cuba.

[2]Centro de Estudios de Producción Animal (CEDEPA), Universidad de Camagüey "Ignacio Agramonte Loynaz", Ministerio de Educación Superior, Circunvalación Norte km 5½, Camagüey, Cuba.

[3]Departamento de Agronomía, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Camagüey "Ignacio Agramonte Loynaz", Ministerio de Educación Superior, Circunvalación Norte km 5½, Camagüey, Cuba.

[*]Correspondencia a: isaelpc72@gmail.com

[**]Correspondencia a: oscar.loyola@reduc.edu.cu

RESUMEN

En el marco del proyecto Laif agroverde financiado por la Unión Europea se desarrolló esta investigación en el vivero forestal de la Estación Experimental Agroforestal Camagüey, entre mayo-julio/2025, con el propósito de evaluar la respuesta productiva de posturas de *Gliricidia sepium* obtenidas por semillas en condiciones de vivero. Las semillas proceden de cercas vivas del municipio Buey Arriba, provincia Granma, Cuba. El diseño utilizado fue totalmete aleatorizado con dos tratamientos y cuatro réplicas, los tratamientos consistieron en siembra directa de la semilla en tubetes y luego expuestos al sol (1) y el segundo en la pregerminación de las semillas y luego de siete dias trasplantadas a tubetes y expuestas bajo sombra. Se midieron los órganos independientes así como diferentes índices de calidad. Los resultados arrojaron que la germinación es alta y uniforme mayor del 90 %. La altura de las plantas en ambos tratamientos fue de alta calidad, no existe diferencias entre el grosor del tallo y el índice de robustez, a diferencia del largo radicular y la cantidad de nódulos. Los indicadores muestran que ambos tratamientos respondieron positivamente en cuanto a la germinación y crecimiento y desarrollo de las plantas en el vivero. El balance hídrico mostró un mejor valor en el caso de las plantas al sol (0.583229 vs 0.868854 a la sombra). Se concluye que ambos tratamientos poseen un comportamiento similar, sin embrago sobresalen en el tratamiento al sol el nivel de nodulación y el balance hídrico, ambos claves para un adecuado proceso de adaptación a las condiciones de campo.

Palabras clave: *crecimiento, germinación, posturas, semillas, tubetes.*

ABSTRACT

In the frame of the financed agroverde Laif project for the European union develops this investigation in the forest tree nursery of the experimental agri-forestry station Camagüey, between May-July/2025, with the purpose to evaluate the productive answer of postures of Gliricidia obtained sepium for seeds in conditions of tree nursery. The seeds proceed from acclamations objects in the foreground of the cuck-old municipality recover, Granma province, tub the used design went randomized totalmete with two treatments and four answers, the treatments consisted in direct sowing of the seed in tubeteses and later exposed to the sol (1) and the second in the pregerminación of the seeds and later of seven gods transplanted to tubeteses and exposed below shadow. They are measured the independent organs as well as different indexes of quality. The results threw that the germination is high and uniform major of 90%. The height of the plants in both treatments went of high quality, exist differ between the thickness of the holy thistle and the index of robustness, unlike the radicular length and the quantity of nodules. The indicators show that both treatments responded positively as for the germination and growth and develop of the plants in the tree nursery. The hydric rocking showed a better value in the case of the plants to the sol (0.583229 v 0.868854 a la sombra). It concludes that both treatments possess a similar conduct, without engaging it stands out in the treatment to the sol the level of nodulación and the hydric rocking, both keys for an appropriate process of adaptation to the conditions of field.

keywords: *growth, germination, postures,seeds, tubeteses.*

INTRODUCCIÓN

A partir de las necesidades alimentarias y las crisis económicas, es obligatorio implementar estrategias nuevas para la alimentación animal y así aumentar su producción en condiciones del trópico. García *et al.* (2008), plantean que el follaje de los árboles es una alternativa efectiva para la alimentación animal partiendo de sus niveles altos de proteína

y valor nutritivo. En cercas vivas pueden actuar como regulador natural, controlador de plagas, proporcionar refugio y alimento a la avifauna y a la vez conservar la biodiversidad. El empleo de las cercas vivas constituye una fuente de nutrientes, retención de la humedad en el suelo y reducción del uso de fertilizantes y del riego (Chamorro y Arcos, 2002). El desarrollo forestal de Cuba comprende entre sus estrategias, partiendo de las condiciones edafo–climáticas del país, el uso de la plantación, es por esto que los viveros forestales son una necesidad.

De acuerdo con Aldana (2009), *Gliricidia sepium*, al ser reproducida por semilla, su raíz es pivotante y penetra en el suelo de forma vertical como si se prolongara el tallo, esta especie contiene de 7 000 a 9 000 semillas/kg; su germinación varía de 80 a 90 % (Pérez-Domínguez, 1989) y más del 90 % cuando las semillas son recién cosechadas (Cobbina *et al.*, 1990). *G. sepium* es autoincompatible; por lo que para su fecundación necesita del polen de otros individuos, casi nunca del mismo árbol (Simons, 1996), florece en todo el país, pero no siempre produce legumbres, hay casos donde no producen semillas (Pérez, Roche y Hernández, 1996). Aun así, se considera que las semillas formadas son de alta calidad y fertilidad; Pérez (1995) al comparar dos sistemas de propagación (estaca vs semilla) se perdió solo el 10 % de las plantas por semilla y el 40 % por estaca (Arango, 1994; Gómez *et al.*, 2002).

Esta especie cuando va a ser utilizada como forraje, realizándole cortes periódicos, la persistencia es mayor en el material propagado por semilla (hasta 95%), que al propagarlas por estacas las pérdidas pueden ser del 50% (Van Den Enden et al., 1989) citado por Murgueitio et al. (1990). Estudios desarrollados por CATIE (1991), en una plantación de G. sepium observaron que la supervivencia en las plantas establecidas por seudoestacas fue menor; y el material en bolsas presentó resultados positivos. Por lo cual, se sugiere el establecimiento por este método (Arango, 1994; Gómez et al., 2002). Francisco et al. (1997) muestran que la semilla botánica, proporciona un mejor anclaje al utilizar para producción de forraje, en época de sequias, evitando que los animales derriben las planta al consumirlas directamente.

Esta investigación se desarrolló en el marco del proyecto Life Agroverde, financiado por la Unión Europea y tiene como objetivo: Evaluar la respuesta productiva de posturas de *Gliricidia sepium* obtenidas por semillas en condiciones de vivero.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se desarrolló en el periodo comprendido entre febrero y marzo del año 2025 en el vivero de la estación Experimental Agroforestal Camagüey, perteneciente al INAF, ubicada en los $21^{0}16'07"$ de latitud norte y $77^{0}33'02"$ de longitud oeste.

La composición volumétrica del sustrato utilizado es la siguiente: S+ Hns y S+BHns. Se utilizó un diseño experimental de bloques completamente aleatorizados con dos tratamientos y tres repeticiones, en tubetes de 125mm de altura. Con capacidad de $53cm^3$ peso 10g, diámetro externo superior 34mm, diámetro interno superior 28mm, furo diámetro interno superior 13mm, estrías interiores: verticales, rectas y enteras 6, color negro, se marcaron y evaluaron 96 plantas por tratamiento para un total de 192 plantas.

El estudio consistió en la producción de posturas de Grilicidia *sepium* a partir de semillas en condiciones de vivero bajo dos tratamientos:

- Un primer tratamiento con semillas germinadas directamente en el tubete y luego mantenidas en condiciones de exposición directa al sol.
- Un segundo tratamiento con semillas germinadas en canteros y luego trasplantadas a tubete y mantenidas luego en condiciones semiprotegidas.

Las semillas de *Gliricidia sepium* que se utilizaron para el montaje del experimento proceden de arbustos de 12 años de edad, establecidos en hileras como cercas vivas por vía agámica en un sistema agro-silvícola enclavado en la localidad de Buey Arriba, en el municipio del mismo nombre en la provincia de Granma, Cuba.

Los frutos para el beneficio de las semillas, fueron cosechados en el mes de julio del 2024, cuando estos habían alcanzado una coloración color cartucho y se iniciaba la dehiscencia de los frutos; posteriormente se secaron de forma natural a la sombra con buena circulación de aire, posteriormente se almacenaron por un período de 9 meses bajo temperatura controlada entre 4-10 ^{o}C. A partir de los 7 días, semanalmente y hasta los 56 días después de la siembra, se realizaron las mediciones morfofisiológicas: % germinación, altura total; altura del fuste, diámetro en la base del tallo, Índice de robustez, balance hídrico, índice de lignificación, masa seca de la raíz e Índice de calidad de Diskson.

Germinación

El conteo se realizó directamente por tratamiento en cada uno de los bloques y se llevó a cabo cinco días después de la siembra, la toma de datos se realizó tres veces en un transcurso de cinco días cada medición.

Diseño experimental:

El diseño fue totalmete aleatorizado con dos tratamientos y cuatro réplicas.

Indicadores:

Los indicadores se evaluan a los 56 días después de la siembra.

1- Longitud de la planta, desde el cuello de las raíz hasta la yema apical (cm).

2- Longitud y volumen de la raíz.

3- Diámetro en el cuello de la raíz.

4- Biomasa fresca y seca de los organos independientes (g).

Se seleccionaron al azar cinco plantas por bandejas para un total de 15 plantas por tratamientos.

1- Se recogio la longitud en cada planta de las parcelas, desde el cuello de la raíz hasta el ápice, la medición fue con una regla graduada.

2- La longitud de la raíz, se obtuvo con una regla, desde la base del tallo hasta la cofia.

3- Para hallar el diámetro en el cuello de la raíz (DCR): se utilizo un pie de rey (mm) en el punto de unión entre el tallo y la raíz, aquí fue necesario extraer la planta del sustrato.

4- Para determinar la masa fresca de la planta con raíz se uso una balanza digital, con presición de ±0,01g. Se separó la raíz por la zona del cuello donde se recogió la masa de la planta sin raíz, se determinó la masa fresca de la raíz en cada planta por diferencia. Las pantas se colocaron en bolsas independientes señalizadas.

7- Para la materia seca (%) se usó el valor de MS obtenido por Loyola *et al.* (2021) de 36,4%

Se determinó ademas:

8-Relación entre la biomasa seca de la parte aérea y biomasa seca de la parte radicular (R).

$$R = \frac{PA}{PR}$$

9-Indice robustez o esbeltez (H/D); es el resutado del cálculo de la relación entre la altura (cm) y el DCR (mm) (Diámetro en el cuello de la raíz). Para su utilización escogimos la siguiente ecuación matemática:

$$\frac{H}{D} = \frac{Altura\ Total\ (cm)}{DCR\ (mm)}$$

10- Indice de la calidad de Dickson (QI); es un índice que involucra a varios atributos y se calcula mediante la siguiente expreción matemática.

ICD=biomasa seca total (g)/(indice robustez+(biomasa seca aerea/biomasa radicular)).

11- Balance hídrico de las plantas; es un índice que involucra el diámetro y las masas secas. Fue calculado mediante la siguiente expresión matemática:

$$BHP = \frac{BSA(g)}{DCR(mm) * BSR(g)}$$

12- Indice de lignificación: se determinó por la ecuación matemática:

$$IL = \left(\frac{Biomasa\ seca\ total\ de\ la\ planta\ (g)}{Biomasa\ fresca\ total\ de\ la\ planta\ (g)}\right) 100$$

13. Tasa crecimiento relativo (g)= (Biomasa seca total (g))/dias total en vivero.

Clasificación de la calidad de las plantas obtenidas en los tratamientos.

Se realizó una calasificación de la calidad de plantas con los datos obtenidos en cada tratamiento, con los atributos e índices morfológicos evaluados se determinó el de mejor efecto. Los valores obtenidos fueron comparado con los establecidos por Sáenz et al. (2010) para especies tropicales (Tabla 1).

Tabla 1. *Intervalos de calidad de plantas para atributos morfofisioógicos.*

Variable	Calidad		
	Baja □B"	Media " M"	Alta " A"
Altura (cm)	< 12.0	12.0-14.9	>15.0
Diámetro (mm)	<2.5	2.5-4.9	>5.0
Indice de robustez (esbeltez)	>8.0	7.9-6.0	<6.0
Relación BSA/BSR	>2.5	2.4-2.0	<2.0
Indice de Dickson	<0.2	0.2-0.4	> 0.5

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La germinación de *G. sepium* es alta y uniforme, generalmente mayor del 90 %. La emergencia de las plántulas ocurrió al tercer día posterior a la siembra. Se obtuvo un porcentaje de germinación del 95 % para ambos tratamientos. Esto puede relacionarse a las características de la semilla, la luminosidad adecuada, humedad necesaria para su germinación y adecuadas condiciones físicas del sustrato utilizado. Resultados similares obtuvo Báez (2019), quien plantea que la germinación de *G. sepium* es alta y uniforme, generalmente mayor del 90 %, en sus investigaciones la emergencia de las plántulas ocurrió al séptimo día posterior a la siembra.

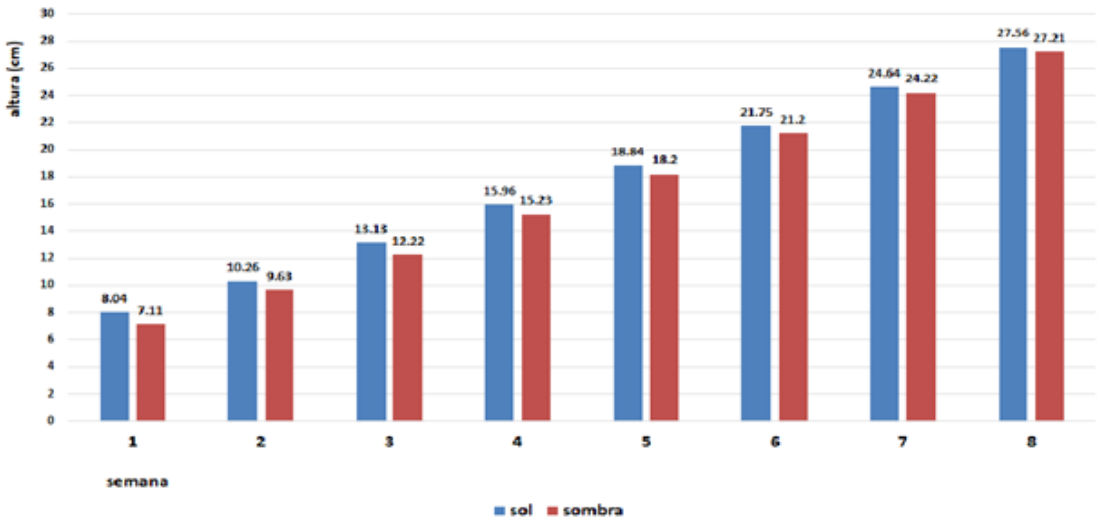


Fig. 1 *Comportamiento de la variable altura a partir de la semana uno y hasta la ocho después de la siembra.*

La altura de las plantas en las dos evaluaciones fue valorada de alta calidad (A) y comportamiento muy similar en ambos casos (figura 1), alcanzando a las 8 semanas de plantadas 27 cm, lo que evidencia que hasta este momento la sombra y la forma de obtención de las posturas (germinación en semillero o directamente en el tubete) no tienen una influencia directa sobre la altura de la postura.

El desarrollo de las posturas presenta tendencias de incremento en la longitud durante el lapso de ocho semanas que duró el periodo de evaluación. Las plántulas a la sombra en la primera semana muestran un valor inicial de 7.11 cm y las plantas al sol 8.04 cm, comportamiento que se mantuvo entre los dos tratamientos con diferencias de menos de 1 cm cada semana a lo largo de las ocho semanas de evaluación, el incremento en ambos casos entre semanas se mantuvo entre 2 y 3 cm.

Esta variable mantuvo una evaluación general alta, parámetro que influye de manera positiva en la capacidad fotosintética. No obstante, diversas investigaciones indican que este componente no se correlaciona por sí solo con la supervivencia, pues las plantas jóvenes de mayor altura con frecuencia exhiben un desequilibrio respecto al diámetro, el cual ocasiona que estén más vulnerables a sufrir daños por el viento (Rueda-Sánchez et al., 2013; Rueda-Sánchez et al., 2018).

Muñoz *et al.* (2015) citado por Martínez (2023), plantean que la altura con que las plantas son llevadas a campo determina el crecimiento ulterior de las mismas y su relevancia se hace más evidente cuando el sitio de plantación presenta condiciones adversas en términos de vegetación herbácea y arbustiva, ya que las plántulas tienen mayores posibilidades de competir con estas. Por su parte, el diámetro se relaciona más con el vigor y con la supervivencia de la plantación, pues es un indicador de la sección transversal del tronco y su importancia radica en que mientras mayor sea esta, más posibilidades tienen las plantas para sobrevivir ante ataques de la fauna nociva y/o fuertes vientos.

La tabla 2 muestra el comportamiento del grosor, índice de robustez, largo de las raíces y cantidad de nódulos. De acuerdo con estos resultados, no existe diferencias significativas entre el Grosor del tallo y el índice de robustez, a diferencia del largo radicular y la cantidad de nódulos que si existe una evidente diferencia.

Tabla 2. *Atributos generales de las plantas en estudio.*

	Grosor del tallo (mm)	índice robustez	Largo de la Raíz (mm)	Cantidad Nódulos
Sol	0.437917	6.3374	46.5257	48.3542
Cv	24.6656	9.76494	18.9623	6.25106
Sombra	0.436667	6.25021	137.12	30.65
Cv	9.66279	6.43547	2.54176	14.296

En el caso de las plantas al sol el largo de la raíz es menor, sin embargo, la cantidad de nódulos es 37 % superior respecto a la sombra. La tabla 3 muestra la biomasa de las plantas para cada tratamiento, como se puede apreciar las plántulas al sol muestran mayor biomasa que las plántulas a la sombra, sobre todo el peso total de las raíces y esto se relaciona con la nodulación (tabla 2), y en consecuencia debe tener un efecto positivo marcado en el momento de la plantación y adaptación de las plántulas al campo.

Tabla 3. *Comportamiento del peso de las diferentes partes de la planta.*

	Peso Planta (g)	Peso Hojas (g)	Peso Tallo (g)	Peso Raíz (g)	Peso Raíz (g) (Secundarias y Terciarias)	Peso Raíz (g) Principal
Sol	9.56884	4.48792	2.43135	2.65135	1.27552	1.24344
Cv	2.1325	4.06049	3.42849	5.39384	12.5614	5.56304
Sombra	8.22229	4.12646	2.3604	2.35854	1.73729	0.870417
Cv	2.20473	1.86458	4.06978	4.09967	7.14921	2.87722

La biomasa seca de la planta en cada una de sus partes fue ligeramente superior en el caso de las posturas expuestas al sol, lo que tiene una relación directa con la actividad fotosintética, en presencia de mayor cantidad de luz este proceso es más eficiente y por tanto mayor la producción de MS (tabla 4).

Tabla 4. *Comportamiento de la biomasa seca de las diferentes partes de la planta.*

	Biomasa seca hojas (g) a	Biomasa seca tallo (g) b	Biomasa seca aérea (g) a+b	Biomasa seca raíz (g)	relación biom aérea seca/biom raíz seca o desarrollo plta en vivero
Sol	1.62635	0.879479	2.50292	0.9607	2.62292
CV	4.06503	3.36237	3.73355	5.53309	9.46782
Sombra	1.49167	0.852917	2.34854	0.6300	3.75271
Cv	1.99029	4.35351	1.54697	7.16556	6.82085

En sentido general no se aprecian resultados significativos en la comparación del tratamiento 1 con el tratamiento 2 de *Gliricidia sepium*, en cuanto a la altura, color, texturas, diámetro, número de hojas y supervivencia. Los indicadores muestran que ambos respondieron positivamente en cuanto a la germinación, con un índice de más del 95% y un aumento significativo del crecimiento y desarrollo de las plantas en el vivero.

Tabla 5. *Principales índices de calidad.*

	Índice de Dickson	Balance Hídrico	Índice de lignificación	Tasa crecimiento relativa
Sol	0.388542	0.583229	36.2	0.0618646
Cv	6.90582	17.9544	0.0	2.31729
Sombra	0.298021	0.868854	36.2	0.053
Cv	5.28016	13.8786	0.0	2.30678

Relativo a la calidad de las plantas obtenidas (tablas 5 y 6) en ambos tratamientos siguen la misma respuesta para cada variable, el diámetro (2.5-4.9), índice de robustez o esbeltez (7.9-6.0) e índice de Dickson (0.2-0.4) se comportan con parámetros de calidad media, no así la relación BSA/BSR que se comporta como baja.

En cuanto al balance hídrico se encontró un mejor valor en el caso de las plantas al sol (0.583229 vs 0.868854 a la sombra), mientras menor es el valor de este indicador, las plantas estarán en mejores condiciones de resistir el estrés por sequía edáfica al momento del trasplante (Martínez, 2023).

Tabla 6. *Relación de los índices de calidad de las plantas según atributos morfofisioógicos.*

Variable	sol	sombra
Altura (cm)	alta	alta
Diámetro (mm)	medio	medio
Indice de robustez (esbeltez)	medio	medio
Relación BSA/BSR	baja	baja
Indice de Dickson	medio	medio

El análisis de estos atributos morfológicos es útil para tener nociones sobre el vigor de las plantas, pero estas variables por separadas no ofrecen elementos suficientes como para poder clasificar la calidad de las mismas de manera integral. Muchas veces, para determinar el momento de llevar las plantas a condiciones de campo, solamente se tiene en cuenta el valor de la altura, pero esta por sí sola no es suficientemente informativa sobre el comportamiento ulterior de las plantas, de ahí que se conceda mayor relevancia al comportamiento de los índices morfológicos, los cuales constituyen combinaciones de dos o más atributos (Delgado et al., 2023).

CONCLUSIONES

Ambos tratamientos poseen un comportamiento similar, sin embrago sobresalen dos elementos claves del tratamiento al sol sobre el tratamiento bajo sombra, el nivel de nodulación y el balance hídrico, ambos claves para un adecuado proceso de adaptación a las condiciones de campo.

BIBLIOGRAFÍA

Aldana, M.G. 2009. Matarratón o madre de cacao (Gliricidia sepium) Una alternativa de sombrío en un sistema agroforestal para el cultivo de cacao. Programa MIDAS de USAID. [Links]

ARANGO, G. 1994. El matarratón - Leguminosa forrajera arbórea estratégica en los programas de alimentación de ganaderías tropicales Colombianas. Plegable Divulgativo - Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria., 03-94. [Links]

Báez Amador, K. M. 2019. Evaluación del efecto de lodo activo como sustrato de vivero, en la germinación y crecimiento del madero negro [(Gliricidia sepium) (Jacq.) Stend. Universidad Nacional Agraria. Trabajo De Graduación. Managua, Nicaragua

Chamorro, D.R., y Arcos, J.C. 2002. "Producción y utilización estratégica del forraje de cercas vivas de Matarratón Gliricidia sepium como suplemento para bovinos de levante" Manual Técnico, CORPOICA. Los Sistemas Silvopastoriles en la ganadería bovina del trópico bajo colombiano.p.61 – 68. [Links]

Delgado, F. L.A.: Trocones, B.A.G.; Hernández, B.V.D. 2023. Efecto del VIUSID agro sobre la calidad de plantas de Swietenia Mahagoni (L.) Jacq. en vivero. AgroVet (2023) ,12 p.

Gómez, M.E., Rodriguez, L., Murgueitio, E., Rios, CL.I., Méndez, M., Molina, C.H., Molina, C.H., Molina, E., Molina, J.P. 2002. Árboles y Arbustos Forrajeros Utilizados en Alimentación Animal Como Fuente Proteica. 3. ed. Cali, Colombia., 1-147. [Links]

Loyola, O., Triana, D., Batista, C.M. 2021. Follaje, hojarasca y fauna edáfica asociada a tres especies forestales en cercas vivas en ecosistemas ganaderos. Revista Producción Animal 33(1). https://revistas.reduc.edu.cu/index.php/rpa/article/view/html

Rueda-Sánchez A., Benavides-Solorio, J. de D., Saenz-Reyez, J. T., Muñoz Flores, H. J., Prieto-Ruiz, J. Á., y Orozco Gutiérrez, G. 2018. Calidad De Planta Producida En Los Viveros Forestales De Nayarit. Revista Mexicana de Ciencias Forestales 5(22): 58–73. Doi.org/10.29298/rmcf.v5i22.350.

Rueda-Sánchez, A., J. J. de D. Benavides-Solorio, J. T. Saenz-Reyes, H. J. Muñoz-Flores, Prieto-Ruiz, J. A. y G. Orozco-Gutiérrez. 2013. Forestales De Nayarit Quality of Plants Produced in Forest Nurseries. Revista Mexicana de Ciencias Forestales 5(22): 59–73. https://cienciasforestales.inifap.gob.mx/index.php/forestales/article/view/350/464.

Martínez, Y. 2023. Efecto de la aplicación foliar de VIUSID agro en el crecimiento, calidad y tiempo de permanencia en vivero de plántulas de Acacia mangium. Trabajo de Diploma. Universidad de Sancti Spiritus.

Pérez, A.; Roche, R. y Hernández, A. 1996. Factores que influyen en la producción de semillas de Gliricidia sepium. Resultados preliminares. Resúmenes. Taller Interna-cional "Los Arboles en los Sistemas de Producción Ganadera". EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. p. 43

Pérez, R. 1995. Gliricidia sepium: Piñón cubano o florido, bienvestido o matarratón. Carta Agropecuaria Azucarera. Departamento de Producción Agropecuaria. La Habana. 2 p.

Pérez - Domínguez, C. 1989. Postes vivos: Cercas productivas. CIDA. La Habana, Cuba. 20 p.

Cobbina, J.; Kolawole, G.O., y Atta-Krah, A.N. 1990. Leucaena and Gliricidia seed viability and germination as influenced by storage conditions. Leucaena Research Reports. 11:91

Simón, L. 1996. Rol de los árboles y arbustos multipropósitos en las fincas ganaderas. En: Leguminosas forrajeras arbóreas en la agricultura tropical. (Ed. T. Clavero). La Univer-sidad del Zulia, Venezuela. p. 41

Francisco, Geraldine; Simón, L., y Soca, M. 1996. Producción de biomasa de Albizia lebbeck a diferentes alturas de poda. Taller Internacional "Los Arboles en los Sistemas de Producción Ganadera". EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. p. 46



BMA-31. Efecto del manejo de la estaca de *Gliricidia sepium* en la supervivencia y producción de follaje en cercas vivas

Ch. Vicente Castañeda[1] *;I. Pérez Cabrera*[1,2*]*; O. Loyola Hernández*[2,1**]*; Y. Rodríguez Mendoza*[1]*; C. Puga Bolívar*[1]**.**

[1]UCTB Estación Experimental Agroforestal Camagüey, Avenida Ignacio Agramonte No 178, Camagüey, Cuba.

[2]Centro de Estudios de Producción Animal (CEDEPA), Universidad de Camagüey "Ignacio Agramonte Loynaz", Ministerio de Educación Superior, Circunvalación Norte km 5½, Camagüey, Cuba.

[3]Departamento de Agronomía, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Camagüey "Ignacio Agramonte Loynaz", Ministerio de Educación Superior, Circunvalación Norte km 5½, Camagüey, Cuba.

[*]Correspondencia a: isaelpc72@gmail.com

[**]Correspondencia a: oscar.loyola@reduc.edu.cu

RESUMEN

En el marco del proyecto Laif Agroverde financiado por la Unión Europea se desarrolló este estudio, que tiene como objetivo investigar el efecto del tiempo de la siembra en el crecimiento y desarrollo de cercas vivas Gliricidia sepium, con foco en altura, diámetro y la biomasa como indicadores claves. Se recopilaron datos longitudinales en un sistema de cercas vivas establecidos en las fincas Tierra Brava y El Taburete durante periodos diferentes de la siembra. Los postes vivos se evaluaron en dos momentos diferentes de siembra. Los resultados relevaron una correlación significativa entre el tiempo de siembra y las variabilidades de crecimiento. Enfatiza la importancia de considerar el tiempo de siembra en el manejo de cercas vivas para optimizar su establecimiento. Proporciona datos cuantitativos valiosos para la toma de decisiones informadas en el diseño e implantación de sistemas agroforestales en cercas vivas.

Palabras clave: *biomasa, postes vivos, sistemas agroforestales, siembra, desarrollo*

ABSTRACT

In the frame of the financed Life Agroverde project for the European union developed this study, that has as objective it investigate the effect of the time of the sowing in the growth and development of fence in Gliricedia acclamations sepium, with focus in height, diameter and the biomass as indicating keys. They compiled longitudinal datas in a system of fence in established acclamations in the fierce earth properties and the stool during different periods of the siembra. the alive posts were evaluated in two different moments of sowing. The results relieved a significant correlation between the time of sowing and the variabilities of growth. emphasize the importance to consider the time of sowing in the handling of fence in acclamations to optimise your establishment. It provides quantitative valuable datas for the taking thing of informed decisions in the design and implantation of agri-forestry systems in fence in acclamations.

Keywords: *biomass, alive posts, agri-forestry systems, sows, develop*

INTRODUCCIÓN

Las cercas vivas proporcionan muchas ventajas, así como producción de postes y leña, forraje para los animales, frutas y mieles, retienen importantes cantidades de carbono, cortinas rompevientos, barreras antierosivas, refugio de fauna silvestre, lo que las convierte en un indicador de sostenibilidad en los sistemas (Muchanea *et al*., 2020; Loyola *et al*., 2021).

De acuerdo con Loyola *et al*. (2021), *G. sepium* es una especie de amplio cultivo en Cuba, cuyo empleo como cerca viva se remonta al siglo XVIII, su cultivo implica bajos costos y altos ingresos en relación con otros tipos de cerca, proporciona leña, postes vivos, forraje y beneficios ambientales.

El uso de cercas vivas en Cuba es una práctica común ya establecida, predominante en el sector campesino debido al abaratamiento de los costos de ejecución y durabilidad, no así por su uso potencial (Pedraza, 2000). En términos ecológicos, la siembra de cercas vivas es una manera de obtener madera sin talar más los bosques que nos que-dan. También están asociadas con la protección y mejoramiento del suelo, a través de la fijación de nitrógeno y, por tanto, el mejoramiento del pasto cercano; mejoran la calidad del aire (secuestro de carbono) y contribuyen a que exista mayor presencia de animales silvestres (aves, anfibios, reptiles, murciélagos) e insectos (mariposas) en las fincas (Villanueva et al., 2005). G. sepium probablemente el árbol multipropósito cultivado más extendido en las regiones tropicales, aparte de Leucaena leucocephala. Estudioso en Cuba (Pedraza y Gálvez, 2000) muestran el potencial forrajero de sus cercas vivas. En esta especie se han alcanzado producciones de biomasa comestible que pueden aportar 4,4 kg de MS/árbol, a los 120 días del rebrote, después de una poda estratégica, y con digestibilidad de la materia seca de 58 a 69 %.

Objetivo general:

Evaluar el efecto de diferentes manejos de estacas de *Gliricidia sepium* en la supervivencia y producción de follaje en cercas vivas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se desarrolló en el periodo comprendido entre abril y mayo del año 2024 en las fincas Tierra Brava, perteneciente al productor Ernesto Casa de la CCS Dionicio Driondy del municipio Jimaguayu, ubicada en los $21^0$21'91" de latitud norte y $77^0$58'64" de longitud oeste. La segunda finca evaluada fue la fina Taburete perteneciente al productor Fernando Rodriguez la CCS Camilo Cienfuegos, también en el municipio Jimaguayú, esta última ubicada en los $21^0$17'541" de latitud norte y$77^0$51'6004" de longitud oeste.

Suelo y clima

Se evaluó un potrero donde predominan los pastos naturales y un pequeño grupo de árboles utilizados con fines de silvopastoreo.

Los suelos de la Finca Tierra Brava predominantes son los Fersialitico pardo rojizo con rocas ígneas intermedias profundos y humificados, poco erosionado con profundidad efectiva.

En la finca Taburete el tipo de suelo, según Segunda Clasificación Genética de los Suelos de Cuba, Fersialitico Pardo Rojizo; Típico (VIIIA)- (33.25 ha / 33.25 %) y Pardos sin Carbonatos; Típico (IXA)- (74.11 ha / 66.75 %). En sentido general, son suelos con adecuadas aptitudes físicas, químicas y morfológicas para su utilización en forrajes, pastos artificiales y naturales y además para viandas, hortalizas y granos, siempre que la profundidad efectiva lo permita y se realice una adecuada rotación de cultivo.

El clima presenta características propias de clima tropical de bosques estacionalmente húmedo y Aw-ecuatorial de sabana con verano húmedo (Koppen), y con una tendencia al carácter continental comparativamente notable dentro del país; en su condición físico– geográfico predominan las llanuras.

Las temperaturas medias oscilan entre 22,2 °C en el mes de enero y los 27,1 °C en julio con un promedio anual de 24,9 °C; aumentando considerablemente desde los meses de marzo a agosto, y comienzan a descender ligeramente a partir de septiembre, hasta concluido el periodo invernal. Normalmente los meses de enero y febrero son los de reportes de temperaturas más bajas.

La humedad relativa media, varia desde 71 % en abril hasta el 82 % en octubre, con un valor promedio histórico de 77 %. Los meses de septiembre a diciembre muestran los valores más altos.

Tratamientos y diseño

El estudio se realizó en dos fincas privadas del municipio Jimaguayú, Camagüey con condiciones edafoclimáticas similares. Se consideró cada finca como un tratamiento teniendo en cuenta que el manejo de las estacas fue diferente en cada finca (tabla 1).

Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado (dos tratamientos) con tres repeticiones, cada una de 23 ejemplares, las variables evaluadas fueron sobrevivencia, peso del follaje (kg) e Incremento mensual de la biomasa (kg). Las evaluaciones se realizaron al momento de la plantación y posteriormente en el mes de junio.

Tabla 1.

Variables	Finca	
	Tierra Brava	Taburete
Tiempo de reposo (días)	2	0
Altura del poste (m)	2.0	2.3
Diámetro (m)	0.049	0.043
Fecha plantación	10 abril	2 febrero
Profundidad de siembra (cm)	20.0	15.0 - 20.0
Marco plantación (m)	1.5 x 1.5	1.0 x 1.0
Cortes basales	1	3
Engrapado	1	2-3
Días a la evaluación luego de plantada	90	150



Análisis estadístico

Se determinaron los estadísticos descriptivos (Media y CV), previo a estos análisis se comprobó la distribución normal de los datos y la homogeneidad de la varianza. La primera a través del sesgo estandarizado y la curtosis estandarizada y la segunda a través de la Prueba-F para comparar las Desviaciones Estándar y las varianzas de las muestras. En caso de que los datos no fueran normales se realizó la prueba W de Mann-Whitney para comparar las medianas de dos muestras, si el valor-P es menor que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas con un nivel de confianza del 95.0%. Los análisis se desarrollaron con el paquete estadístico StatGraphics Centurion XV Versión 15.2.06 (2007).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en ambas fincas muestran un alto nivel de sobrevivencia del material plantado, para el caso de la finca Tierra Brava con un 97.10 % (2 muertes) y en la finca Taburete un 95.65% (3 muertes). En ambos casos las muertes están dadas sobre todo por el efecto de los animales que al ramonear los brotes tiernos han promovido las estacas y afectado los sistemas radiculares.

Como se puede apreciar el uso de la grapa para fijar el alambre a las estacas no provocó daños a estas, independientemente de que se plantea que el grapado debe realizarse luego de los tres a seis meses de realizada la cerca. En este caso se usaron grapas pequeñas y con el cuidado extremo de no afectar con el clavado el área de corte de la base de la estaca por donde deben emitirse las raíces.

De acuerdo con la tabla 2, existe diferencia significativa entre ambas formas de manejo respecto a la producción de follaje, en este caso la finca Tierra Brava muestra una producción de follaje medio a los 90 días de 0.258 kg equivalente a un incremento medio mensual de 0.086 kg a diferencia de la Finca Taburete que se aprecia una producción de follaje a los 150 días de 0.198 kg y un incremento medio mensual de 0.039 kg, es evidente la superioridad en cuanto a días a la evaluación entre fincas y sin embargo los mejores resultados se observan en la finca Tierra Brava con solo 90 días de plantadas las estacas.

Edad de las estacas: 2 años

Tabla 2.

Finca en estudio	Peso follaje (kg)	Incremento mensual biomasa (kg)
Tierra Brava	**0.258**	**0.086**
Taburete	**0.198**	**0.039**
	valor-P = 0.0063	**valor-P = 0.0**

Al parecer la altura de la estaca y el diámetro no son las variables que definen este comportamiento en este caso particular, pues los mayores índices productivos se obtuvieron con las estacas ligeramente más pequeñas (0.30 m menos) y un diámetro ínfimamente superior (0.006 m).

Consideramos que las condiciones climáticas han sido la causa fundamental de este comportamiento, pues en el caso de la Finca Taburete, independientemente de haber obtenido un alto nivel de supervivencia si enfrentaron dos meses fuertes de seca que en este caso las estacas tuvieron que asumir a partir de sus reservas, las mismas que debieron utilizar para emitir raíces y brotes. Ya para el caso de Tierra Brava, la situación fue diferente pues se plantaron en abril y en breve iniciaron las lluvias, por lo que el esfuerzo fisiológico fue menor y pudieron emplear más de sus reservas para la producción de follaje.

Es evidente que cuando se siembra o se trasplanta, según las fases de la luna, no solo se cumple con el establecimiento de un calendario, sino que además se aprovecha la posibilidad de emplear las fuerzas de la naturaleza. De una manera u otra, la fuerza de la gravedad de la tierra y la luminosidad de la luna pueden influir en los procesos de la germinación y el crecimiento de las plantas (Anon2000b).

De estos resultados se infiere que, a diferencia de lo planteado en algunos artículos, que las estacas deben cortarse al final de la seca y en cuarto menguante preferiblemente, las estacas de G. sepium admiten periodos de plantación desde febrero a abril sin tiempos de reposo y diámetros cercanos a los 4 cm, pero si ayudamos la planta con una buena calidad de riego una buena fertilización y agua.

Rendimiento por km

En cercas vivas a los 6 meses se han encontrado producciones de 4.0 t de biomasa seca total/km; mientras que a los 9 meses la producción aumentó hasta 5.3 t/km citado por Hernández et al. (1997). En estudios realizados describieron los rendimientos máximos de biomasa de Gliricidia sepium que se han obtenido con altas densidades y alturas de corte por encima de 0,60 m. Sin embargo, debe considerarse si el cultivo es usado para corte y/o pastoreo de manera que se garantice disponibilidad y accesibilidad para los animales.

CONCLUSIONES

Las estacas de *G. sepium* pueden rebrotar y lograr un alto porciento de sobrevivencia si se plantan desde febrero a abril, pero los mejores resultados en cuanto aproduccion de follaje se logran si se plantan al final del periodo poco lluvioso.

BIBLIOGRAFÍA

Anon 2000b. Manejo de los cultivos en organopónicos y huertos intensivos. En: Manual técnico de organopónicos y huertos intensivos. Ed. AGRINFOR. Ministerio de la Agricultura. Ciudad de La Habana, Cuba. p. 80

Hernández, A.; Pérez, J. M.; Bosch, D.; Rivero, L.; Camacho, E.; Ruiz, J. et al. 1999. Clasificación genética de los suelos de Cuba. Ciudad de la Habana, Cuba: Instituto de suelos, Ministerio de Agricultura.

Loyola, O., Triana, D., Batista, C.M. *et al.* 2021. Follaje, hojarasca y fauna edáfica asociada a tres especies forestales en cercas vivas en ecosistemas ganaderos. *Revista Producción Animal* 33(1). https://revistas.reduc.edu.cu/index.php/rpa/article/view/html

Muchanea, M. N., Sileshi, G. W., Gripenberg, S. *et al.* 2020. Agroforestry boosts soil health in the humid and sub-humid tropics: A metaanalysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, *295*, 106899. http://file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Muchane%20et%20al.%202020%20AGEE.pdf

Oxford Forestry Institute. Pedraza, R.M., Gálvez, M. 2000. Nota sobre el rendimiento,porciento de hojas y grosor del tallo del follaje de postes vivos de *Gliricidia sepium* podados cada 90 días. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* (CU) 34(1): 4

Pedraza, R. 2000. Valoración nutritiva del follaje de *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp. y su efecto en el ambiente ruminal. Tesis presentada en opción al grado de doctor en ciencias veterinarias. Universidad de Camagüey, Camagüey, Cuba. 106 p.

Pedraza, R. M. y Gálvez, M. 2000. Nota sobre el rendimiento, por ciento de hojas y grosor del tallo del follaje de postes vivos de Gliricidia sepium podados cada 90 días. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, 34 (1), 4.

Villanueva, C., Muhammad, I., Casasola, F., Arguedas, R. 2005. Las cercas vivas en las fincas ganaderas. Serie cuaderno de campo. Proyecto enfoques silvopastoriles integrados para el manejo de ecosistemas. Costa Rica: INPASA.



BMA-32. Caracterización y determinación de los índices de biodiversidad en la finca "La Flora"

Characterization and determination of biodiversity indices on the "La Flora" farm

Y. Olivera Castro[*]*; O. C. Toral Pérez; Y. Sanabria Ramírez; A. Hernández Mijango y J. J. Reino Molina*

Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey" Central España Republicana, CP 44280, Matanzas, Cuba.

[*]Correspondencia a: yuseika@ihatuey.cu

RESUMEN

Con el objetivo de caracterizar la biodiversidad y determinar los indices de biodiversidad en la finca "La Flora", se realizó este estudio en el predio ubicado en el poblado de Agramonte, perteneciente al municipio de Jagüey Grande, provincia de Matanzas, el propietario es Tomas Gómez Sánchez. Para ello se caracterizó la diversidad de plantas y de animales, según su propósito, mediante el conteo directo en el campo de cada individuo o se estimó teniendo en cuenta los valores de densidad de siembra o plantación y el área que ocupaba cada cultivo en la finca; además, se calculó los índices de Shannon y de Margalef. En cuanto a la biodiversidad se encontró la presencia de 1 315 879 de especies de plantas, que son utilizadas, entre otras funciones como alimento humano y animal, y 128 fue la cantidad de animales presentes en la finca. Los indices de biodiversidad (Shannon y Margalef) fueron bajos (1,21 y 1,75, respectivamente), por lo que mediante estos resultados se pudo proponer, al productor, un plan de acción a corto y mediano plazo para incrementar la biodiversidad en el predio.

Palabras clave: *Biodiversidad, Índices de Shannon y Margalef*

ABSTRACT

With the aim of characterizing biodiversity and determining biodiversity indices on the "La Flora" farm, this study was conducted on the property located in the town of Agramonte, part of the municipality of Jagüey Grande, Matanzas province. The owner is Tomas Gómez Sánchez. To this end, plant and animal diversity was characterized, according to their purpose, through direct field counts of each individual or estimated by taking into account planting density values and the area occupied by each crop on the farm. In addition, the Shannon and Margalef indices were calculated. Regarding biodiversity, 1,315,879 plant species were found, which are used, among other things, as food for humans and animals, and 128 animals were present on the farm. The biodiversity indices (Shannon and Margalef) were low (1.21 and 1.75, respectively), so based on these results, a short- and medium-term action plan could be proposed to the producer to increase biodiversity on the property.

Keywords: *Biodiversity, Shannon and Margalef indices*

INTRODUCCIÓN

La biodiversidad está formada por todas las especies existentes que interactúan dentro de un ecosistema; en estos últimos años, los científicos han comenzado a darle mayor importancia al papel que desempeña la biodiversidad en el funcionamiento de los sistemas agrícolas, considerando que es precisamente el principio fundamental de la agricultura sostenible (Vergara-Ruiz, 2017).

En Cuba numerosas fincas han implementado agroecosistemas diversificados. Es por ello, que el estudio de sistemas biodiversos y su potencial se identifica como un aspecto necesario de una agricultura sostenible (Nova, 2016). Por lo que el objetivo de este estudio fue caracterizar la biodiversidad y determinar la complejidad en la finca "La Flora".

MATERIALES Y MÉTODOS

Entidad productiva: La Finca familiar campesina 'La Flora", cuyo propietario es el campesino Tomas Gómez Sánchez, perteneciente a la CCS "Félix Duque". El predio se encuentra ubicada en el Consejo Popular de Agramonte, Municipio Jagüey Grande, Provincia Matanzas, y limita por el norte con la carretera de Agramonte-Perico, al sur con la Finca pecuaria "La Lucía" MININT, al este con la Finca 14, que pertenece a la Empresa Agroindustrial Victoria de Girón y al oeste con la Finca "La Esperanza", del pequeño agricultor Osmany García Díaz

El análisis de la biodiversidad se efectuó mediante el conteo directo en el campo de cada individuo o se estimó teniendo en cuenta los valores de densidad de siembra o plantación y el área que ocupaba cada cultivo en la finca.

Durante un año se cuantificó el número de especies e individuos por cada especie de árboles, cultivos y animales, los cuales se caracterizaron de acuerdo a su propósito.

Seguidamente, se calcularon los índices de biodiversidad (tabla 1) en la finca, los cuales se llevaron a cabo según las recomendaciones de Moreno (2001).

Tabla 1. *Indicadores de biodiversidad evaluados en la finca.*

Indicador	*Unidad*	*Método de cálculo*
Diversidad de especies	*Índice de Shannon-Wearner (H)*	$H= \sum p_i \, In \, p_i$ *Donde:* p_i *= abundancia proporcional de la especie i, es decir, el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra.*
Riqueza de especies	*Índice de Margalef (Dmg)*	*Incluye especies de cultivos, árboles y animales domésticos* $D_{mg} = (S-1)/In \, N$ *Donde:* *S= Número total de especies* *N= Número total de individuos de todas las especies, incluye animales, cultivos, frutales y forestales*

Se consideró para interpretar cada índice lo siguiente:

En el caso del índice de diversidad de Shannon-Weaner (H), que valores de 3 son típicamente interpretados como diversos, dado que este indicador agrupa valores entre 1,5 y 3,5, y excepcionalmente pueden alcanzar valores de 4,5 (Campo y Duval, 2014).

En cuanto al índice de Margalef (D_{mg}) se tuvo en consideración que valores inferiores a 2,0 se agrupan como zonas de baja biodiversidad (en general resultado de efectos antropogénicos) y superiores a 5,0 de alta biodiversidad (Margalef, 2002).

Para la determinación de estos índices se empleó el software Diversity Species & Richnness 3.02 (Henderson y Seaby, 2002).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Al realizar el inventario de la biodiversidad se identificó la presencia de varias especies de amínales y plantas en el predio.

En la tabla 2 se presenta la composición de animales presentes en la finca y la función que estos desempeñan.

Tabla 2. *Cantidad de especies de animales presentes en la finca "La Flora" y su función.*

Especie	Cantidad	Función
Gallinas [*Gallus gallus domesticus* (Linnaeus, 1758)]	50	Producción de huevos y alimento humano
Caballos (*Equus caballus* Linnaeus, 1758)	5	Transporte
Vacunos (*Bos taurus* Linnaeus, 1758)	27	Producción de carne, tracción animal
Cerdos (*Sus scrofa scrofa* Linnaeus, 1758)	8	Alimento humano
Ovinos (*Ovis aries orientalis* Gmelin, 1774) Caprino (*Capra hircus* Linnaeus, 1758)	35	Alimento humano
Perros (*Canis lupus familiaris* Linnaeus, 1758)	3	Custodia y mascota



La presencia de estas diferentes especies de animales en los agroecosistemas es importante por la incidencia directa que tiene para la agricultura. Su papel principal se relaciona con la contribución al reciclaje de nutrientes, y la capacidad de transformar la fitomasa en fuente de alimentos y bienes de uso para el hombre.

De acuerdo con la entrevista que se le realizó al propietario de la finca, los animales vacunos presentes en la misma tienen como principal función la producir de carne lo que constituyen los rubros productivos más importantes. Las gallinas, los cerdos y los ovinos-caprino son utilizados en la alimentación familiar y los perros como mascotas y custodios de la finca. Los equinos, aunque en menor proporción, su función principal es la de transportación de los trabajadores que laboran en la finca.

La presencia de animales en los agroecosistemas resulta beneficioso; por su contribución al reciclaje de nutrientes, la conservación del suelo y la capacidad de transformar la fitomasa en fuentes de alimentos y bienes de uso para el hombre y el propio animal.

En cuanto al componente vegetal (tabla 3), el inventario cuantificó 1 315 879 especies, y se destacan cuatro usos fundamentales, lo que evidencia las múltiples funciones de estas especies en el agroecosistema, que al cuantificarlas según su uso presentaron mayor número de individuos las especies con características forrajeras y en menor cuantía las que se utilizan como cercas vivas.

De manera general, estos brindan sombra, aportan forrajes y frutos, las leguminosas fijan nitrógeno atmosférico, reciclan nutrientes, abaratan el costo de los cercados, conservan y mejoran el suelo y la vegetación herbácea, protegen el potencial híbrido del lugar y sirven de hábitat a muchas especies de animales; por lo que constituyen verdaderas joyas dentro de un sistema diversificado.

En este sentido es importante valorar la influencia de los árboles como mejoradores del entorno y la creciente importancia que se le concede al recurso forestal dentro de las estrategias y acciones orientadas a la protección del medio ambiente, especialmente en la esfera agropecuaria.

Tabla 3. *Cantidad de especies de plantas presentes en el ecosistema y su uso.*

Especies de Plantas		Cantidad	Uso
Nombre científico	**Nombre vulgar**		
Musa paradisiaca L.	Plátano	1 000	Frutales
Mangifera indica L.	Mango	25	
Persea amaricana Mill.	Aguacate	550	
Psidium guajava L.	Guayaba	1 600	
Citrus x aurantium L.	Naranja agria	4	
Citrus x lemon L.	Limón	100	
Pouteria sapota (Jacq.)	Mamey	20	
Coffea arabica L.	Café	600	
Cocos nucifera L.	Coco	50	
Annona cherimola Miller	Chirimoya	10	
Passiflora edulis Sims	Maracuyá	120	
Bursera simaruba (L.) Sarg	Almácigo	1 110	Maderable
Calophyllum antillanum Britton	Baría	20	
Tectona grandis L.	Teca	20	
Swietenia macrophylla King.	Caoba	50	
Gliricidia sepium (Jacq.) Kunth	Árbol Florido	600	Alimento animal y cerca viva

Cenchrus purpureus (Shumach). Monrone.	Forrajera (King Grass)	10 000	Alimento animal
Dichanthium caricosum (L.) A. Camus, ***D. annulatum*** (Forssk.) Stapf., ***D. aristatum*** (Poir.) C.E.Hubb., ***Bothrioclhoa pertusa*** (L.)	Pastos naturales (**Jiribilla, Pitilla, Angleton y Camagüeyana**)	1 300 000	

El predominio de árboles y abundante vegetación hacen posible una alta diversidad florística, que depende del origen del árbol (remanente, regeneración natural o plantado), la densidad, la distribución y las prácticas de manejo por parte del productor.

Los árboles multipropósito ofrecen una amplia gama de servicios que van más allá de su mera presencia en el paisaje. Su versatilidad y beneficios diversificados son realmente asombrosos. Incluyen especies frutales, como guayaba, plátano, café, entre otros, que proporcionan una fuente constante de alimento.

La presencia de árboles ayuda a prevenir la erosión del suelo al reducir la velocidad del viento y la lluvia, a la vez que contribuye a la estabilización del suelo con sus sistemas de raíces. Además, que contribuyen también a la regulación del clima a nivel local, proporcionando sombra, reduciendo la temperatura ambiente y mejorando la calidad del aire al absorber dióxido de carbono y liberar oxígeno.

La combinación de árboles con cultivos agrícolas y/o animales (agroforestería) permite crear sistemas más resilientes y sostenibles, al tiempo que diversifica las fuentes de ingresos. Los árboles multipropósito son verdaderos campeones en el suministro de una amplia gama de servicios que van desde lo económico hasta lo ecológico. Además, su presencia puede contribuir significativamente a la sostenibilidad y la resiliencia de los sistemas agrícolas. Los sistemas agroforestales son una alternativa del uso de tierra y constituyen una combinación de especies agronómicas y forestales (Jiménez González *et al*., 2023)

Al analizar los resultados de la biodiversidad de plantas, por el concepto de uso de las mismas (tabla 3), se muestra en cuanto a las plantas frutales, se destaca en cantidad, el plátano y la guayaba, especies que tienen importancia para la alimentación tanto animal como para el hombre, así por sus propiedades medicinales que presentan.

Según Braun *et al*. (2016), los árboles frutales benefician el ecosistema ya que son mejoradores del entorno y de las características física, química y biológica de los suelos. Además, incrementan el contenido de la materia orgánica, se pueden usar como cercas vivas, brindan sombra, aportan fruto, reciclan nutrientes, abaratan el costo de los productos en los mercados, protegen el potencial hídrico del lugar, sirven de hábitat a la fauna silvestre y proveen bienes y servicios beneficiosos para la población humana.

En cuanto a l**as especies arbóreas maderables, se ha reportado que han decrecido significativamente en las áreas pecuarias del país producto a los sistemas especializados de altos insumos. Sin embargo, han vuelto a constituir un elemento de vital importancia en los ecosistemas ganaderos por sus variadas ventajas como sombra, alimento animal, producciones agregadas de maderas, frutas, miel y otras.**

Algunas de estas especies arbóreas tienen madera de excelente calidad que se puede aprovechar para construcción, muebles y otros fines. Además, la biomasa proveniente de la poda de árboles puede utilizarse como combustible para cocinar o para generar energía.

Como se observa el almácigo [*Bursera simaruba* (L.) Sarg], es la especie maderable que más abundancia posee y su principal uso está dado en la utilización de este árbol en la delimitación de la finca, como sombra para los animales, además, para mejorar el drenaje del suelo de la finca. Esta especie **como recurso forestal, tiene buena aceptación por parte de los productores, para su utilización en el fomento de la reforestación por su precocidad, adaptación a diferentes condiciones edafoclimáticas y uso como sombra y medicinal en las áreas ganaderas, características relevantes de esta especie (**Costa-Acosta *et al*., 2017).

Las otras especies dentro de las maderables, se encontraron en menor cuantía, sin embargo, el productor ha logrado la introducción de las mismas en su predio y ello ha beneficiado la tenencia de diferentes especies maderables en su entorno.

Al igual que el almacigo que se usa como cerco vivo, como se mencionó con antelación, con este fin también se ha empleado la *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp. (matarratón o árbol florido) y con ello este productor está haciendo uso de una de las prácticas agroecológicas que se recomiendan. Este uso de las cercas vivas está utilizándose, principalmente para la delimitación de las áreas, tanto perimetral como interna, las cuales se intercalaron con postes de marabú (*Dichrotachys cinerea* L. Wight & Arn.).

Morantes-Toloza y Renjifo (2018), plantean que los sistemas productivos con cercas vivas son una alternativa económica al establecimiento de postes de madera y se han considerado una opción para promover la conservación en paisajes



agrícola, además, son una estrategia de manejo del paisaje rural, la cual no solo contribuye a la recuperación de la diversidad biológica sino también al aumento de la productividad y los rendimientos económicos de los sistemas productivos.

Desde el punto de vista ecológico, las cercas vivas funcionan como zonas de refugio, nichos ecológicos y sitios de paso para ciertos organismos como insectos, aves y mamíferos pequeños (Zamora-Pedraza *et al.*, 2022).

El uso del árbol florido como especie arbórea en diversas regiones tropicales (Chará-Serna y Chará 2020) y en Cuba (Iglesias-Gómez *et al.*, 2022), son estudio que se han reportado su uso dentro de los agroecosistemas; esta especie permite mejorar la producción ganadera, el manejo en el control de insectos potencialmente plagas y enfermedades en otros cultivos, apoya en la fijación simbiótica de nitrógeno y, por ende, proporciona diversos servicios ecosistémicos importantes en los agroecosistemas tropicales.

Las áreas de pastoreo catalogadas como alimento animal, es decir la presencia de especies de pastos y forrajeras, no están delimitadas, según el diagnóstico realizado en la finca. Esta área cuanta con un área de forraje de *Cenchrus purpureus* (Shumach). Monrone. y toda el área de pastoreo está compuesto por pastos naturales o naturalizados, entre los cuales se encuentran ***Dichanthium caricosum*** (L.) A. Camus, ***D. annulatum*** (Forssk.) Stapf., ***D. aristatum*** (Poir.) C.E.Hubb., ***Bothrioclhoa pertusa*** (L.).

Estas plantas no son lo suficiente productivas, en cuanto a su valor nutricional, sin embargo, el productor por las capacitaciones que ha tenido, por la inserción en proyectos de desarrollo local, ha entendido la necesidad de ir incrementando y mejorando las áreas de pastoreo con pastos mejorados y con sistemas silvopastoriles, entre otras acciones que se detallaran más a delante, en el plan de acción para la mejora de la biodiversidad de la finca.

Además del King Grass como especie voluminosa, también se le recomendó al productor tener un área de caña ya que ambas especies voluminosas son de importancia para suplir las necesidades en la época de seca (Herrera, 2015, Reyes *et al.*, 2020).

Es interesante destacar de este estudio, que los pastos naturales como: *D. caricosum*, *D. annulatum*, *D. aristatum*, *B. pertusa* y la gramínea forrajera (*C. purpureus*) agruparon las especies más numerosas dentro de esta gran familia; resultados que concuerdan con los citados por Sánchez-Santana *et al.* (2019), quienes hallaron que las gramíneas pratenses, tanto naturales como mejoradas, representan más del 80,0 % de las especies encontradas, al evaluar la composición florística en 10 fincas ganaderas.

La tendencia actual en un estudio de biodiversidad es cuantificar la información florística mediante el muestreo con el uso de indicadores estructurales tales como: densidad, abundancia, dominancia, frecuencia, índice de valor de importancia e índices de diversidad y similitud que permiten medir la diversidad e interpretar el real estado de conservación de la flora de un sector determinado (Céspedes *et al.*, 2019). Ello enriquece la información de la caracterización del ecosistema que solamente se realizaba con el empleo de los típicos inventarios en el cual se registraban datos cualitativos de la existencia de las especies en los diferentes tipos de modelos productivos.

Al determinar el índice de Diversidad de especies (Shannon) y de Riqueza de especies (Margalef) se pudo constatar que ambos índices están bajos, según la escala empleada (tabla 4). Ello debido a la poca diversidad de especies presentes en la finca debido a que el productor, después de asistir a varios cursos de capacitación y de estar insertados en algunos proyectos, se ha concientizado en la necesidad de incrementar la biodiversidad en su predio, además de usar otras buenas prácticas, las cuales se detallarán más adelante en el Plan de acciones para la mejora de la finca.

Tabla 4. *Comportamiento de los índices de biodiversidad en la finca.*

Índice	
Shannon	1,21
Margalef	1,75

A pesar de que ambos índices están bajos, hay un equilibrio entre el número de especies presentes en el sistema evaluado y el número de individuos por especie. La evaluación de los índices brinda una medida cuantitativa; sin embargo, su valoración ecológica es difícil y suele ser muy controvertida ya que depende del objetivo del estudio, en esta investigación es necesario hacer otras valoraciones a partir de las transformaciones logradas como parte del proceso de transición agroecológica.

CONCLUSIONES

La caracterización de la biodiversidad indicó que a pesar de que el diagnostico contabilizó más de 1,3 millones de especies, los índices calculados están bajos, sin embargo, hay un equilibrio entre el número de especies presentes en el sistema evaluado y el número de individuos por especie. Ello proporcionó que se le recomendara al productor un plan de acción a corto y mediano plazo para incrementar la biodiversidad y por ende los índices de la misma.

BIBLIOGRAFIA

Braun, Andrea, Van Dijk, Suzanne, Grulke, M. 2016. Incremento de los sistemas silvopastoriles en América del Sur. Paraguay: Banco Interamericano de Desarrollo.

Céspedes, J.L., Jiménez, Mercedes, Estévez, M.R. 2019. Diversidad de especies vegetales en seis fincas del municipio Minas, Camagüey, Cuba. Agrisost, 25 (1): e2724. ISSN-e: 1025-0247. https://revistas.reduc.edu.cu/index/agrisost.

Chará-Serna, A.M., Chará, J. 2020. Efecto de los sistemas silvopastoriles sobre la biodiversidad y la provisión de servicios ecosistémicos en agropaisajes tropicales. *Livestock Research for Rural Development*, *32*(11), 184.

Costa-Acosta, J., Tamayo-Fonseca, J.A., Ocano-Busía, C.A. 2017. Notas sobre la flora de Managuano, Niquero, Granma, Cuba. Ciencia en su PC, 4. 1-22.

Henderson, P.A., Seaby, R.M.H. 2002. Species Diversity and Richness V3·0. Pisces Conservation Ltd, Lymington, Hants.

Herrera, R.S. 2015. Clones de *Pennisetum purpureum* para diferentes ecosistemas y propósitos productivos. Revista Cubana de Ciencia Agrícola. 49 (4): 515-519.

Iglesias-Gómez, J.M., Domínguez-Escudero, J.M.A., Wencomo-Cárdenas, Hilda Beatriz, Olivera-Castro, Yuseika, Toral-Pérez Odalys Caridad, Milera-Rodríguez, Milagros de la Caridad. 2022. Comportamiento agronómico y nutricional de especies mejoradas en un sistema de Pastoreo Racional Voisin en Panamá. Pastos y Forrajes. 45:eE10.

Jiménez González, A., Carvajal Nunura, R.J., Ponce Muñiz, J.A., Cabrera Verdesoto, C.A., Pinargote Choez, J.D.L. S. 2023. Inventario florístico en dos sistemas agroforestales del recinto San Francisco de la parroquia El Anegado. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, *11*(1). e772.

Margalef, R. 2002. Diversidad y biodiversidad. En: A. Bonet, ed. *Gestión de espacios protegidos*. Alicante. España: Universidad de Alicante, Departamento de Ecología.

Morantes-Toloza, J.L., Renjifo, L.M. 2018. Cercas vivas en sistemas de producción tropicales: una revisión mundial de los usos y percepciones. Revista de Biología Tropical**,** 66**(2), 739-753.**

Moreno, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T–Manuales y Tesis SEA, Zaragoza. p. 84.

Nova, A. 2016. Economía de la transición agroecológica. en: Avances de la Agroecología en Cuba F. Funes-Aguilar y L. L. Vázquez-Moreno, eds. EEPF Indio Hatuey, Matanzas, Cuba. p. 47-56.

Reyes, J.J., Torres, V., March, J.M., Hernández, Y. 2020. Análisis de los factores que influyen en la productividad de dos unidades lecheras en Sancti Spíritus, Cuba. *Cuban Journal of Agricultural Science*, *54*(4), 503-513.

Sánchez-Santana, Tania, Rizo-Álvarez, Maritza, Morales-Querol, D, García-Sánchez, Flavia, Olivera-Castro, Yuseika, Benítez-Álvarez, M.A. 2019. Situación agroproductiva de fincas de dos municipios de la provincia Matanzas. Pastos y Forrajes, 42 (3):230-234.

Vergara-Ruiz, R. 2017. La importancia en el funcionamiento de los agroecosistemas: caso floricultura. http://www.metroflor-colombia.com/la-importancia-de-la-biodiversidad-en-el-funcionamiento-de-los-agroecosiste.

Zamora-Pedraza, G. 2017. Cercos vivos. Más allá de una línea de árboles. Universidad Veracruzana. https://cdigital.uv.mx/bitstream/456789/48574/144-CYL-040417.pdf.



BMA-33. Determinación del grado de complejidad de la biodiversidad a escala de finca como base para el manejo agroecológico

Determining the degree of complexity of biodiversity at the farm scale as a basis for agroecological management

O. C. Toral Pérez[*]*, Y. Olivera Castro, Y. Sanabria Ramírez, A. Hernández Mijango y J. J. Reino Molina*

Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey" Central España Republicana, CP 44280, Matanzas, Cuba.

[*]**Correspondencia a:** otoral@ihatuey.cu

RESUMEN

El estudio se realizó con el objetivo de determinar la complejidad de la finca y proponer el plan de acción para incrementar y mejorar la funcionalidad mediante, la utilización de buenas prácticas, en la finca "La Flora". El predio se encuentra ubicado en el poblado de Agramonte, perteneciente al municipio de Jagüey Grande, provincia de Matanzas, cuyo propietario es el productor Tomas Gómez Sánchez. Se determinó la complejidad de la finca, para ello se empleó la metodología para la caracterización rápida de la diversidad biológica en las fincas como base para el manejo agroecológico de plagas, para poder proponer el plan de acción a corto y mediano plazo. La mencionada metodología considera cinco componentes de biodversidad: (1) productiva (Bp); (2) nociva (Bn); (3) introducida funcional (Bif); (4) funcional (Bf) y (5) auxiliar (Ba). La complejidad de la finca, se catalogó como poco compleja (13,0 %) y se pudo proponer el plan de acción a corto y mediano plazo (9 y 3 acciones, respectivamente) para mejorar la complejidad de la finca y por ende la productividad de la misma.

Palabras clave: *biodiversidad, complejidad de la finca, plan de acción.*

ABSTRACT

The study was carried out with the objective of determining the farm complexity and proposing an action plan to increase and improve functionality through the use of good practices on the farm "La Flora". The property is located in the town of Agramonte, belonging to the municipality of Jagüey Grande, province of Matanzas, whose owner is the producer Tomas Gómez Sánchez. The complexity of the farm was determined by using the methodology for the rapid characterization of biological diversity on farms as a basis for agroecological pest management, in order to propose a short- and medium-term action plan. The aforementioned methodology considers five components of biodiversity: (1) productive (Bp); (2) harmful (Bn); (3) introduced functional (Bif); (4) functional (Bf); and (5) auxiliary (Ba). The complexity of the farm was classified as not very complex (13.0%) and a short and medium-term action plan (9 and 3 actions, respectively) could be proposed to improve the complexity of the farm and therefore its productivity.

Keywords*: biodiversity, farm complexity, action plan.*

Introducción

La integración y diversificación de rubros productivos no es la única solución para aumentar la complejidad de los agroecosistemas (Vázquez *et al.,* 2012). El funcionamiento eficiente de los sistemas agropecuarios no depende solamente de los elementos de la biodiversidad que se introducen y habitan en el mismo son esenciales sus interacciones. Los agroecosistemas complejos lo son cuando se dan procesos como: a) prácticamente todo influye en todo; b) existen numerosas relaciones no lineales; c) las causas y los efectos dictan en el tiempo y en el espacio; e) la información es limitada y ambigua, y lleva tiempo en obtenerla (Turner *et al.,* 2016; Martínez-Valderrama, 2021).

Para lograr un manejo sustentable y resiliente de los agroecosistemas, especialmente los apropiado para los agricultores de menores recursos, es preciso comprender mejor la agrobiodiversidad (Sarandón *et al*., 2016). Sin embargo, para lograr tal propósito es importante realizar un diagnóstico y la evaluación de dicha biodiversidad en cada finca, como vía para establecer el diseño de sistemas estables, conocer la funcionalidad de los agroecosistemas, así como la reconversión de las fincas hacia la sostenibilidad, la resiliencia y la soberanía tecnológica, energética y alimentaria.

La complejidad es un elemento importante de la sostenibilidad agrícola para asegurar la disponibilidad de alimentos que puedan presentar los ecosistemas agrícolas para sostener los procesos que en ellos se desarrollan. Según Vargas-Batis *et al*. (2017), un elemento importante que da cuenta de la complejidad de los sistemas productivos es precisamente su comportamiento, manejo y uso de la agrobiodiversidad, además, que existe una biodiversidad natural, que es producto de la evolución de las especies y otra que es producto del trabajo del hombre durante milenios.

Por ello, se realizó este trabajo con el objetivo de determinar la complejidad de la finca para proponer el plan de acción para incrementar y mejorar la funcionalidad mediante, la utilización de buenas prácticas, en la finca "La Flora".

MATERIALES Y MÉTODOS

La Finca familiar campesina "La Flora", cuyo propietario es el campesino Tomas Gómez Sánchez, perteneciente a la CCS "Félix Duque", se encuentra ubicada en el Consejo Popular de Agramonte, Municipio Jagüey Grande, Provincia Matanzas, y limita por el norte con la carretera de Agramonte-Perico, al sur con la Finca pecuaria "La Lucía" MININT, al este con la Finca 14, que pertenece a la Empresa Agroindustrial Victoria de Girón y al oeste con la Finca "La Esperanza", del pequeño agricultor Osmany García Díaz

La determinación del grado de complejidad de los componentes de la biodiversidad en la finca, se llevó a cabo según la metodología para la caracterización rápida de la diversidad biológica en las fincas como base para el manejo agroecológico de plagas, propuesta por Vázquez y Matienzo (2010) la que considera cinco componentes de biodversidad: (1) productiva (Bp): biota introducida o autóctona que se cultiva o cría con fines económicos (plantas y animales), (la agrobiodiversidad); (2) nociva (Bn): los organismos que afectan a las plantas y los animales de interés económico (las plagas agrícolas); (3) introducida funcional (Bif): los organismos que se reproducen masivamente y se introducen en el sistema mediante liberaciones o aplicaciones inoculativas o aumentativas (artrópodos entomófagos, nematodos entomopatógenos, microorganismos entomopatógenos, antagonistas, los biofertilizantes, los abonos orgánicos y las micorrizas); (4) funcional (Bf): los biorreguladores de plagas (organismos que regulan naturalmente las poblaciones de fitófagos, fitoparásitos y fitopatógenos) y (5) auxiliar (Ba): la biota que habita naturalmente en los sistemas agrícolas y que contribuye indirectamente al resto de la biodiversidad. Se incluyen las plantas que crecen silvestres o se manejan, pero no fundamentalmente con fines productivos y los animales que se utilizan en las labores agrícolas).

Para cada componente se evaluaron diferentes indicadores, a los que de acuerdo con el valor de campo que adquirieron, ya sea absoluto o porcentual, le fueron atribuidos grados de complejidad según la escala que se muestra en la tabla 1. Posteriormente se procedió a multiplicar cada grado de la escala por el total de indicadores o componentes que lo poseían y al final se sumaron todos los valores que resultaron de dicha multiplicación. l grado de complejidad de cada componente (dígase: de la biodiversidad productiva, nociva, auxiliar, introducida funcional y funcional) se obtuvo a partir de la división del valor resultante de la sumatoria de la multiplicación de cada indicador entre el valor de la multiplicación del total de componentes por el número de grados de la escala (N=5). Y el grado de complejidad de la finca se obtuvo a partir de la división del valor resultante de la sumatoria de la multiplicación de cada grado-indicador entre el valor de la multiplicación del total de componentes (n=48) por el número de grados de la escala (N=5) y finalmente con la multiplicación por cien para obtener el valor porcentual.

Tabla 1. *Escala utilizada para clasificar la complejidad de cada indicador y componente de la biodiversidad, así como de la finca.*

Grado de complejidad del sistema	Expresión de los resultados*		Denominación del grado de complejidad del sistema (finca)
	Valor absoluto	Porcentaje (%)	
0	0	0	Simplificado
1	1-3	1-25	Poco compleja
2	4-6	26-50	Medianamente compleja
3	7-10	51-75	Compleja
4	Más de 10	Más de 75	Altamente compleja

(*) Las fracciones por encima del 0,5 del valor final se consideran en el valor siguiente.

Ejemplo: 3,8 es 4

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al realizar el análisis de los componentes de la biodiversidad en la finca "La Flora", se determinó que presentó un grado complejidad de poco complejo. En la tabla 2, se muestra el comportamiento de los indicadores dentro de cada componente de la biodiversidad.



Tabla 2. *Comportamiento de las componentes de la biodiversidad de la finca "La Flora".*

Componente de la biodiversidad	Porcentaje
Productiva (BP)	16,4 % GC (1)
Auxiliar (BA)	14,0 % GC (1)
Funcional (BF)	9,0 % GC (1)
Introducida Funcional (BIF)	15,6 % GC (1)
Nociva (BN)	10,0 % GC (1)
Clasificación de la finca respecto al grado de complejidad de la biodiversidad	**Poco compleja** (13,0 %)

Como se observa, los diferentes componentes están en complejidad (simplificada), dado fundamentalmente a que el productor no tenía el pleno conocimiento de la importancia de implementar algunas buenas prácticas, las cuales se puntualizaran en el plan de acción, que se detallará más adelante.

Además, el productor esta insertado en varios proyectos de investigación, los cuales le van a proporcionar la capacitación necesaria para en un corto plazo mejorar los componentes de la biodiversidad y poder mejorar la Clasificación de la finca respecto al grado de complejidad de la biodiversidad, que en estos momentos fue poco compleja como se mencionó con anterioridad.

También influyó en la implementación de buenas prácticas la falta de insumos y materiales, sin embargo, ya el productor ha participado en algunos talleres de capacitación en el cual se le ha dado herramientas cognoscitivas de como emplear los insumos de su finca, ejemplo de ello fue un taller de reciclaje de nutrientes pues el productor puede hacer uso del estiércol de sus animales y los residuos de las cosechas para hacer abono o compost.

Estos resultados ratifican la importancia que posee la biodiversidad en el sistema productivo y la necesidad de integrar los diferentes componentes en el sistema, no solamente animal y vegetal, sino también el forestal, las ornamentales, y la biodiversidad auxiliar. La diversificación de cada práctica que se integra en el sistema, puede contribuir a una mayor diversidad genética y estructural de la biota productiva (Vázquez, 2013).

Además, es preciso tener en cuenta en la biodiversidad productiva la necesidad de considerar que todos los agroecosistemas son dinámicos y están sujetos a diferentes tipos de manejo; por tanto, los arreglos de cultivos en el tiempo y el espacio están cambiando continuamente, de acuerdo con los factores biológicos, socioeconómicos y ambientales. Y dichas variaciones en el paisaje determinan el grado de heterogeneidad característica de cada región agrícola, la que a la vez condiciona el tipo de biodiversidad presente (Morgado *et al.,* 2019).

Nicholls *et al*. (2015) valoraron que el éxito económico y agrícola en las fincas, con el uso de buenas prácticas, contribuye al mejor uso de los recursos naturales en relación con la pérdida de la biodiversidad, la degradación y la salinización de suelos, entre otros aspectos.

Este resultado posee un valor práctico considerable, ya que propicia una planificación para mejorar la finca "La Flora", hacia la sostenibilidad y ello va a influir en la capacidad de respuesta ante eventos extremos del clima como es el caso de las lluvias intensas, los ciclones tropicales y la sequía (Altieri, 2013; Vázquez, 2013).

Después de analizar el resultado anterior, se indicó el Plan de acción para incrementar la complejidad de la finca "La Flora".

Un plan de acción permite determinar por cada fase los recursos, los tiempos de entrega y la ejecución de las actividades. Al mismo tiempo, cada empleado se sentirá parte del proyecto si conoce lo que debe hacer. Globalmente, un plan de acción: Promueve la eficiencia de los procesos (Castro Arteaga, 2019). Además, define y refleja los objetivos de manera concreta. Establece indicadores de avance en función de los objetivos. Facilita el seguimiento y evaluación de los avances realizados. Marca los tiempos desde el comienzo hasta la consecución

A continuación, se refleja el plan de acción a corto (en menos de dos años) y mediano (entre tres y cinco años) para la mejora de la finca

Corto plazo:

- ✓ Rotación de cultivos,
- ✓ Asociación de cultivos,
- ✓ Producción de abonos orgánicos
- ✓ Empleo de fertilización orgánica,
- ✓ Uso de barreras vivas,
- ✓ Reciclaje del residuos de cosecha,
- ✓ Utilización de la diversidad de enemigos naturales,
- ✓ Aplicaciones de entomopatógenos y/o bioplaguicidas,
- ✓ Aplicación de biofertilizantes.

Mediano plazo:

- ✓ Fomento de áreas de sistema silvopastoril con acuartonamiento,
- ✓ Delimitación con cercas vivas, dentro y entre cuartones.
- ✓ Siembra de más diversidad de árboles frutales y maderables.

CONCLUSIONES

La complejidad de la finca fue de poco compleja, lo que proporciono realizar un plan de acción para que el productor en un tiempo de cinco años pueda revertir la situación de su finca hasta poder llevarla a la máxima escala (Altamente compleja).

BIBLIOGRAFÍA

Altieri, M.A. 2013. Construyendo resiliencia socio-ecológica en agroecosistemas: algunas consideraciones conceptuales y metodológicas. En Agroecología y resiliencia socioecológica: adaptándose al cambio climático (Nicholls CI, Ríos 64 LA, Altieri MA, eds). Proyecto REDAGRES. Medellín, Colombia. 94-104 pp.

Castro Arteaga, C., Colina Navarrete, E., García Vásquez, G, Santana Aragone, D. 2019. Análisis de la sustentabilidad de sistemas agrosilvopastoriles en fincas de la microcuenca del río Changuil, provincia del Bolívar. Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana. En línea: http://www.eumed.net/rev/oel/2019/07/analisis-sustentabilidad-agrosilvopastoriles.html.

Martínez-Valderrama, J., Ibáñez, J., Gartzia, R., Alcalá, F.J. 2021. Dinámica de Sistemas para comprender los procesos de desertificación. Ecosistemas, 30(3): 2191. http://doi.org/10.7818/ECOS.2191.

Morgado, Mirna, Pérez, G., Expósito, F. 2019. Diseño y manejo de la biodiversidad en dos fincas de la provincia de Ciego de Ávila. *Universidad & Ciencia*. 8 (número especial, XLI aniversario de la UNICA). ISSN: 2227-2690 RNPS: 2450. Disponible en: http://revistas.unica.cu/uciencia.

Nicholls, C., Henao, A., Altieri, M. 2015. Agroecología y el diseño de sistemas agrícolas resilientes al cambio climático. Revista Agroecología, 10 (1): 7-31.

Sarandón S. J., Bonicatto, M. M., Gargoloff, N. 2016. Rol de la agrobiodiversidad para un manejo sustentable y resiliente de los agrosistemas: importancia del componente cultural. Cuadernos de la Biored, Numero 1: 21-33. Biored Iberoamericana, CYTED, ISBN: 978-980-12-9281-4.

Turner, B.L., Menendez, H.M., Gates, R., Tedeschi, L.O., Atzori, A.S. 2016. System dynamics modeling for agricultural and natural resource management issues: Review of some past cases and forecasting future roles. Resources, 5(4):40. https://doi.org/10.3390/resources5040040.

Vargas-Batis, B., Candó-González, L., Pupo- Blanco Y.G., Rizo- Mustelier, M., Rodríguez- Suárez E.J., Bell-Mesa, T.D. 2017. Evaluación espacial y temporal de la flora existente en cuatro fincas suburbanas de Santiago de Cuba. *Revista científica Agroecosistemas*, 5 (2), 72-49.

Vázquez, L.L., Matienzo, Y., Alfonso J., Veitía, M., Paredes E., Fernández, E. 2012. Contribución al diseño agroecológico de sistemas de producción urbanos y suburbanos para favorecer procesos ecológicos. Revista Agricultura Orgánica (La Habana), 18 (3): 14-18.

Vázquez, L. L., Matienzo, Yaril. 2010. Metodología para la caracterización rápida de la diversidad biológica en las fincas como base para el manejo agroecológico de plagas. Ciudad de La Habana. INISAV.

Vázquez, L. L. 2013. Diagnóstico de la complejidad de los diseños y manejos de la biodiversidad en sistemas de producción agropecuaria en transición hacia la sostenibilidad y la resiliencia. *Agroecología* 8(1): 33-42.

BMA-34. Efecto del diluyo conservador en la motilidad espermática del semen de conejo

Effect of conservative dilution on sperm motility of rabbit semen

Z, López Abreu[1]; L, Interián[1]; Y Alcalá Febles [1]; Y García[2]; L E, Dihigo Cuttis[1] y D, Sosa [1].*

[1]Centro de Investigaciones para el Mejoramiento Animal de la Ganadería Tropical. (CIMAGT). Ave 101 No. 6214 entre 100 y 62. Reparto Loma de Tierra, Cotorro, La Habana, Cuba. CP 14000

[2]Instituto de Ciencia Animal (ICA), Carretera Central km 47 ½, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba. CP 32700

[*]**Correspondencia a:** zlopezabreu@gmail.com

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of extenders on sperm motility in rabbit semen. Fourteen ejaculates were processed, with extraction twice weekly using an artificial vagina. The heterospermic mixture was divided into four equal portions to which one of the extenders under study was added. Sperm motility percentages were determined using a water bath incubation test at 37°C at 30, 60, 120, and 180 minutes after the day of extraction. For the variables (mean and time), analysis of variance was performed using Duncan's multiple range test, using the SAS (Statistical Analysis System) version 9.3 of 2013 statistical package. Tukey's test was used to compare means. When comparing the effect of the media, a better behavior was observed for T 2 (4.10a), T3 (4.14a) and T4 (4.07a) with respect to T1 (3.92b). Regarding the incubation time, it can be observed that for 30 minutes (4.19a) and 60 minutes (4.13a) minutes, there were no significant differences in terms of sperm motility, but there was a deterioration from 120 minutes (3.99b) to 180 minutes (3.99b). The extenders under study can be used in artificial insemination up to 180 minutes and skim milk efficiently protects sperm quality.

Keyword: *technology, small livestock, artificial insemination, diluents*

Palabras clave: *tecnologías, ganado menor, inseminación artificial, diluyentes*

INTRODUCCIÓN

La dinámica de consumo de proteína en el mundo ha presentado diversos cambios en los últimos años, dando lugar a la cría y consumo de los productos cárnicos de especies alternativas como es el caso del conejo doméstico (Jaramillo et al., 2015), donde la producción de conejos se torna cada vez más importante. Según cifras oficiales de la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura), en el 2018, China ocupa el primer lugar en la producción de carne de conejo, seguido de Egipto, España y México. La cunicultura en estos países experimenta un amplio desarrollo, motivado fundamentalmente por la mejora de las tecnologías aplicadas a la reproducción, donde la evaluación del semen, los métodos de conservación del mismo y la inseminación artificial (IA), permiten obtener resultados de fertilidad similares a los de la monta natural (Hernández et al., 2012), principalmente con semen fresco o refrigerado (Sakr et al., 2019). Lo que permite a su vez una mejor organización del trabajo, mayor control reproductivo y el incremento de los niveles de producción de carne, (Cardozo et al., 2018).

En Cuba la aplicación y extensión de tecnologías reproductivas en esta especie se han limitado a trabajos experimentales. En este contexto, existen reportes preliminares del uso de la IA con semen fresco (Rodríguez *et al*., 1997) y refrigerado (Moya et al., 2003) en las instalaciones del CENPALAB y el Centro Genético "26 de julio" respectivamente.

El desarrollo de la cadena de valor de ganado menor, específicamente en el sector cunícola, incorporando elementos de ciencia e innovación, permite el desarrollo de productos cárnicos a partir de la carne de conejo, elevando la eficiencia de forma sostenible en materia socioeconómica, tecnológica y ambiental, en los sectores estatal y no estatal, que incluye el cooperativo y campesino y productor individual, aportando así al desarrollo local y a tono con la ley de Soberanía Alimentaria y Seguridad Alimentaria y Nutricional por la Asamblea Nacional del Poder Popular (2022).

En la actualidad, debido a la importancia económica que representa el desarrollo del ganado menor, se retoma la inseminación con el fin de lograr una mayor difusión del material genético de aquellos individuos de mayor mérito y aumentar la productividad en nuestros sistemas de producción (García-García et al., 2020). En este contexto las técnicas de reproducción asistida permiten incrementar la productividad porque permiten que los eventos reproductivos ocurran de manera eficiente con respecto a la reproducción convencional, se aprovecha el potencial biológico a un ritmo acelerado (Cho et al.,2020).

El éxito de la (IA) está estrechamente relacionada con la composición de los diluyentes (Wahjuningsih *et al*., 2019; Abdel-Aziz *et al*., 2019). Estos contienen compuestos similares que obedecen a principios básicos, válidos para todas las especies, no obstante, las características espermáticas de cada una de ellas obligan a los investigadores a optimizarlos acorde sus particularidades (Sharma and Sood, 2020).

El manejo de las tecnologías de dilución y conservación es uno de los factores que afecta la eficiencia en los programas de IA, incluso se ha observado que los factores relacionados a las temperaturas, concentraciones de solutos y composiciones químicas de los diluyentes, afectan la calidad de los espermatozoides y su sobrevivencia durante el proceso de conservación (Rizkallah, Chambers, de Graaf, and Rickard, 2022).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de los diluyentes en la motilidad espermática del semen de conejo en estado fresco.

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación se llevó a cabo en el Laboratorio de Tecnología del Semen del Centro de Investigaciones para el Mejoramiento Animal de la Ganadería Tropical (CIMAGT), ubicado en La Habana, Cuba.

Animales: Se utilizaron como donantes del esperma, cinco sementales cunícolas de las razas (Nueva Zelanda Blanco, California, Chinchilla, Semigigante y Pardo Cubano), con una edad de 8 meses y una fertilidad probada mediante el nacimiento de crías nacidas vivas. Los animales se encontraban ubicados en jaulas individuales y la alimentación mixta a base de concentrado y forrajes y el agua se suministró *ad libitum*.

Colecta y evaluación del semen: fueron procesado 70 eyaculados en 14 réplicas (muestras heterospérmica), la colecta se realizó dos veces por semana mediante vagina artificial atemperada a 45ºC, siempre en presencia de una hembra en esto. Inmediatamente después de la colecta, se retiró la fracción gelatinosa o tapón mucoso y se efectuó la valoración de los eyaculados. Para ello se determinó el volumen libre de gel (ml) mediante un colector graduado, la motilidad subjetiva (%) por valoración al microscopio electrónico marca OLYMPUS CX41 con aumento de 40x y la concentración espermática (10^6/ ml) mediante conteo en cámara de Newbauer.

Procesamiento el semen:

Los eyaculados clasificados como aptos para ser procesados (color blanco, volumen superior a 0.2 ml y más de 70% de motilidad) formaron parte de la muestra heterospérmica y se dividieron en cuatro porciones, a cada una se le añadió uno de los diluyentes en estudio: T1 y T2 compuesto por (cloruro de sodio, citrato de sodio y glucosa en diferentes concentraciones T3 (glucosa, lactosa, leche descremada y citrato de sodio) y el diluyente T4 (liofilizado sin proteína animal). Las muestras permanecieron en Baño María a 37°C para determinar porcentaje de motilidad (30 min, 60 min, 120 min y 180 min del día de la extracción.

Análisis estadístico: Para el análisis estadístico de las variables (medio y tiempo) se realizó un análisis de varianza mediante la prueba de rango múltiple de Duncan, utilizando el paquete estadístico SAS (*Statistical Analysis System*) versión 9. 3 del 2013. Los datos fueron transformados para su procesamiento y la comparación de las medias se utilizó la dócima de Tukey, modificado por (Kramer 1956).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al comparar el efecto de los medios se observó un mejor comportamiento para T 2, T3 y T4 con respecto al T1 (Tabla1). Donde se demuestra el efecto de la composición en la cinética espermática al proporcionar los nutrientes necesarios para el mantenimiento metabólico, lo cual hace que se reduzcan los cambios perjudiciales sobre los espermatozoides (Di Iorio *et al.,* 2014). En este contexto, la glucosa, es el sustrato por excelencia para brindar la energía necesaria para el metabolismo espermático, al ser una molécula de pequeño tamaño (monosacárido) Zakiya *et al.*, 2020). Su concentración no debe ser menor a 0,5%. Así mismo, un exceso de carbohidratos puede aumentar la osmolaridad por lo que no debe superar el 3% en la composición de los diluyentes Laskutoff et al., (2010).

Tabla1. *Efecto del medio en la motilidad espermática test de incubación*

Diluyente	Estimador		±EE
T1	3.92^{b}	(50.39)	0.02
T2	4.10^{a}	(60.10)	0.02
T3	4.14^{a}	(62.56)	0.02
T4	4.07^{a}	(58.51)	0.02

En cuanto al tiempo de incubación se puede observar que, para los 30 y 60 minutos, no hubo diferencias significativas en cuanto a la motilidad espermática, si se observa un deterioro de este indicador a partir de los 120 a180 minutos proceso relacionado con el propio metabolismo espermático. Resultados similares reportaron Roca *et al.,* (2000) durante la conservación del semen de conejo, donde en la medida que avanza el tiempo se observa un incremento progresivo en el porcentaje de espermatozoides dañados. Esta caída de la integridad espermática es un resultado esperable debido a que el metabolismo de los espermatozoides aumenta con el tiempo, dando inicio a una cascada de reacciones que provocan daños sobre la membrana (Tabla 2).

Tabla 2. *Efecto del tiempo sobre la motilidad espermática en el test de incubación*

Tiempo	Estimador		±EE
30	4.19[a]	(65.69)	0.02
60	4.13[a]	(62.00)	0.02
120	3.99[b]	(53.93)	0.02
180	3.99[b]	(50.46)	0.02

Los resultados anteriormente expuestos se pueden observar en la siguiente gráfica

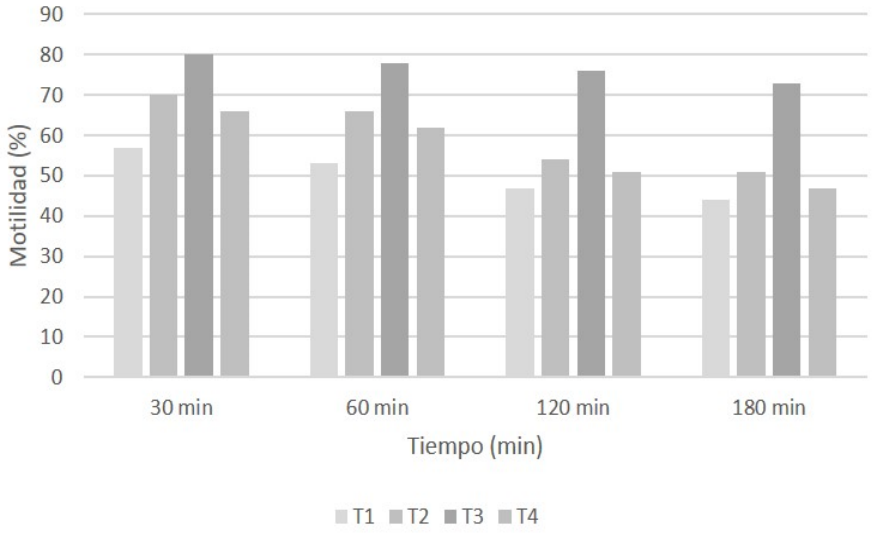


Gráfico 1. *Comportamiento de la motilidad espermática hasta los 180 minutos en el test de incubación en los diferentes medios.*

En nuestro estudio los valores de espermatozoides móviles coinciden con los hallados por Suárez *et al*. (2020), quienes compararon diluyentes compuestos tris-ácido cítrico y glucosa con respecto a diluyentes a base de leche descremada encontrando para este último, valores superiores de espermatozoides móviles y con membrana plasmática intacta y funcional, así como mayor número de embriones recuperados después de la inseminación. Por otra parte Carpio (2015), refieren que el efecto protector se le atribuye a las micelas de caseína y la lactosa presentes en la leche las cuales secuestran proteínas presentes en el plasma seminal (BSP) que tras la eyaculación inducen pérdida de colesterol y fosfolípidos de las membranas plasmáticas e impide la unión de las proteínas BSP a los espermatozoides, reduciendo de esta manera la pérdida de lípidos membranales y mantiene así la movilidad y viabilidad espermática durante el almacenamiento.

En este contexto (De la Vega, 2000), refiere que la leche además de contribuir con el componente proteico para el diluyente seminal, promueve el desdoblamiento de la lactosa a glucosa y galactosa, que los espermatozoides pueden utilizar como fuente energética de mayor disponibilidad.

CONCLUSIONES

Es factible el uso de los diluyentes en estudio para la inseminación artificial con semen fresco.

Los diluyentes compuestos por leche descremada protegen de manera más eficiente la calidad espermática.

BIBLIOGRAFÍA

Abdel-Aziz Swelum, M. S., Ba-Awadh, H., Al-Mutary, M., Moumen, A., Alowaimer, A., & Abdalla, H. 2019. Efficiency of commercial egg yolk-free and egg yolk-supplemented tris-based extenders for dromedary camel semen cryopreservation. Animals, 9(11), 999. https://doi.org/10.3390/ani9110999.

Asamblea Nacional del Poder Popular. 2022. Ley de Soberanía Alimentaria y Seguridad Alimentaria y Nutricional (Ley 148). Gaceta Oficial de la República de Cuba, Edición Ordinaria No. 77. https://www.gacetaoficial.gob.cu/es/ley-148-de-2022-de-asamblea-nacional-del-poder-popular [Links]

Cardozo, N. E. C., & Trujillo, F. L. V. 2018. Matarratón (Gliricidia sepium), Botón de oro (Tithonia diversifolia) y Morera (Morus alba) tres especies forrajeras usadas como alternativa en la alimentación de conejos: revisión sistémica y metanálisis. Documentos de Trabajo ECAPMA.

Carpio Chuchuca, S. 2015. Evaluación de dos diluyentes para la crio conservación de semen bovino: yemas de huevo vs leche descremada. Tesis para optar al título de Médico Veterinario Zootecnista. Universidad Politécnica Salesiana. Cuenca, Ecuador. p 56-64

Cho, M. H., Kim, S. H., Lee, D. K., Lee, M., & Lee, C. K. 2020. Progesterone receptor membrane component 1 (PGRMC1)-mediated progesterone effect on preimplantation development of in vitro produced porcine embryos. Theriogenology, 147, 39-49.

De la Vega, A. 2000. Procesamiento de semen caprino para inseminación artificial.Obtenido de Aiza: http://aiza.org.ar/doc/0005.pdf.

Di Iorio M, Manchisi A, Rocco M, Chrenek P, Iaffaldano N. 2014. Comparison of different extenders on the preservability of rabbit semen stored at 5°C for 72 hours. Ital J Anim Sci 13: 710–714. doi: 10.4081/ijas.2014.3444

FAO. 2018. FAOSTAT. En URL: http://www.fao.org/faostat/es. Fecha de consulta: junio de 2022.

García-García, R. M., Arias-Alvarez, M., Sanchez-Rodriguez, A., Lorenzo, P. L., & Rebollar, P. G. 2020. Role of nerve growth factor in the reproductive physiology of female rabbits: A review. Theriogenology.

Hernández P.J.E., Fernández R.F., Rodríguez S.J.L., Negrete R.M., Soto M.Y.G., García R.A.D. 2012.Effect of cryopreservation on viability and the acrosomal state of New Zeland rabbit (Oryctolagus cuniculus) semen. Revista Salud Animal, 34, 188-191.

Jaramillo Villanueva, J. L., Vargas López, S., Rodríguez, G., & de Dios, J. 2015. Preferencias de consumidores y disponibilidad a pagar por atributos de calidad en carne de conejo orgánico. Revista mexicana de ciencias pecuarias, 6(2), 221-232.

Kramer, C. Y. 1956. Extension of Multiple Range Tests to Group Means with Unequal Numbers of Replications. Biometrics 12:307-312

Laskutoff, N., Rohr, J., Lomneth, R., Wood, D., & Crichton, E. 2010. Semen extender composition and methods for manufacturating and using. Obtenido de U.S. Patent: https://patentimages.storage.googleapis.com/2a/71/c4/e158b29205dcba/US7674576.pdf

Moya, A, Castillo Rebeca, Milanés, C, Morales Ada 2003. Introducción de la tecnología de Inseminación Artificial en la Cunicultura Comercial Cubana. Segundo Congreso de Cunicultura de las Américas. Ciudad .Habana, Cuba, p 297-300.

Rizkallah, N., Chambers, C. G., de Graaf, S. P., & Rickard, J. P. 2022. Factors affecting the survival of ram spermatozoa during liquid storage and options for improvement. Animals, 12(3), 244. https://doi.org/10.3390/ani12030244.

Roca J, Martínez S, Vázquez J, Lucas X, Parrilla I, Martínez E. 2000. Viability and fertility of rabbit spermatozoa diluted in Tris-buffer extenders and stored at 15°C. Anim Reprod Sci 64: 103–112. doi: 10.1016/S0378-4320(00)00185-8

Sakr, O. G., Gad, A., Rodríguez, M., Rebollar, P. G., & Millán, P. 2019. Superoxide dismutase mimics improves semen quality during chilled preservation of rabbit spermatozoa. Livestock science, 221, 70-76.



SAS. 2013. Institute. SAS/STAT 9.3 User s¨ Guide: Statics, Version 9.3 ed. SAS Institute INC., Cary, NC, USA.

Sharma, A. and Sood, P., 2020. Caprine semen cryopreservation and the factors affecting it: An overview. Veterinary Sciences: Research and Reviews, 6(1), pp. 46-57. http://dx.doi.org/10.17582/journal.vsrr/2020/6.1.46.57

Suarez, C. 2020. Evaluación de diluyentes para la refrigeración de semen de conejo (oryctolagus cuniculus) y su efecto sobre la calidad y la fertilidad espermática. (tesis de doctorado, Universidad Nacional de Colombia). https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/78398/TESIS%20FINAL%20CAMILA%20SU%C3%81REZ%20.pdf?sequence=4&isAllowed=y

Wahjuningsih, S., Ciptadi, G. and Pridiawati, K., 2019. The effect of water clover (Marsilea crenata) extract addition in egg yolk and skim milk extender on frozen goat semen quality. IOP Conference Series. Earth and Environmental Science; Bristol Tomo 387, Nº 1. doi:10.1088/17551315/387/1/012103.

Zakiya, N.A.H., Yanti, A.H. and Setyawati, T.R.. 2020. Viability of Peranakan Etawah liquid semen preserved in tris substituted with various energy sources. The Indian Journal of Veterinary Sciences, 25(2), pp. 68-73. http://dx.doi.org/10.14334/jitv.v25i2.2026.

BMA-35. Ecografía ovárica en burras criollas mexicanas en época de transición reproductiva

Ovarian ultrasound in Mexican Creole Jennies during the reproductive transition season

García Flores EO[1]; Sánchez Torres Esqueda MT[2]; Cordero Mora JL[2]; Martínez Aispuro JA[2]; Martínez Martínez R[1]; Vicente Pérez R[1] García Ramírez EH[3]

[1]Departamento de Producción Agrícola Centro Universitario de la Costa Sur Universidad de Guadalajara Av. independencia Nacional 151 Autlán de Navarro, 48900 Jal. Méx.

[2]Programa de Ganadería Colegio de Posgraduados Carretera federal México-Texcoco km 36.5 Montecillo56264 Texcoco de Mora Edo. De Méx. Méx.

[3]Práctica privada. Alejandro Colunga 44 colonia Pintores 3 Autlán de Navarro, 48900 Jal. Méx.

SUMMARY

Equines exhibit reproductive seasonality, with a decrease in reproductive activity during the transition period. However, in the case of donkeys, there are no reports on ultrasound monitoring of follicular development in Mexican Creole donkeys during the reproductive transition period, the objective of this study. This research was conducted on the Las Palmas property, east of the city of Autlán de Navarro, Jalisco, Mexico. Seven Mexican Creole donkeys aged 4 to 8 years, weighing 148 ± 27 kg, measuring 110.71 ± 2.6 cm, and with a condition score of 3 on a scale of 1 to 5, were used. Rectal palpation ultrasound was performed twice weekly from September 9 to October 17, 2024. All seven donkeys studied showed follicular dynamics, growth of an ovulatory follicle, and the formation of a corpus luteum, representing 100% of the donkeys. The average size of the ovulatory follicles was 32.11 ± 2.49 mm, with a range of 28 to 36 mm. The estrous cycle in the donkeys averaged 23.5 days. The size of the ovulatory follicle and the length of the estrous cycle coincide with reports of cyclical donkeys, so it is concluded that donkeys do not decrease their reproductive activity during the reproductive transition period.

RESUMEN

Los equinos presentan estacionalidad reproductiva, con una disminución de la actividad reproductiva durante el período de transición. Sin embargo, en el caso de los burros, no existen reportes sobre monitoreo ecográfico del desarrollo folicular en burros criollos mexicanos durante el período de transición reproductiva, el cual es el objetivo de este estudio. Esta investigación se llevó a cabo en la finca Las Palmas, al este de la ciudad de Autlán de Navarro, Jalisco, México. Se utilizaron siete burros criollos mexicanos de 4 a 8 años, con un peso de 148 ± 27 kg, una altura de 110.71 ± 2.6 cm y una condición de 3 en una escala del 1 al 5. Se realizó ecografía rectal dos veces por semana del 9 de septiembre al 17 de octubre de 2024. Los siete burros estudiados mostraron dinámica folicular, crecimiento de un folículo ovulatorio y formación de un cuerpo lúteo, lo que representa el 100% de los burros. El tamaño promedio de los folículos ovulatorios fue de 32,11 ± 2,49 mm, con un rango de 28 a 36 mm. El ciclo estral en las burras tuvo una duración promedio de 23,5 días. El tamaño del folículo ovulatorio y la duración del ciclo estral coinciden con los reportes de burras cíclicas, por lo que se concluye que las burras no disminuyen su actividad reproductiva durante el período de transición reproductiva.

Palabras clave: *Burras, ecografía, folículos*

INTRODUCCIÓN

Los burros están ligados a muchas culturas antiguas en el mundo han servido como fuerza de trabajo, para el transporte de mercancías y personas, su domesticación se estima en unos 10,000 años. La llegada de los burros a México se da después de la conquista por los españoles en el siglo XVI, se les utilizó como fuerza de trabajo y se cruzaron con caballos para producir mulas, también se les ha relacionado con personas de escasos recursos que las han utilizado ampliamente en el medio rural para las actividades agrícolas y como medio de transporte. La población de burros en nuestro país no es muy clara, hay reportes de que los burros están en peligro de extinción con cifras de escasos trescientos mil ejemplares y otros reportes señalan que la cantidad supera los millones. Los equinos tienen un comportamiento reproductivo estacional, presentan sus ciclos estrales durante cierta época del año, por esto se les considera poliéstrícos estacionales. Dichos ciclos estrales se presentan durante los días más largos del año (primavera-verano) y hay ausencia de estros durante los días cortos (otoño invierno) con un periodo de transición hacia la ausencia o presencia de actividad reproductiva. Por lo anterior, los equinos son considerados como de "días largos" porque presentan la actividad reproductiva durante esta época del año, sobre todo en latitudes alrededor de los 40 grados de latitud norte o sur, donde las estaciones del año son evidentes y el largo del día y la noche durante el año puede tener una diferencia de 6 a 8 horas. Este comportamiento es evidente en las yeguas, animales de mayor interés económico, por lo tanto, mayormente estudiadas. A pesar de ser parientes cercanos, las burras tienen diferencias en cuanto a su



fisiología reproductiva y comportamiento, el ciclo estral es ligeramente más largo, el tamaño del folículo ovulatorio casi es tan grande como en las yeguas, pero depende de la talla. La estacionalidad reproductiva no es tan evidente como en yeguas, no todas disminuyen su actividad reproductiva, el tiempo de inactividad es menor que en yeguas y presentan diferencias durante el año en el largo del ciclo estral y el celo (Ginther et al., 1987) o la inactividad reproductiva puede ser debido a otros factores como la nutrición y disponibilidad de forraje que hace que disminuya o mejore la condición corporal dependiendo a la disponibilidad de forraje (Lemma et al., 2006). La fase de transición de actividad a inactividad reproductiva ocurre cuando las horas del día disminuyen y se caracteriza por días cuando los menes reproductiva, se presentan el desarrollo de folículos en diferentes fases de crecimiento y se presentan ciclos irregulares con folículos anovulatorios. En burras no está claro la ciclicidad reproductiva durante esta época de transición reproductiva del año. Por lo anterior, el objetivo de la presente investigación fue hacer un seguimiento ecográfico de la actividad ovárica en burras criollas en condiciones subtropicales.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se realizó en el predio Las Palmas al oriente de la ciudad de Autlán de Navarro, Jalisco, México, localizado a 19° 45´ 55´´ LN y 104° 19´55´´ LO. A una altitud de 890 msnm temperatura media anual de 23.5°C con intervalos de 9 a 30.5°C. El tipo de clima es cálido subhúmedo con lluvias en verano. Se utilizaron 7 burras criollas mexicanas (Figura 1) de edades de 4 a 8 años, se midió la altura a la cruz con una escuadra para medición de la altura en equinos y se determinó su peso y condición corporal en la escala de 1 a 5. Las burras se detectaron como no gestantes, se desparasitaron con ivermectina al 1 % y febendazol al 10 % por vía oral, el manejo de sanitario fue vacuna contra tétano e influenza equina de manera anual. La alimentación fue a base de pasto guinea (*Panicum maximum*) y herbáceas nativas en una parcela de 8 ha y agua limpia a libre acceso, se ofreció sales minerales a libre acceso. El manejo de las burras fue aprobado por el comité de ética y bienestar animal del Centro Universitario de la Costa Sur de la Universidad de Guadalajara. Se realizó ecografía por palpación rectal con un ecógrafo Mindray DP 10 Vet® con una sonda lineal rectal las ecografías se practicaron dos veces por semana, los martes y viernes del 9 de septiembre al 17 de octubre de 2024. Se cuantificaron los folículos de 5 a 15 mm como folículos pequeños, de 16 a 25 mm como folículos medianos y mayores a 25 mm como folículos grandes (Figura 2). Se determinó la presencia de cuerpo lúteo. Los datos se analizarán por medio de estadística descriptiva, se calcularon los promedios del tamaño del folículo ovulatorio y su desviación estándar, el largo del periodo inter- ovulatorio y su desviación estándar. Se utilizó el paquete de análisis estadístico SAS (2002). Se utilizó el procedimiento PROC MEANS.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las burras tuvieron un peso de 148 ±27 kg con una altura de 71 ± 2.6 cm, con una condición de 3 en la escala de 1 a 5, donde 1 es emaciada y 5 es obesa (Burden y Bell, 2019). La talla y peso de las burras corresponde a burras criollas de otras regiones de México, correspondientes a descendientes de los burros que trajeron los españoles a nuestro país hace cerca de quinientos años, por las condiciones de temporales de lluvias muy limitados, la disponibilidad de forraje es en una estación muy corta por lo que su alimentación o favorece el desarrollo de animales de talla alta. Las medidas zoométricas de las burras en estudio corresponden a un estudio de burros criollos en el Golfo de México (López-Yáñez et al., 2025), correspondiente al estado de Veracruz, el peso promedio fue de 147 ± 33.96 kg, una alzada de 112.6±5.63 cm y una condición corporal por encima ligeramente por encima de la media, pero en la escala de 1 a 9 (5.2±1.3). A pesar de haber coincidencias en medicas zoométricas del burro criollo mexicano en diferentes regiones, existe una variabilidad genética reportada en un estudio hecho con marcadores genéticos de tipo SNP (Domínguez-Viveros et al., 2022) lo que hace susceptible para hacer programas de selección y mejoramiento genético del burro criollo mexicano.

De las 7 burras en estudio, todas presentaron dinámica folicular, crecimiento de un folículo ovulatorio y la formación de un cuerpo lúteo dentro del periodo de estudio, lo que representa que el 100 % de las burras no mostraron inactividad reproductiva en época de transición. En burras se ha reportado disminución de la actividad reproductiva en la época de días cortos, cerca de un 40% de burras estudiadas, presentaron una disminución en la actividad ovárica (Ginther et. al., 1987). En contraste, hay reportes que señalan que las burras presentaron actividad reproductiva durante todo el año (Contri et al., 2014).

El tamaño promedio de los folículos ovulatorios fue de 32.11±2.49 mm con un rango de 28 a 36 mm. El tamaño de los folículos preovulatorios es ligeramente menor a otros estudios con 36.1 mm (Días-Duran et. al., 2017), sin embargo, el tamaño ovulatorio puede variar dependiendo de la época del año, Lemma et. al. (2006) reportaron un tamaño de folículo ovulatorio de 31.0±2.7 en época seca y 33.2±1.7 para la época de lluvias corta, resultado similar al presente estudio, sin embargo, en la época de lluvias corta el tamaño fue de 37.8 mm, lo que explica la diferencia del tamaño ovulatorio dependiendo de la época del año. Por otra parte, el tamaño ovulatorio está relacionado con la talla de la raza, las burras catalanas tienen un tamaño ovulatorio de 44.9 ±0.5 mm (Taberner et al., 2008) ya que se trata de burras de talla alta. Confirmando lo anterior, en otro estudio con burras de talla alta, el tamaño folicular ovulatorio fue de 41 a 45 mm dependiendo de la época del año (Contri et al., 2014).

El ciclo estral en las burras tuvo un promedio de 23.5 días, este resultado coincide (23.6 ± 0.9) con lo reportado por Díaz-Duran et. al., (2017) con burras mexicanas en un estudio realizado durante marzo a mayo, en estación reproductiva, lo que hace suponer que las burras en las condiciones de este estudio no tienen alteraciones en la actividad reproductiva en época de transición. En referencia al largo del ciclo estral se reportan diferencias por época

del año, en época del año seca y lluviosa larga el periodo interovulatorio fue de 27.3 y 26.6 d, ligeramente mayor a lo reportado en el presente estudio y en época de lluvias corta el intervalo fue de 23.8 de resultado coincidente con el presente estudio (Lemma et. al., 2006). En otro estudio, no se reportan diferencias en el largo del ciclo estral durante las diferentes épocas del año con un rango de 23.1 a 23.6 días.

CONCLUSIONES

Las burras en estudio corresponden a la talla y peso de burras criollas mexicanas, tuvieron desarrollo de folículos ovulatorios de tamaño acorde a su talla y raza, posteriormente desarrollaron cuerpo lúteo de vida media normal, con ciclos estrales con una duración a un ciclo estral de burras de talla chica. Las burras en estudio no disminuyeron su actividad reproductiva en época de transición reproductiva.

BIBLIOGRAFÍA

Burden FA, Bell N. Nutrición y desnutrición en burros. En: Divers TJ, Toribio RE (eds.). Pensilvania: Elsevier; 2019.

Contri A; Robbe D; Gloria A; De Amicics I; Veronesi MC. 2014. Effect of the season on some aspects of the estrous cycle in Martina Franca donkey. Theriogenology 84:657-661.

Díaz-Duran M, Zarco L; Boeta AM. 2017. Ovarian dynamics and estrous cycle lenght in the donkey (Equus asinus). Theriogenology. 105:1-8.

Domínguez-Viveros Joel, Rodríguez-Almeida Felipe Alonso, Alcalá David Alonso-, Barreda-Elizondo Carlos, Ramírez-Reyes Juan Manuel, Robles Efreen García- et al . Diversidad genética en burros criollos de México. Rev. investig. vet. Perú [Internet]. 2022 Jul [citado 2025 Jun 26] 33(4):e21943. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1609-91172022000400014&lng=es. Epub31-Ago-2022. http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v33i4.21943.

Ginther OJ; Scraba ST; and Bergfetl DR. 1987. Reproductive seasonality of the Jenney. Theriogenology 27(4):587-592.

Lemma A; Bekana M; Juergen S and Hildebrandt. 2006. Ultrasonographicstudy of ovarian activities of high and low sexual activity. Journal of equine veterinary science 26(1): 18-22.

López, C.L., Alonso, R. & de Aluja, A.S. Study of the Genetic Origin of the Mexican Creole Donkey *(Equus asinus)* by Means of the Analysis of the D-Loop Region of Mitochondrial DNA. *Trop Anim Health Prod* **37** (Suppl 1), 173–188 (2005). https://doi.org/10.1007/s11250-005-9001-6.

López-Yanez BA; Pinos-Rodríguez JM; Devezé-Murillo P; Vanoye-Larra F. 2025. Morfología, salud y uso del burro del Golfo de México. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias. 160 Supp. 4:11-26.

SAS (Statistical Analysis Sistem). 2002. SAS Proceeding Guide, Version 9.0 SAS Institute. Cary NC.USA.

Taberner E; Medrano A; Pena A; Rigna T; Miro J. 2008. Oestrus cycle characteristics and prediction of ovulation in catalanian jennies. Theriogenology. 70:1489-1497.

Vázquez-Díaz R; Ortega-Cerrila ME; Munoz-Cuatle A y Vera-Herrera IY. 2024. Origin, History and current situation of donkeys and mules in Mexico. Agorproductividad https://doi.org/10.32854/agrop.v17i2.2526.



BMA-36. Siboney de Cuba: Respuesta esperada a la selección para rasgos de producción, reproducción y longevidad.

A Hernández Rodríguez[1]; R E Ponce de León Senti[2]

[1,2]Instituto de Ciencia Animal, Apartado Postal 24, San José de Las Lajas, Mayabeque, Cuba.

[*]Correspondencia a: arelishdez74@gmail.com

RESUMEN

Se utilizaron los datos fenotípicos y genealógicos de 17 235 vacas Siboney de Cuba (5/8 Holstein 3/8 Cebú) con el propósito de estimar la respuesta esperada al índice de selección y a la selección individual para rasgos de producción, reproducción y longevidad. Mediante un modelo animal se estimaron los parámetros genéticos (heredabilidades (h^2) y correlaciones) y fenotípicos (desviación estándar fenotípica(σP) y valores genéticos (VG) para la producción de leche acumulada hasta los 305 días (L305), duración de la lactancia (DL), edad al primer parto (EP1), intervalo parto gestación (IPG), leche acumulada por vida (LTV) y vida productiva (VP). Se empleó el análisis de componentes principales para confeccionar los índices de selección e identificar las mayores respuestas genéticas para los rasgos incluidos, considerando el énfasis o ponderación (Coeficientes de puntuación estandarizados (SSC)). Para estimar la respuesta esperada a la selección para cada índice se utilizó el software MTINDEX. En el Siboney de Cuba L305 y DL están altamente relacionados con la CP1 (objetivo genético 1 (OG1)); mientras que el IPG, LTV y EP1 estuvieron más asociados con la CP2 (objetivo genético 2 (OG2). La mayor respuesta al índice de selección se obtuvo para el OG2, y de los rasgos incluidos en este el de mayor respuesta individual fue LTV. Se concluye que en el Siboney de Cuba es más eficiente utilizar un índice que considere como criterios de selección los rasgos LTV, EP1 e IPG.

Palabras clave: *bovinos lecheros, mejoramiento genético*

SUMMARY

Phenotypic and genealogical data from 17 235 Siboney de Cuba (5/8 Holstein 3/8 Zebu) cows were used to determine the expected response to the selection index and individual selection for production, reproduction and longevity traits. Using an animal model the genetic (heredability (h^2) and correlations) and phenotypic parameters (phenotypic standard deviation (σP)) and genetic values (VG) were estimated for cumulative milk production up to 305 days (L305), lactation length (DL), age at first calving (EP1), calving gestation interval (IPG), lifetime yield (LTV) and productive life (VP). Principal component analysis was used to créate selection índices ans identify the greatest genetic responses for the traits included considering the emphasis or weighting (standardized scoring coefficients (SSC)).to estimate the expected response to the selection for each index the MTINDEX software was used.In the Siboney de cuba L305 and DL are highly related to CP1 (genetic objetive 1 (OG1)); while IPG, LTV and EP1 were more associated with CP2 (genetic objetive 2 (OG2)). The greatest response to the selection indexwas obtained for OG2, and the traits included in this index, the one with the greatest individual response was LTV. It is concluded that in the Siboney de Cuba, it is more efficient to use an index that considers the traits LTV, EP1 and IPG as selection criteria.

Keywords: *dairy cattle, genetic improvement*

INTRODUCCIÓN

Las razas de ganado locales que contribuyen a los recursos zoogenéticos mundiales tienen una estructura única, y su diversidad genética debe conservarse para hacer frente a los cambios climáticos en el futuro (Bett et al., 2017).

La mayoría de los objetivos genéticos en el ganado lechero incluyen características de producción y varias funcionales (Mark, 2004; Miglior et al., 2005), pero la selección para incrementar la produccción de leche puede resultar en un deterioro de las características funcionales debido a que muchas características funcionales presentan una correlación genética desfavorable con las características de producción, y porque las características funcionales a menudo presentan menores heredabilidades y menores valores económicos que las de producción (Nielsen et al., 2006).

La longevidad es parte de los criterios o índices de selección recomendados o desarrollados en distintos países que combinan evaluaciones genéticas de características de producción, reproducción, funcionales, longevidad y conformación, con el fin de evaluar el mérito económico total de los animales con fines de selección. La diferencia principal entre los índices de selección de varios países (Miglior et al., 2005) fue en el énfasis relativo en la producción.

La longevidad es de gran importancia económica, pues combina muchos rasgos asociados con la permanencia del animal en el rebaño (Tsuruta et al., 2005). Las dos principales razones para mejorar la longevidad en ganado lechero son: 1) reducir los costos por reemplazos, ya que cuando las vacas permanecen mayor tiempo dentro del hato, se requiere un menor número de reemplazos; 2) incrementar el promedio de producción de leche del hato, al incrementar la proporción de vacas adultas, cuyos niveles de producción son mayores que en vacas más jóvenes (Strandberg y Solkner, 1996; Vollema, 1998). Además, la longevidad del ganado en el rebaño es una medida de su adaptación al

medio, por lo que al seleccionar los animales más longevos, estamos seleccionando aquellos más adaptados a los efectos adversos del cambio climático.

El objetivo del presente trabajo fue determinar la respuesta esperada al índice de selección y a la selección individual para rasgos de producción, reproducción y longevidad; así como proponer criterios de selección para optimizar el mérito global de la raza Siboney de Cuba.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción de los datos

Se utilizó la información de la producción lechera y la reproducción, que se registró en el Sistema de Control Pecuario (SISCOP), de las vacas Siboney de Cuba (5/8 Hostein 3/8 Cebú), que tuvieron sus partos entre los años 1984 al 2016. Estas vacas se ubicaron en tres ganaderías (Empresa Pecuaria Genética de Matanzas en la provincia de Matanzas, Los Naranjos en Mayabeque y Camilo Cienfuegos de Pinar del Río) de la región occidental de la República de Cuba.

Se utilizaron los registros de los animales vivos y también los de aquellos que habían causado baja. A partir del fichero de datos de la producción lechera (vivas + bajas) se obtuvieron los rasgos: Producción de leche acumulada hasta los 305 días (L305), duración de la lactancia (DL), y edad al primer parto (EP1). Mientras que, del fichero de datos de la reproducción (vivas + bajas) se calculó el intervalo parto gestación (IPG).

Del fichero de bajas de la producción lechera se calculó la leche acumulada por vida (LTV); así como el rasgo de longevidad denominado vida productiva (VP) determinada como los meses del primer al último parto.

Se consideró la combinación de rebaño-año-época de parto, como GC y se eliminaron aquellos grupos conformados por menos de 3 animales. Se determinaron dos épocas de parto: la lluviosa (de mayo a octubre) y la poco lluviosa (de noviembre a abril). El fichero de pedigrí quedo conformado por un total de 153 963 individuos. La información del pedigrí alcanzó hasta los abuelos, por la línea materna y por la paterna.

En la tabla 1 se muestra el número de observaciones utilizado en cada fichero de datos, la cantidad de animales (toros, vacas), el número de grupos de contemporáneos (GC), los años de parto (AP), las medias y desviaciones estándar para cada rasgo.

Tabla 1. *Número de observaciones (N), años de parto (AP), media y desviación estándar (DE) en rasgos de la producción de leche, la reproducción y la longevidad de vacas Siboney de Cuba.*

Rasgos	N	Vacas	Toros	GC	AP	Media	DE
L305 (kg)	47 567	17 235	348	3 292	1987-2016	1545.55	805.62
DL (días)	47 567	17 235	348	3 292	1987-2016	271.89	83.07
LTV (kg)	13 171	13 171	339	2 553	1984-2015	3894.70	3741.95
EP1(meses)	14 383	14 383	332	1 899	1987-2016	45.10	15.07
IPG (días)	47 032	14 118	313	3 915	1986-2016	232.51	170.70
VP (meses)	8 437	8 437	228	1 586	1984-2014	47.46	26.77

Para estimar las respuestas a la selección se necesita previamente estimar los parámetros genéticos (heredabilidades (h^2) y correlaciones) y fenotípicos (desviación estándar fenotípica(σP)). Así como identificar las mayores respuestas genéticas para los rasgos incluidos, para lo cual se considerará el énfasis o ponderación (Coeficientes de puntuación estandarizados (SSC)) obtenidos del análisis de componentes principales que permitirán establecer los objetivos genéticos (OG), dado que no se dispone de los datos precisos de pesos económicos relativos.

Para la estimación de parámetros y valores genéticos (VG) se empleó el programa ASREML (Gilmour et al., 2003) mediante un modelo animal unicarácter, cuyos efectos variaron de acuerdo a los rasgos estudiados. Para estimar las correlaciones genéticas y ambientales, se empleó un modelo animal multicarácter.

El modelo animal unicarácter usado fue: $y = Xb + Za + Wp + e$

Donde y:es el vector de las observaciones para los rasgos L305, DL, IPP, IPG; b: vector de efectos fijos que contienen el efecto de rebaño-año-época de parto y la edad al parto como covariable lineal y cuadrática, a: vector de efectos aleatorios del animal, p: vector del efecto del ambiente permanente de la vaca, X, Z y W son las matrices de diseño o de incidencia que relacionan a los efectos fijos, aleatorios y del ambiente permanente con los datos, respectivamente y e: vector de efectos residuales aleatorios.

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \\ y_4 \\ y_5 \\ y_6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & x_2 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & x_3 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & x_4 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & x_5 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & x_6 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ b_4 \\ b_5 \\ b_6 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} z_1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & z_2 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & z_3 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & z_4 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & z_5 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & z_6 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \\ a_5 \\ a_6 \end{bmatrix} + \begin{matrix} e_1 \\ e_2 \\ e_3 \\ e_4 \\ e_5 \\ e_6 \end{matrix}$$

Donde: yi = vector de las observaciones para el *i-ésimo* rasgo; bi = vector de los efectos fijos (rebaño-año-época de parto y la edad al parto como covariable lineal y cuadrática) para el *i- ésimo* rasgo; ai = vector de los efectos aleatorios del animal para el *i-ésimo* rasgo ei =vector de los efectos residuales aleatorios para el *i-ésimo* rasgo; xi y Zi = matrices de diseño que relacionan los datos con los efectos fijos y aleatorios, respectivamente.

Se utilizaron los VG estimados para cada uno de los rasgos, mediante el modelo animal unicarácter. Se importaron al paquete estadístico SAS (2013) versión 9.3 (SAS Institute, Cary, NC, USA) y posteriormente se unieron todos los ficheros dejando solo aquellas vacas que tuvieron información de los VG para todos los rasgos estudiados. El fichero final presentó un total de 6 425 vacas Siboney de Cuba.

Para confeccionar los índices de selección e identificar las mayores respuestas genéticas al índice y para los rasgos incluidos en este (selección individual), se empleó el análisis de componentes principales, dado que no se contaba con los datos precisos de pesos económicos relativos de ellos, se consideró el énfasis o ponderación (Coeficientes de puntuación estandarizados (SSC)) obtenido de este análisis.

Para el análisis de componentes principales se utilizó el paquete estadístico SPSS (2002) versión 11.5. Este análisis se realizó como una vía para condensar o resumir la información contenida en varias variables originales (en este caso los VG) en un conjunto más pequeño de nuevas dimensiones compuestas o variantes llamadas componentes principales, con una pérdida mínima de información, y para explorar las relaciones entre los VG obtenidos del análisis unicarácter VG_{L305}, VG_{DL}, VG_{LTV}, VG_{EP1}, VG_{IPG}, VG_{VP},) para explicar la estructura de los datos (Hair et al., 2009).

Al utilizar los VG estandarizados en este análisis, cada componente principal puede generar un nuevo valor denominado puntuación del componente principal, el cual es la suma de los VG estandarizados del peso de cada rasgo por su respectivo coeficiente de puntuación estandarizado (SSC). De esta forma, el componente principal puede ser usado como un índice para evaluar animales, para múltiples rasgos. Los coeficientes de puntuación estandarizados de cada VG en cada componente principal se obtuvieron utilizando la siguiente formula:

$$SSC_{ij} = \frac{\text{vector propio ij}}{\sqrt{valor\ propio}_j}$$

Donde: SSCij= Coeficientes de puntuación estandarizados de los VG de cada rasgo en el *j-ésimo*

componente principal

La puntuación del componente principal (índice) se calculó como: $CP_{jl}=\sum SSC_{ij}\ VG_{il}$

Donde: CP_{jl}= Puntuación del componente principal (puntuación del índice) para el *l-ésimo* animal en el *j-ésimo* componente principal; SSC_{ij}= Coeficientes de puntuación estandarizados de los VG del *i-ésimo* rasgo en el *j-ésimo* componente principal; VG_{il} = Valor genético estimado estandarizado del *i-ésimo* rasgo en el *l-ésimo* animal.

Para estimar la respuesta esperada a la selección para cada índice se utilizó el software MTINDEX (Van der Werf, 2007). Las respuestas a cada índice se obtuvieron de R = i * σI = i * rIH * σH, donde i es la intensidad de selección (se consideró igual a 1), σI es la desviación estándar del índice, rIH es la correlación entre el índice y el objetivo genético y σH es la desviación estándar del objetivo genético. La correlación entre el índice y el objetivo genético (rIH) fue dada por σI/σH. También se calculó la respuesta a la selección individual para cada rasgo estudiado. Se consideró la vía de selección de madres para obtener sementales, con un tamaño promedio de la progenie de 25 hijas por semental.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los estimados de las heredabilidades, correlaciones genéticas y fenotípicas en el Siboney de Cuba se presentan en la tabla 2.

Tabla 2. *Desviación estándar fenotípica(σP), heredabilidades (en la diagonal), correlaciones genéticas (sobre la diagonal) y fenotípicas (debajo de la diagonal) para diferentes rasgos en el Siboney de Cuba.*

Rasgos	σP	L305	DL	LTV	IPG	EP1
L305	805.62	0.16±0.01	0.36±0.01	0.14±0.01	-0.11±0.01	-0.01±0.01
DL	83.07	0.65±0.01	0.03±0.02	0 . 34 ± 0 . 02	0.14±0.01	0.24±0.01
LTV	3741.95	0.36±0.01	0.24±0.01	0 . 04 ± 0 . 01	-0.36±0.01	-0.42±0.01
IPG	170.70	0.07±0.01	0.17±0.01	-0.10±0.01	0.05±0.01	0 . 36 ± 0 . 02
EP1	15.07	0.01±0.01	0.02±0.01	-0.09±0.01	-0.03±0.01	0.44±0.03

Según Garcés y Vargas (1996) cuando se utiliza un índice para la selección de varias características, casi siempre las que se consideran no son de igual importancia económica, por lo que se necesita algún balance diferencial de acuerdo con el ingreso neto que se espera a partir de cada unidad de mejoramiento de cada rasgo. Debido a que las características incluidas en el índice no tienen la misma heredabilidad, no se puede esperar la misma intensidad de selección, ni el mismo mejoramiento proporcional de cada rasgo. Además de la existencia de interrelaciones fenotípicas y genéticas entre los rasgos, que pueden afectar el cambio en otros rasgos si se le da mucha importancia a uno relacionado con este, por ello dichas interrelaciones se deben considerar en forma apropiada.

Las correlaciones genéticas entre la leche acumulada hasta 305 días y la duración de la lactancia fueron moderadas por lo que la selección por producción de leche también mejorará, de alguna forma, la duración de la lactancia. Mientras que, la correlación genética de la leche acumulada hasta 305 días con el resto de los rasgos estudiados (LTV, EP1, IPG y VP) fue baja lo cual implica que estos rasgos cambiarán casi independientemente de la producción lechera.

Los resultados anteriores indican que las vacas con mayores producciones acumuladas hasta 305 días no fueron las más longevas; y en el caso de las vacas Siboney de Cuba tampoco fueron las que más produjeron durante toda su vida. En vacas Mambí de Cuba (Hernández et al., 2011) se apreciaron resultados similares con estimados negativos y bajos entre la leche producida en primera lactancia y la vida productiva (-0.16) y aquel entre la leche producida en primera lactancia y la leche acumulada por vida fue de 0.07.

El análisis de componentes principales mostró los tres primeros componentes principales (CP_1, CP_2 CP_3) fueron los que obtuvieron el criterio de Kaiser. De las 6 dimensiones originales (por ejemplo: VG_{L305}, VG_{DL}, VG_{LTV}, $VGEP_1$, VG_{IPG}, VG_{VP}), el 70.8 % de la varianza total de los valores genéticos fue explicada por los $CP_{1\text{-}3}$, siendo el CP_1 el de mayor aporte pues explicó el 32.4 % de la varianza total. Las correlaciones lineales entre los VG de los rasgos estudiados en las vacas Siboney de Cuba con cada componente principal (tabla 3) mostraron que los rasgos relacionados con la producción de leche y la duración de la lactancia están altamente relacionados con la CP_1 mientras que el IPG, LTV y EP1 estuvieron más asociados con la CP_2. La VP estuvo relacionada con la CP_3. Así el CP_1 pudiera ser interpretado como un índice genético relacionado a los rasgos de producción lechera y duración de la lactancia, mientras que el CP_2 pudiera ser un índice genético relacionado a la reproducción y la producción lechera por vida. En el caso del CP_3 sería mejor seleccionar los animales considerando solo su VG para VP, en vez de usar un índice, dado que las correlaciones de los VG del resto de los rasgos con esta componente fueron bajas.



Tabla 3. *Correlaciones lineales de los VG estandarizados con el componente principal 1 al 3 (CP1-3), en vacas Siboney de Cuba.*

	Componentes		
VG	**CP1**	**CP2**	**CP3**
VGL305	**0.867**	-0.100	0.004
VGDL	**0.881**	-0.005	-0.043
VGLTV	0.405	**0.586**	-0.320
VGIPG	0.448	**-0.654**	0.039
VGVP	0.083	-0.015	**0.917**
VGEP1	0.214	**0.686**	0.331

Los pesos de estos índices son coeficientes de puntuación estandarizados (SSC) para cada VG estandarizado en vacas Siboney de Cuba (tabla 4). El mayor de los valores absolutos del SSC es el de mayor importancia relativa de los VG estandarizados en el componente principal. Esta importancia es explicada por la mayor correlación lineal entre los rasgos con el componente principal (tabla 3).

Tabla 4. *Coeficientes de puntuación estandarizados (SSC) de cada VG estimado estandarizado para todos los rasgos en cada componente principal (CP1-3), en vacas Siboney de Cuba.*

VG	**Coeficientes de puntuación estandarizados**		
	SSC (CP1)	**SSC (CP2)**	**SSC (CP3)**
VG_{L305}	**0.446**	-0.080	0.004
VG_{DL}	**0.453**	-0.004	-0.041
VG_{LTV}	0.208	**0.469**	-0.303
VG_{IPG}	0.230	**-0.522**	0.037
VG_{VP}	0.043	-0.012	0.869
VG_{EP1}	0.110	**0.548**	0.313

Así, la puntuación del componente principal (valor del índice) para cada animal Siboney de Cuba, en cada componente principal, fue calculada como:

CP_1= 0.446 (VG_{L305}) + 0.453 (VG_{DL})

CP_2= 0.469 (VG_{LTV}) - 0.522 (VG_{IPG}) + 0.548 (VG_{EP1})

Las respuestas esperadas a cada índice de selección y a la selección individual se calcularon para aquellos rasgos que según los resultados del análisis de componentes principales debían ser incluidos en el índice de selección. Por consiguiente, en el Siboney de Cuba los dos objetivos genéticos (OG) propuestos fueron:

1) L305 + DL (OG1)
2) LTV+IPG + EP1 (OG2)

En la tabla 5 se aprecia para ambos objetivos genéticos, una alta correlación entre el índice de selección y el objetivo genético.

Tabla 5. *Desviación estándar del índice (σI) y el objetivo genético (σH), correlación entre el índice de selección y el objetivo genético (rIH), de acuerdo con el objetivo genético (OG), en el Siboney de Cuba.*

OG	σI	σH	rIH
1	4,811	6,09	**0,7906**
2	252,945	356,32	**0,7099**

La mayor respuesta al índice de selección (tabla 6) en el Siboney de Cuba se presentó para el OG2. De los rasgos incluidos en este objetivo genético (LTV, EP1 e IPG) el de mayor respuesta individual fue LTV, y los otros dos rasgos presentaron una respuesta individual negativa.

OG	Respuesta individual						Respuesta al índice
	L305 (kg)	**DL (días)**	**LTV (kg)**	**VP (meses)**	**EP1 (meses)**	**IPG (días)**	
1	9,62	1,15	-	-	-	-	4,811
2	-	-	**528,42**	-	-15,55	-5,47	**252,945**

CONCLUSIONES

En el Siboney de Cuba es más eficiente utilizar un índice que considere como criterios de selección los rasgos LTV, EP1 e IPG.

BIBLIOGRAFÍA

Bett, B., Kiunga, P., Gachohi, J., Sindato, C., Mbotha, D., Robinson, T., Lindahl, J., Grace, D 2017. Effects of climate change on the occurrence and distribution of livestock diseases. Prev Vet Med. 137, 119–129.

Garces, J. and Vargas, J. 1996. Confrontación de dos métodos de selección para carne y leche en un hato de ganado cruzado. Medellín. Trabajo de grado (Zootecnista). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias. 111 p. Gilmour, A. R., Gogel, B. J., Cullis, B. R., Welham, S. J. and Thompson, R. 2003. ASREML. UserGuide Release 1.10. https://www.vsni.co.uk/downloads/asreml/release1/doc/UserGuide.pdf

Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J. and Anderson, R. E. 2009. Multivariate data analysis. 7th Edition, Prentice Hall, Upper Saddle River, 761. https://www.pearson.com/us/higher-education/program/Hair-Multivariate-Data-Analysis-7th-Edition/PGM263675.html.

Hernández, A., Ponce de León, R., Gutiérrez, M., García, R., García, S. M., Mora, M. y Guzmán, G. 2011. Parámetros genéticos en rasgos de la producción lechera y la longevidad de vacas Mambí de Cuba. Arch. Zootec 60 (231), 513-520. ISSN online 1885-4494.

Mark, T. 2004. Applied genetic evaluations for production and functional traits in dairy cattle. J. Dairy Sci. 87, 2641–2652. Miglior, F., Muir, B. L. and Van Doormaal, B. J. 2005. Selection indices in Holstein cattle of various countries. J. Dairy Sci. 88, 1255–1263.

Nielsen, H. M., Christensen, L. G. and Ødegård, J. 2006. A Method to Define Breeding Goals for Sustainable Dairy Cattle Production. J. Dairy Sci. 89, 3615-3625.

SAS 2013 User's Guide Statistics. SAS Institute Inc, Cary, NC.USA.

SPSS Inc 2002 User's Guide. SPSS Inc., Chicago.



Strandberg, E., Solkner, J. 1996. Breeding for longevity and survival in dairy cattle. Proc. International Workshop on Genetic Improvement of Functional Traits in Cattle. Faculte Universitaire des Sciences Agronomiques. Cembleux, Belgium. pp 111-119.

Tsuruta, S., I. Misztal, and T. J. Lawlor. 2005. Changing definition of productive life in US Holsteins: Effect on genetic correlations. J. Dairy Sci. 88, 1156–1165.

Van der Werf, J. 2007. MTINDEX program. Accessed Nov 3, 2011. http://www-personal.une.edu.au/~jvanderw/software.htm. Vollema, A.R. 1998. Selection for longevity in dairy cattle. Doctoral thesis. Wageningen Agricultural University. Holanda. 155 pp.

BMA-37. Caracterización de la velocidad de crecimiento de la categoría Siboney de Cuba hasta los 12 meses de edad en la UEB "El Vapor"

Characterization of the growth rate of the Siboney category of Cuba up to 12 months of age in the UEB "El Vapor"

Y García Avila[1]; M Herrera Villafranca[1] y M Torres Martínez[1].*

[1]Instituto de Ciencia Animal, Carretera Central km 47½, Apto. Postal 24, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

[*]Correspondencia a: yaneilys@nauta.cu

ABSTRACT

The main objective of this study was to characterize the growth rate of the Cuban Siboney breed up to 12 months of age at the El Vapor Community Farm (UEB). Live weights were used to characterize growth rate. These were recorded at birth and at 4, 12, and 15-40 months of age. Pearson correlation coefficients were calculated. Scatter plots were created. Weight was used as the dependent variable and time as the independent variable. The Gompertz model was used to analyze the growth curve. Parameters were estimated using the MODEL procedures of SAS 9.3 software. The statistical criteria adjusted R2, error mean square, parameter significance, and the Durbin-Watson assumption was considered. The Gompertz model adequately represented the behavior of live weights (R2Aj = 0.96). The inflection point estimated by the Gompertz model was 4.7 months of age. The Pro-Vel-Ac program was used to estimate growth velocity. The velocity obtained with Pro-Vel-Ac was compared with that estimated by the Gompertz model up to 12 months of age. It was evident that the actual velocity behaved differently than that estimated with the traditional Gompertz model. It is concluded that the Gompertz model did not adequately describe the growth velocity of the Cuban Siboney breed up to 12 months; therefore, it is necessary to seek alternatives similar to those used to describe infant growth.

Keywords: *description, increase, weight, cattle breed.*

Palabras clave: *descripción, incremento, peso, raza bovina.*

INTRODUCCIÓN

La cuantificación del crecimiento en peso hasta una edad determinada bajo condiciones óptimas de manejo, alimentación, control sanitario y condiciones climáticas en las cuales se ha desarrollado una raza bovina constituye el patrón de crecimiento normal de la raza o grupo genético. Estos patrones de crecimiento pueden ser utilizados como referencia para determinar la eficiencia productiva de un grupo o grupos específicos de animales con respecto al patrón de la raza. También se pueden utilizar para determinar o predecir si un animal es excepcional o si es necesario adoptar medidas correctivas en la explotación (Castillo 2014).

En Cuba, la vaquería "El Vapor" se dedica a la cría de animales genéticos. En la actualidad cuenta con más de 600 cabezas de la categoría Siboney de Cuba, dentro de ellas se encuentran las hembras de reemplazo hasta los doce meses de edad. Esta categoría animal, es resistente a las condiciones climatológicas y su alimentación resulta más factible; teniendo en cuenta las limitaciones existentes en los diferentes ámbitos. Los esfuerzos de la UEB "El Vapor" están en alcanzar mejor eficiencia productiva para la entrega de animales de calidad que garanticen la producción de leche.

Predecir el comportamiento de la hembra de reemplazo Siboney hasta los doce meses de edad resulta importante para la toma de decisiones. En este sentido, contar con un modelo estadístico-matemático que permita describir la velocidad de crecimiento de la categoría Siboney de Cuba es de gran utilidad. Sin embargo, este procedimiento tiene como desventaja que una selección inadecuada del modelo matemático implica una incorrecta descripción de la velocidad y aceleración del fenómeno biológico en estudio. Otra desventaja es que, los modelos matemáticos más comunes para describir el crecimiento biológico tienen un solo máximo local, mientras que la velocidad del conjunto de datos puede tener más de uno e inclusive, puede tener mínimos locales.

Las tasas de crecimiento, desde los primeros meses de vida, guardan una estrecha relación con los sistemas de alimentación que se emplean. Manejar estas relaciones en el ganando en desarrollo, asegura el éxito de poder incorporar el animal a su objetivo productivo. Por ello, el objetivo del trabajo es caracterizar la velocidad de crecimiento de la hembra de reemplazo Siboney de Cuba hasta los 12 meses de edad en la UEB "El Vapor".



MATERIALES Y MÉTODOS

Se seleccionaron los datos de 260 animales pertenecientes a la vaquería "El Vapor" ubicada en el poblado de Floro Pérez de la empresa agroindustrial de granos de Gibara, provincia Holguín. La información fue recolectada a partir del 2015 y hasta el 2018. Las variables que se estudiaron fueron el peso vivo (PV), peso al nacimiento (PN) y el mes del destete (MD). Desde el nacimiento de los animales se realizaron registros en diferentes momentos de tiempo, a los 4, 12 y de 15-40 meses de edad. Para conocer el grado de asociación entre las variables se calculó el coeficiente de correlación de Pearson. Se realizaron diagramas de dispersión para observar la relación entre las variables el peso vivo y edad de los animales. Para el análisis de la curva de crecimiento se utilizó el modelo Gompertz (Lavrencic *et al.,* 1997); el cual se muestra en la tabla 1. Se utilizó como variable dependiente el peso y como variable independiente el tiempo. Los parámetros se estimaron con los procedimientos MODEL del Software SAS 9.3. Se consideraron los criterios estadísticos R^2 ajustados, Cuadrado Medio del Error (CME), significación de los parámetros y el cumplimiento de los supuestos básicos para los residuos Durbin Watson.

Tabla 1: *Modelo matemático empleado para describir el peso vivo.*

Modelo	Ecuación matemática
Gompertz	PV(t)= (b)*exp(-k*exp(-r*t))

Para la estimación de la velocidad, se empleó el programa Pro-Vel-Ac. Se comparó la velocidad obtenida con Pro-Vel-Ac con la estimada por el modelo de Gompertz hasta los 12 meses de edad. Para ello, fue necesario derivar la ecuación de Gompertz.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 2 se muestra el análisis de correlación de Pearson, se observó que la edad fue la variable que más influyó en el peso vivo del animal con un coeficiente de correlación de 0.93 (P=0.001). Por su parte, el mes de destete y el peso del nacimiento no tuvieron una influencia estadísticamente significativa, indicando que no tienen una relación lineal con el peso vivo del animal.

Tabla 2: *Correlación de Pearson para la variable PV (Kg).*

	PV (kg).	PN	MD	Edad
PV (kg).	1.00	0.87	0.99	0.00
PN	0.01	1.00	$9.5E^{-09}$	0.84
MD	$5.1E^{-04}$	-0.18	1.00	0.93
Edad	0.93	-0.01	$-3.0E^{-03}$	1.00

El diagrama de dispersión figura 1 mostró un comportamiento no lineal creciente con asíntota horizontal que tiende al peso vivo máximo, comportamiento que se puede describir con funciones de crecimiento clásicas como los modelos Logísticos y Gompertz. Según Alonso *et. al.*, (2019), a partir del modelo matemático se pueden realizar aproximaciones estocásticas que brindan mayor seguridad en la información, además, la modelación de los parámetros mejora los niveles de estimación. Similares argumentos informaron Fernández *et al.* (2001) y Ramírez (2007) y resultados afines al modelar crecimiento obtuvieron Guerra *et al.* (1993), Fernández (1996), Del Valle (2000) y Guerra (2003), quienes consideran el buen ajuste de los modelos no lineales para expresar la curva de crecimiento estándar de cualquier organismo vivo.

Los resultados de los criterios de ajuste del modelo Gompertz se muestra en la tabla 3. En este análisis se observó que el modelo representa de manera eficiente (R^2Aj=0.96) el comportamiento de los pesos vivos. Al respecto, Abreu *et al.* (2004) y Alonso (2014) encontraron ajustes en modelos no lineales durante la etapa de crecimiento-desarrollo con R^2 > 0.90. Todos los parámetros fueron estadísticamente significativos con P<0.0001. Además, el coeficiente de DW mostró que los residuos tuvieron un comportamiento adecuado.

Tabla 3: *Parámetro y criterios estadísticos estimados por el modelo de Gompertz.*

Parámetro o Criterio	EE y significación
r	0.15±0.002 P≤0.0001
k	2.02±0.02 P≤0.0001
B (asíntota)	306.32±1.8 P≤0.0001
MSE	344
R^2Aj	0.9628
Durbin Watson	2.94

En la figura 1 se observó que la curva de crecimiento biológico de los animales tiene un comportamiento no lineal. Según Ortega-Monsalve *et al.,* (2021) estas curvas pueden presentar varias fases: lag, aceleración, exponencial, desaceleración, asintótica y muerte. Por otra parte, (Rodríguez *et al.,* 2013) señalan para describir este comportamiento generalmente se utilizan modelos matemáticos sigmoidales que permiten resumir en parámetros el comportamiento observado. Sin embargo, el análisis de la velocidad y aceleración, a partir de los modelos, resulta una tarea más compleja para los investigadores.

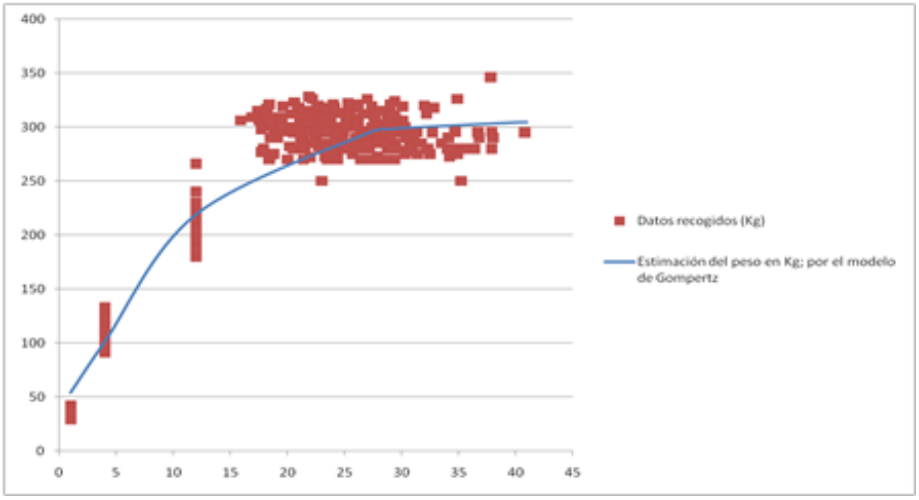


Figura 1. *Comportamiento del peso vivo (Kg) de la categoría Siboney de Cuba estimado por el modelo de Gompertz.*

También, se calculó el tiempo en que el modelo Gompertz estimó el punto de inflexión (igualando a cero la segunda derivada) resultando como se muestra a continuación (ecuación 1):

Gompertz, punto de inflexión en $t = \frac{\ln(k)}{r}$ (Ecuación 1)

El punto de inflexión estimado por el modelo de Gompertz fue a los 4.7 meses de edad, lo que significa que el animal alcanza su máxima velocidad de crecimiento a esa edad.

En la figura 2 se presenta la descripción de la velocidad de crecimiento de la categoría Siboney de Cuba en la UEB "El Vapor". Se tuvo en cuenta la gráfica de velocidad estimada por Pro-Vel-Ac y por el modelo de Gompertz. Se observó que no todos los animales alcanzaron la misma velocidad a los 4 meses de edad, lo cual es lógico teniendo en cuenta que cada uno va a expresar sus propias potencialidades de acuerdo con su desarrollo biológico. Con la ecuación de Gompertz se alcanzó a los 4.7 meses, coincidiendo con el punto de inflexión de la curva de Gompertz.

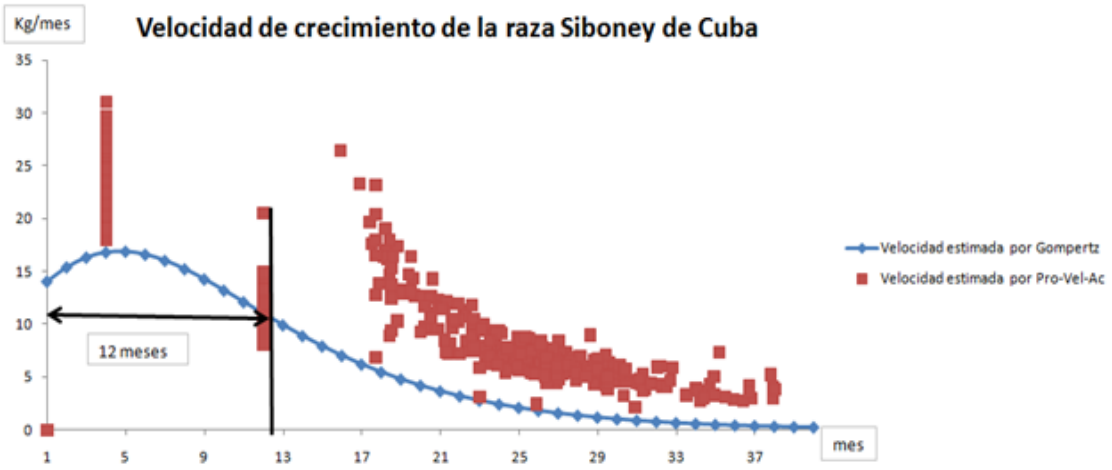


Figura 2: *Velocidad de crecimiento de la categoría Siboney de Cuba en la UEB "El Vapor".*

En esta misma figura se evidenció que la velocidad real presentó un comportamiento distinto al que se estimó con el modelo tradicional de Gompertz. La velocidad máxima que arrojó Gompertz fue inferior a la estimada con Pro-Vel-Ac. A los 12 meses ambas gráficas tuvieron resultados similares, pero a partir de este momento los resultados son contradictorios.

El comportamiento estimado por Pro-Vel-Ac es similar al observado por un estudio del crecimiento de la estatura de niños de Córdoba (Figura 3 a), pero en este caso en tiempos diferentes. En dicho trabajo se planteó que el crecimiento ocurre simultáneamente con el desarrollo puberal. Para la investigación se empleó el modelo de Preece-Baines, que, según Rosique Gracia (falta el año), se adapta al estudio del crecimiento en el período de la adolescencia y se ha utilizado para describir el crecimiento de la estatura media de muestras longitudinales y transversales. Por otro lado, Quispe Huanca (2015) realizó un estudio con llamas de la comunidad de Challacollo–Potosí, donde a los 5 meses, las llamas alcanzaron la velocidad máxima, pero a los 25 meses hubo una caída en la velocidad y a los 40 meses la velocidad de crecimiento tuvo un ligero aumento Figura 3 b. En ambas figuras a y b, luego de la velocidad máxima existió un ligero incremento de la velocidad de crecimiento.

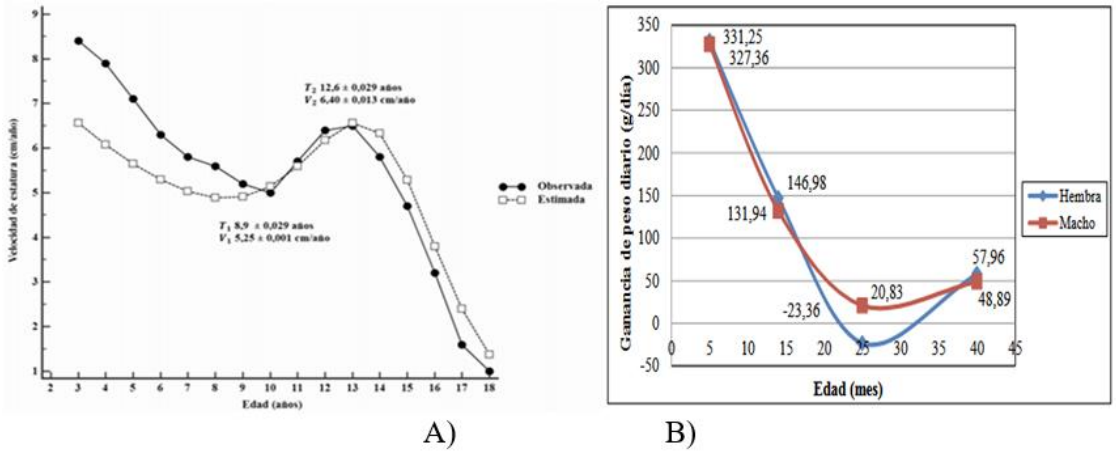


Figura 3: *a) Velocidad de crecimiento en niños de Córdoba. Argentina. Tomado de: Cuestas et al., 2020 y b) Ganancia de peso diario (g/día) según sexo y edad (meses) de llamas de la comunidad de Challacollo – Potosí, Bolivia. Tomado de: Quispe Huanca 2015.*

CONCLUSIONES

Se concluye, bajo las condiciones estudiadas, que los pesos vivos de las hembras de reemplazo Siboney de Cuba de la UEB "El Vapor presentaron altas correlaciones con la edad. Por otra parte, los animales alcanzaron una velocidad de crecimiento a edades tempranas, aunque no todos los animales con la misma velocidad. Los resultados de la ecuación de Gompertz coincidió con el punto de inflexión de la curva de dicho modelo hasta un momento y posteriormente los resultados fueron contradictorios. Se recomienda continuar con estos estudios ya que las diferencias existentes entre las velocidades de crecimiento observadas en la categoría Siboney de Cuba y las estimadas por los modelos tradicionales, pueden traer consigo que los modelos fallen en determinados intervalos y que los supuestos y criterios de bondad de ajuste no sean los adecuados.

BIBLIOGRAFÍA

Abreu, U. G., Cobuci, J. A., da Silva, M. V. G. B. & Sereno, J. R. B. 2004. Uso de modelos no lineales para el ajuste de la curva de crecimiento de bovinos Pantaneiros. Archivos de Zootecnia, 53, pp. 204.

Alonso, A.C., Cruz, E. D. R., & Odio, M. B. 2019. Comportamiento del crecimiento-desarrollo de terneras Siboney de Cuba, alimentadas con raciones integrales hasta destete. Avances, 21(1), pp. 3-21.

Alonso, A. C., Chongo, B., Zamora, A., Torres, V., Noda, A. C., & Acosta, F. 2014. Curvas de crecimiento de hembras en desarrollo Siboney de Cuba, hasta 18 meses de edad. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, 48(3), pp. 227-234.

Castillo, JL. 2014. Evaluación de la curva de crecimiento en terneros menos de un ano de la raza criolla Reyna en la finca Santa Rosa Managua. Tesis doctoral. Universidad Nacional Agraria.

Cuestas, M.E., Cieri, M. E., Ruiz, M.M., Cuestas, E. 2020. Estudio del crecimiento de la estatura en una muestra de niños, niñas y adolescentes sanos de Córdoba, Argentina. Rev Chil Pediatria. 91(5), pp.741-748.DOI: 10.32641/rchped.vi91i5.2066

Fernández, L. 2004. Modelos estadísticos-matemáticos en el análisis de la curva de lactancia y factores que la afectan en el genotipo Siboney de Cuba. Tesis de Doctor en Ciencias Veterinarias, pp. 113

Guerra, C. W., Cabrera, A. & Fernández, L. 2003. Criterios para la selección de modelos estadísticos en la investigación científica. Revista Cubana de Ciencias Agrícolas. 37(1), pp. 3-10.

Ortega-Monsalve, M., Velázquez-Henao, A.M., Ortiz Acevedo, A., Galeano-Vasco, L.F., & Medina-Sierra, M. 2021. Ajuste a un modelo matemático, comparación de las curvas de crecimiento y características morfológicas de cuatro *Urochloas* de una colección in vivo establecida en Antioquia, Colombia. Revista de investigaciones veterinarias del Perú, 32, pp.5.

Quispe Huanca, J. L. 2015. Caracterización de la ganancia de peso corporal y zoométrica de llamas q'ara desde el nacimiento hasta la madurez en la comunidad de Challacollo, Potosí-Bolivia. Revista Científica de Investigación INFO-INIAF, 1, pp. 30.

Rodríguez, R., Lores, J., Gutiérrez, D., Ramírez, A., Gómez, S., Elías, A., Aldana, A.I., Moreira, O., Sarduy, L. & Jay, O. 2013. Inclusion of the microbial additive *Vitafert* in the *in vitro* ruminal fermentation of a goat diet. Cuban Journal of Agricultural Science. 47(2), pp. 171-178, ISSN: 2079-3480.

Rosique Gracia J, Gordón Ramos P, Rebato Ochoa E. 2001. Estudio auxológico de muestras contemporáneas e históricas de la población madrileña: aplicación del modelo 1 de Preece-Baines. An Esp. Pediatr; 54, pp. 468-76.



BMA-38. Contribución al conocimiento en la mejora genética de búfalos en Cuba

Contribution to the knowledge in the genetic improvement of buffalos in Cuba

Y García Orta[1]; L.M. Fraga[1]; D. M. Cino Nodarse; A Hernández Rodríguez[1]; L.l Aguiar y Caballero[1]*.

[1]Instituto de Ciencia Animal (ICA), San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba. Dirección postal 32700.

[*]Correspondencia a: yennygorta77@gmail.com

RESUMEN

La mejora genética es importante en la actividad ganadera. En las evaluaciones genéticas bubalinas nacionales no se aplican metodologías precisas, no existen estimados de parámetros genéticos para el comportamiento y no se realiza la selección mediante índices. Evaluar genéticamente la producción lechera, la reproducción y el crecimiento de *Buffalypsos* mestizos. Confeccionar índices de selección. Se estimaron los parámetros genéticos en *Buffalypsos* mestizos mediante el BLUP modelo animal y regresión aleatoria. Se confeccionó el índice de selección mediante componentes principales. Se estudió el crecimiento de los futuros sementales, la consanguinidad, evaluación genética y selección mediante metodologías precisas. Se encontró que la heredabilidad para los indicadores lecheros y reproductivos fueron bajas y medias; las mayores para producción de leche ajustada 244 días de lactancia (PL244), su persistencia (P2:1), producción de leche en el tercer control (PDC3) y edad al primer parto (EPP). Las correlaciones genéticas entre rasgos lecheros fueron positivas y moderadas, entre rasgos reproductivos bajos y moderados y aquellas entre todas bajas. Se confeccionó el índice de selección de búfala (IBPR) que incorporó (P2:1), (PDC3) y (EPP) porque presentaron las mayores varianzas genéticas. No se observó peligros de consanguinidad. Se obtuvo el índice del Mérito Económico Individual con los Valores Económicos Relativos para seleccionar los futuros sementales. La (P2:1), (PDC3) y (EPP) son criterios de selección según las heredabilidades estimadas. Las correlaciones genéticas estimadas posibilitaron la elección de los criterios. El IBRP se puede utilizar para la selección. El índice del MEI se recomienda para seleccionar los futuros sementales.

Palabras clave: *mejora genética; comportamiento productivo, búfalo*

ABSTRACT

The genetic improvement is important in the cattle activity. In the evaluations genetic national of buffaloes precise methodologies are not applied, they don't exist dear of genetic parameters for the behavior and is not carried out the selection by means of indexes. To evaluate genetically of production milking, the reproduction and the growth of *Buffalypsos* crossbred. To make selection indexes. The genetic parameters estimators in *Buffalypsos* crossbred using an Animal Model BLUP and aleatory regression and the selection index by principal components. The growth of the future sires, the consanguinity, genetic evaluation and selection by means of precise methodologies was studied. It was found that the heritability for the productive milking and reproductive traits they were low and medium; the bigger for production of milk adjusted 244 days of lactation (MP244), their persistence (P2:1), production of milk in the third control (TD3) and age at first calving (A1C). The genetic correlations among production milking trait were positive and moderate, among reproductive trait low and moderate and those among all low. The selection index the buffalo cow of the Productive and reproductive that it incorporated the (P2:1), (TD3) and (A1C) because they presented the biggest genetic variances. It was not observed dangers of consanguinity. The index of the Merit Economic was obtained with the Values Economic Relatives to select the future sires. The P2:1, TD3 and (A1C) is selection approaches according to the heritability estimated. The dear genetic correlations facilitated the election of the approaches.

Keywords: *improves genetics; productive behavior, buffalo*

INTRODUCCIÓN

La especie bubalina es una alternativa para la producción de leche y carne (Gutiérrez 2022). Por sus bondades se considera resiliente, eficiente, sustentable y rentable. La mejora genética tiene un rol importante en el ámbito de la producción ganadera para obtener resultados productivos superiores (ANASB 2023). En este sentido, se argumentó que, tener en cuenta las heredabilidades de los rasgos a seleccionar y las correlaciones genéticas entre ellos, maximiza la respuesta esperada y la elección de los criterios que se utilizarán. Así mismo, las evaluaciones genéticas permiten identificar a los animales con mayor potencial genético para el desarrollo de programas de mejoramiento genético que conduzcan a la selección de los mejores individuos, lo que conlleva al aumento de los rendimientos en la producción.

En la actualización de la política genética nacional, que acompaña los cambios económicos, se propone realizar la evaluación genética con mayor precisión. Indispensable para el desarrollo bubalino y su aporte a la seguridad alimentaria. En las evaluaciones genéticas bubalinas en Cuba no se aplican metodologías precisas con genealogía, no existen estimados de parámetros genéticos para rasgos del comportamiento lechero y reproductivo y de la consanguinidad de los animales en prueba de comportamiento. No se realiza la selección de los animales mediante

índices que los combinen con valores económicos. Por lo que el objetivo fue evaluar genéticamente *Buffalypsos* mestizos para rasgos de la producción lechera, la reproducción y el crecimiento. Confeccionar índices de selección para aportar al Programa de Mejoramiento Bubalino Nacional.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los estudios se realizaron con búfalos mestizos (*Buffalypso* x *Carabao*) de las Empresas Pecuarias Genéticas: "El Cangre", "Los Naranjos" y "Matanzas". Las cuales forman parte del Programa de Mejoramiento de los Búfalos en Cuba. Para la evaluación genética del comportamiento, la confección de índices de selección de las madres de sementales y sementales, así como la estimación de la consanguinidad. En sus análisis se utilizaron los datos provenientes del sistema nacional de información productiva. Las bases de datos editadas son:

I: producción de leche en el día de control (PDC, kg) con 58 917 observaciones, producción de leche ajustada 244 días de lactancia (PL244, kg), duración de lactancia (DLAC, días) y persistencia de la lactancia ($P_{2:1}$, %) con 8 371 observaciones. Correspondientes a 3 700 búfalas pertenecientes a 60 rebaños, cuyos números de lactancia fueron desde la primera hasta la número 15. Los años de partos que se analizaron fueron desde 2000-2020.

II: intervalo parto-parto (IPP, días) con 6 535, edad al primer parto (EPP, meses) con 3 300 y período seco (Pseco, días) con 6 535

III: pedigrí de los animales, la matriz de parentesco de 7 419 animales; incluyó hasta los abuelos, por la línea materna y por la paterna.

IV: los valores genéticos (VG) estimados para cada uno de los rasgos. El fichero final presentó un total de 3 300 búfalas.

IV: los valores genéticos (VG) estimados para cada uno de los rasgos con 3 300 búfalas.

V: constituida por 240 de búfalos que finalizaron la prueba en un período de 6 años (2012-2017) con una genealogía de 35 padres y 215 madres

VI: constituida por 435 búfalos en el período de entrada a PC desde 2011 a 2020.

Estimación de heredabilidades, correlaciones genéticas y valores genéticos para el comportamiento productivo lechero y reproductivo y confección del índice de selección.

Para la estimación de los componentes de varianza para los diferentes rasgos se utilizó el método de máxima verosimilitud restringida, a través de un modelo animal, en análisis multirasgo desarrollado dentro del WOMBAT (Meyer 2006). En el caso de las PDC con un modelo de regresión aleatoria.

Se confeccionó el índice de selección de las madres de sementales mediante análisis de componentes principales (ACP), a través del paquete estadístico SPSS (2002) versión 11.5. Para lo cual, se utilizaron los VG estimados para cada uno de los rasgos, que se informaron en los estudios anteriores. De acuerdo a las diferencias en las unidades de medida, los VG para todos los rasgos se estandarizaron con el uso de la distribución normal estándar ('z'). Se utilizó el criterio de Kaiser (1960) para seleccionar el componente principal que explica la mayor variación genética de los datos. Este criterio toma en consideración solo aquellos CP con valores propios por encima de la unidad. El valor propio de un componente principal está asociado con la varianza de todos los rasgos incluidos en el componente principal. Cada valor propio está asociado con un vector unitario, que se conoce como vector propio (Rencher 2002).

Evaluación genética de búfalos machos en pruebas de comportamiento mediante método de índices a partir de los componentes.

En las evaluaciones genéticas del crecimiento se obtuvieron los IS mediante componentes principales y Mérito Económico Individual; en las que se utilizó el cálculo de los Valores Económicos Relativos. Se estimaron los valores genéticos (VG) con su precisión y los índices de selección de cada animal a través de un modelo bicarácter desarrollado en IML que consideró la genealogía. El programa bicarácter y el del índice fueron compilados expresamente para este estudio.

Análisis económico

Los Beneficios se calcularon a partir de un balance de los gastos e ingresos promedios anuales de la empresa durante el periodo de 8 años evaluados en cuyo caso se efectuaron dos análisis con los precios de venta del producto final, en este caso de los toretes probados, del peso vivo de los animales, pues se consideró pudiera existir una fluctuación de estos (11.20 y 6.40 CUP/ Kg de peso vivo de búfalo). A partir de los Beneficios se calcularon los Méritos Económicos Individuales considerando que los Beneficios representaron el 52.50 ó 38.14% del Valor de Producción en dependencia del precio del kg de peso vivo empleado, que en el presente estudio se denomina Mérito Económico Individual (MEI).



En el estudio de las consideraciones económicas para decidir sobre los precios de toretes búfalos en pruebas de comportamiento de acuerdo a su Mérito Económico Individual, el fichero base se enriqueció con los valores genéticos, los índices de selección individuales calculados a partir de los parámetros estimados y los beneficios económicos individuales respectivamente.

Para estudiar las ttendencias de algunos indicadores en 10 años de pruebas de comportamiento se analizaron el peso al destete a 8 meses (PD), peso final ajustado a 20 meses de la prueba de comportamiento (PF), ganancia en peso vivo desde el inicio al final de la PC (GDP), peso por edad al final de la PC (PPE), edad a inicio de la prueba (EI), edad al final de la PC (EF) y duración de la PC (Dur). Se utilizó un modelo mixto para las estimaciones del SAS (2013) con el Proc GLIMMIX.

Se estudió con el programa ENDOG v4.8 [6] para conocer la consanguinidad.

RESULTADOS

En la población, la media de la PL244 fue de 923.61 kg y para la DLAC de 240.30 días, referido a la $P_{2:1}$ se observó que el el 81.05 % de la leche se produjo durante los primeros 200 días de lactancia. El estimado de h^2 para la PL244 días de lactancia fue de 0.17 ± 0.06 (tabla 1). Con relación a la DLAC se muestra la h^2 baja de 0.13 ± 0.08.

Tabla 1. *Parámetros genéticos de la producción de leche acumulada hasta 244 días, duración y persistencia de la lactancia.*

Rasgos	PL244 (EE)	DLAC (EE)	$P_{2:1}$ (EE±)
PL244	0.17 ± 0.06	0.63	0.38
DLAC	0.57	0.13 ± 0.08	0.50
$P_{2:1}$	0.35	0.50	0.21 ± 0.04

PL244 (producción de leche acumulada hasta 244 días), DLAC (duración y persistencia de la lactancia) y $P_{2:1}$ (persistencia de la lactancia). Estimados de heredabilidad (diagonal), correlaciones genéticas (encima de la diagonal) y fenotípicas (debajo de la diagonal) para los rasgos productivos estudiados.

En el caso de la $P_{2:1}$, el estimado fue medio de 0.21 ± 0.04 (tabla 1). La correlación genética (r_g) entre la PL244 días de lactancia y la DLAC fue de 0.63 ± 0.03 (tabla 1), se consideró moderada y positiva; lo que indicó que un aumento en la primera característica también puede repercutir positivamente períodos de lactancia más extensos. La r_g entre la $P_{2:1}$ con la PL244 días de lactancia y la DLAC fue de 0.38 ± 0.04 y 0.50 ± 0.06, respectivamente.

Las PDC tuvieron un rango entre 4.06 kg para el primer pesaje y 2.27 kg en el octavo. Se alcanzó la mayor producción en el segundo control con 4.21 kg. Los coeficientes de variación mostraron variabilidad entre 27.45 % a 46.90 % y en la etapa final de la lactancia se incrementaron.

Las varianzas genéticas aditiva y de ambiente permanente estimadas fueron mayores al inicio de la lactancia y disminuyeron paulatinamente hasta el final de la misma (tabla 2). Los estimados de h^2 obtenidos para las PDC, que variaron de 0.07 ± 0.25 a 0.21 ± (0.03), se consideran estimados que variaron de bajos a medios. El mayor fue para la producción de leche en el tercer control (PDC3) de 0.21, se considera una h^2 media; por lo que se obtendrían ganancias genéticas al seleccionar para este rasgo.

Tabla 2. *Estimados de varianza genética aditiva, de ambiente permanente, fenotípicas, residuales y heredabilidades para las PDC mediante un MRA.*

Rasgo	σ^2a	σ^2ap	σ^2p	σ^2e	h^2(EE±)
PDC1	0.119	0.081	1.204	0.923	0.17(0.09)
PDC2	0.171	0.105	1.079	0.804	0.16(0.07)
PDC3	0.220	0.061	1.057	0.791	0.21(0.03)

PDC4	0.122	0.081	1.201	0.420	0.18(0.05)
PDC5	0.173	0.405	1.079	0.800	0.16(0.07)
PDC6	0.168	0.065	1.881	0.948	0.14(0.10)
PDC7	0.133	0.208	1.306	0.965	0.10(0.16)
PDC8	0.079	0.272	1.198	0.847	0.07(0.19)

Varianza genética aditiva (σ^2a), de ambiente permanente (σ^2ap), fenotípicas (σ^2p), residuales (σ^2e) y heredabilidades (h^2)

Las r_g entre las PDC mostraron que entre semanas adyacentes fueron superiores a 0.90 y disminuyeron su valor a medida que aumentó la distancia entre los diferentes controles. En cuanto a las r_f entre el VG de las diferentes PDC y el VGPL244 fueron altas y positivas (0.80 a 0.98). La correlación entre el VGPl244 y VGPDC3 fue de 0.98; este resultado sugiere que, se obtendrían ganancias genéticas para PL244 al seleccionar para la PDC3.

Los indicadores reproductivos estudiados y sus estadígrafos se observan en la tabla 3 para búfalas mestizas. Los estimados de h^2 para IPP fue de 0.05 ± 0.03, la EPP de 0.15 ± 0.02 y el Pseco de 0.07 ± 0.01. La mayor estimación en esta investigación se observó para la EPP, aunque fue un valor bajo.

Tabla 3. *Valores promedio, desviación estándar de las características productivas y coeficiente de variación de las características evaluadas: IPP, EPP y Pseco.*

Rasgos	Medias	DE	CV
IPP, días	445	102	22
EPP, meses	38	4.34	11
Pseco, días	165	60	30

IPP (intervalo parto parto, EPP (edad al primer parto), PS (período de servicio) y Pseco (período seco)

Las correlaciones genéticas entre las características estudiadas se muestran en la tabla 4. Las r_g entre el IPP y la EPP fue de 0.42 ± 0.02. También, la r_g entre la EPP con el Pseco fue negativa y no significativa (-0.00 ± 0.03); por lo que la selección para un rasgo no ejerce influencia sobre el otro en ambos casos. Además, entre el PSeco con el IPP de -0.36 ± 0.10, por lo cual cambios en el PSeco provocarían variaciones en el otro rasgo en diferente sentido y magnitud. Las r_g observadas se deben tener en cuenta en el momento de la selección, debido a que la selección para una característica afecta de forma negativa la otra.

Tabla 4. *Correlaciones genéticas (debajo de la diagonal) y correlaciones fenotípicas (encima de la diagonal) de las características reproductivas estudiadas.*

Rasgos	IPP	EPP	Pseco
IPP	1	0.61	-0.32
EPP	0.42	1	-0.13
Pseco	-0.36	-0.00	-0.42

IPP (intervalo parto parto, EPP (edad al primer parto) y Pseco (período seco)



Los estimados de r_g entre los rasgos del comportamiento productivo y reproductivo se presentan en la tabla 5. Se observaron que entre todos los rasgos fueron bajas, los mayores y negativas fueron entre EPP con PL244 y PDC3. El Pseco se correlacionó negativamente con todos los rasgos; aunque con estimados bajos.

Tabla 5. *Correlaciones genéticas entre rasgos del comportamiento productivo y reproductivo en búfalas mestizas.*

Rasgo	IPP	EPP	Pseco
PL244	-0.11	-0.26	-0.05
DLAC	0.06	0.07	-0.12
$P_{2:1}$	0.04	0.12	-0.04
PDC3	0.05	-0.21	-0.03

PL244 (producción de leche acumulada hasta 244 días), DLAC (duración y persistencia de la lactancia) y $P_{2:1}$ (persistencia de la lactancia) y PDC3 (producción de leche en el tercer control.

Análisis de componentes principales

Los tres primeros componentes principales (CP1, CP2 y CP3) fueron los que alcanzaron el criterio de Kaiser. De las 8 dimensiones originales, el 70.80 % de la varianza total de los valores genéticos fue explicada por los CP1-3, donde el CP1 fue el de mayor aporte, pues explicó el 32.40 % de la varianza total. En la tabla 6 se observan los valores propios para cada componente principal, proporción total y acumulada de la varianza genético aditiva, de cada componente

Tabla 6. *Valores propios para cada componente principal, proporción total y acumulada de la varianza genético aditiva.*

Componentes	Valores propios		
	Total	% de la varianza genético aditiva	% acumulado
CP1	1.94	32.41	32.41
CP2	1.25	20.86	53.27
CP3	1.05	17.58	70.86
CP4	0.66	11.70	82.56
CP5	0.46	6.04	88.604
CP6	0.35	7.03	95.64
CP7	0.17	4.35	100.00

En la tabla 7 se observan las correlaciones lineales entre los VG de los rasgos que se estudiaron con cada CP; los cuales mostraron que los rasgos relacionados con la PDC3, $P_{2:1}$ y EPP están altamente relacionados con la CP1 mientras que el PL244 y DLAC estuvieron más asociados con la CP2. Así, el CP1 pudiera interpretarse como un índice genético relacionado a los rasgos productivo lechero y reproductivo, mientras que el CP2 pudiera ser otro índice, donde también se relacionan otros rasgos de estos dos comportamientos.

Tabla 7. *Correlaciones lineales de los VG estandarizados con el componente principal 1 al 3 (CP1-3), en búfalas mestizas.*

VG	Componentes		
	CP1	CP2	CP3
VGPDC3	0.86	0.10	0.01
$VGP_{2:1}$	0.88	0.00	0.04
VGEPP	-0.50	-0.28	0.10
VGPL244	0.24	0.75	0.03
VGDL	0.28	0.51	0.01
VGPSeco	0.07	-0.10	-0.22
VGIPP	0.02	0.03	0.21

VGPDC3 (valor genético de la producción de leche en el tercer control), $VGP_{2:1}$ (valor genético de la persistencia de la lactancia), VGEPP (valor genético de la edad al primer parto, VGPL244 (valor genético de la producción de leche acumulada hasta 244 días), VGDL (valor genético de la duración de lactancia), VGPSeco (valor genético del período seco) y VGIPP (valor genético del intervalo parto parto)

Los pesos de estos índices son coeficientes de puntuación estandarizados (CPE) para cada VG estandarizado (Tabla 8). El mayor de los valores absolutos del CPE es el de mayor importancia relativa de los VG estandarizados en el CP. Esta importancia se explica por la mayor correlación lineal entre los rasgos con el componente principal (Tabla 7).

Tabla 8. *Coeficientes de puntuación estandarizados (CPE) de cada VG estimado estandarizado para todos los rasgos en cada componente principal (CP1-3), en búfalas mestizas.*

VG	Coeficientes de puntuación estandarizados		
	CPE (CP1)	CPE (CP2)	CPE (CP3)
VGPDC3	0.58	0.08	0.00
$VGP_{2:1}$	0.55	0.00	0.04
VGEPP	-0.51	0. 01	0.06
VGPL244	0.33	0.62	0.03
VGDL	0.24	0.56	0.05
VGPSeco	0.03	-0.10	-0.10
VGIPP	0.01	0.02	0.21

VGPDC3 (valor genético de la producción de leche en el tercer control), $VGP_{2:1}$ (valor genético de la persistencia de la lactancia), VGEPP (valor genético de la edad al primer parto, VGPL244 (valor genético de la producción de leche acumulada hasta 244 días), VGDL (valor genético de la duración de lactancia), VGPSeco (valor genético del período seco) y VGIPP (valor genético del intervalo parto parto)



A partir de los CPE se calculó la puntuación del CP (valor del índice) para cada animal, en cada componente. De acuerdo con la CP1 se confeccionó el índice denominado Índice de Búfalas Productivo y Reproductivo (IBPR) como: **IBPR** = 0.58 (VGPDC3) + 0.55 ($VGP_{2:1}$) -0.51 (VGEPP). Así, el IBPR se puede considerar un índice genético de búfalas con relación al comportamiento productivo lechero y reproductivo, porque favorece a los animales genéticamente superiores para VGPDC3, $VGP_{2:1}$ y VGEPP.**Evaluación genética de búfalos machos en pruebas de comportamiento mediante método de índices a partir de los componentes**

La media de los VG en descendientes y padres fueron en general cero, lo cual era de esperar como condición de valor genético y las desviaciones estándar de los descendientes fue mayor que la de padres y tuvo al rasgo del VG de la producción de leche de las madres como el más variable de todos pero en padres fue el VG del peso al nacimiento. La tabla 9 muestra los valores propios de los 9 componentes principales que resultaron con la proporción individual y acumulada que señala cómo los CP 1,2 y 3, fueron los que mayor proporción de la varianza total explicaron (79%).

Tabla 9. *Valores propios de cada componente, total y proporción parcial y acumulada de la varianza genético aditiva del 1 al 9no (C_{1-9}) de búfalos en PC.*

Componentes	Valor propio	Diferencia	Proporción	Proporción Acumulada
1	4.37819381	2.64254662	0.4865	0.4865
2	1.73564719	0.73698568	0.1928	0.6793
3	0.99866150	0.05549078	0.1110	0.7903
4	0.94317073	0.49740622	0.1048	0.8951
5	0.44576451	0.21640890	0.0495	0.9446
6	0.22935561	0.11478988	0.0255	0.9701
7	0.11456574	0.00720306	0.0127	0.9828
8	0.10736268	0.06008412	0.0119	0.9947
9	0.04727857		0.0053	1.0000

De acuerdo a los resultados de la tabla 10 anterior a la propuesta de un índice de selección en estas condiciones debiera estar compuesto por 3 objetivos genéticos (OG).

Tabla 10. *Coeficientes de correlación estandarizados de los diferentes componentes principales obtenidos a partir de los VG según los diferentes Componentes Principales.*

	Prin1	Prin2	Prin3	Prin4	Prin5	Prin6	Prin7	Prin8	Prin9
vgdpnac	0.131290	-.112357	-.208785	0.948290	-.148671	0.067489	0.012704	0.001092	-.021735
vgdpdes	0.300817	-.440942	0.045159	0.018172	0.740082	0.154697	-.009892	0.357643	-.114238
vgdpinic	0.376118	-.404272	0.084305	-.035613	0.020046	-.432028	-.205958	-.565497	0.370767
vgdp12	0.406335	-.265096	0.053971	-.150917	-.376524	0.042744	0.758047	0.074581	-.123013
vgdp15	0.422424	-.091017	0.005487	-.162237	-.420272	0.526332	-.532937	0.198806	0.098604
vgdfinal	0.421140	0.317713	0.002845	-.012663	0.048168	-.206989	-.184689	-.223327	-.769663
vgdgan	0.307486	0.513505	-.055662	0.029754	0.329137	0.455852	0.253768	-.386261	0.328714
vgdppe	0.367719	0.421506	-.040682	0.032657	-.005218	-.503313	-.012003	0.554338	0.351578
vgdpmad	-.011609	0.093024	0.969308	0.218947	-.026362	0.045206	-.003470	0.029219	0.010575

vgdpnac (valor genético del peso al nacimiento), vgdpdes (valor genético del peso al destete), vgdpinic (valor genético del peso de inicio), vgdp12 (valor genético del peso a los 12 meses),), vgdp15 (valor genético del peso a los 15 meses), vgdfinal (valor genético del peso final), vgdgan (valor genético de la ganancia diaria), vgdppe (valor genético del peso por edad) y vgdpmad (valor genético del peso de la madre).

Tomando en cuenta el procedimiento antes descrito los objetivos genéticos en el índice fueron definidos de la siguiente forma:

CP1= (0.300817(vgdpdes) + 0.376118(vgdpinic) +0.406335(vgdp12) + 0.422424(vgdp15) +0.421140(vgdfinal)) (OG1); CP2= (0.513505(vgdgan) +0.421506(vgdppe)) (OG2); CP3= (0.969308(vgdpmad) (OG3)

Al llevar a cabo la operación de suma de los objetivos genéticos antes señalados y tomar en cuenta que en las condiciones actuales del plan de mejora de búfalos en Cuba, se pondera la parte correspondiente a crecimiento con 75% y la del aporte lechero de la madre en un 25% tenemos el índice de la siguiente forma: Indice (desc) = 0.75 ((0.300817(vgdpdes) + 0.376118(vgdpinic) + 0.406335(vgdp12) + 0.422424(vgdp15) + 0.421140(vgdfinal)) + (0.513505(vgdgan) + 0.421506(vgdppe))) + 0.25 ((0.969308(vgdpmad)).

Con este índice se evaluaron a los 240 individuos en prueba y se obtuvieron los resultados de la prueba de comportamiento cuya elección dependerá de la intensidad de selección que se vaya a aplicar. Igualmente, con los padres de éstos individuos como se señaló se obtuvieron sus VG los cuales fueron estandarizados y se aplicó el mismo procedimiento obteniéndose los siguientes resultados para una evaluación similar que pudiera ser considerada como una prueba de progenie. Esta información pudiera ser también utilizada en un índice que involucre la información de descendientes y padres. Así como, en un índice que igualmente pondera el crecimiento y la producción lechera de las madres en 0.75 y 0.25 respectivamente. Los resultados de la evaluación de los padres mostraron que hay suficiente variación entre los mismos para ser empleada en el trabajo de mejora y en particular con el uso de los índices de selección.

En la tabla 11 se observan los resultados de las fichas de costo con ambos precios y se observa como los beneficios son mayores como era de esperar cuando los precios del kg de peso vivo son superiores. Se aprecia como la mayor variación es en el valor de producción aunque los Beneficios tuvieron el mayor coeficiente de variación cuando la variación se analiza en función de la media.

Tabla 11. *Estadígrafos de valores individuales para el cálculo del Beneficio de la producción en la prueba de comportamiento con 2 precios de venta al final de ceba (CUP)*

Valor de Producción	Compra de animales	Sum. Forraje	Cons. mineral	Suple	Gastos Indirectos	Ben
Precio de venta kg PV = 11.20						
Media	3546.87	650.34	580.84	9.83	94.41	139.76	1862,19
Precio de venta kg PV = 6,40						
Media	2723.49	650.34	580.84	9.83	94.41	139.76	1038,81
Desviación estándar y Coeficiente de Variación (ambos precios)						
DE	350.39	45.77	44.34	0.84	8.08	8.12	250.96
CV. %	9.88	7.04	7.68	8.55	8.56	5.81	12.90

En ambos casos se tomaron los siguientes gastos por animal (CUP) que se consideraron constantes para ambos precios: instalaciones (113.92), transporte y combustibles (9.60), salarios (5.98) y veterinarios, (80.00). La tabla 12 muestra el valor de los estimados de las regresiones parciales múltiples o valores económicos relativos obtenidos a partir de los beneficios mostrados en la tabla anterior. Estos valores están acompañados de sus errores estándares y la probabilidad de su significación que sirven de guía para conocer acerca de su precisión, pero sobre todo para valorar la importancia relativa de incluirlos o no dentro de los índices de selección dándole importancia relativa de 1 al menor valor y los demás referidos a éste.

Las regresiones entre índices estandarizados y beneficios evidencian la importancia de que los animales con mejores indicadores en sus índices que combinan sus valores genéticos aportan mayor beneficio económico lo cual debido a la mayor confiabilidad (R2 =0.50) del índice por los rasgos y forma de integrarlos en el índice estandarizado y que no debe confundirse con el coeficiente de determinación del ajuste lineal de la regresión, que es también alto (0.79-0.85), pudieran generar un mejor comportamiento en la descendencia.

Tabla 12. Valor económico relativo basado en el beneficio por animal de indicadores que influyeron en el crecimiento hasta los 18 meses de edad (CUP/kg) (izquierda precio=11.20 y derecha precio=6.40 CUP/Kg PV).

	Estimado (VER)	EE±	Valor P
Intercepto	1895.68 (3.20) 1072.61 (2.23)	9.21 6.86	<.0001 <.0001
VGPdes	-859.91 (-1.00) 871.45 (-1.00)	161.13 120.08	<.0001 <.0001
VGfinal	3083.03(4,59) 2265.90(3.60)	111.10 82.80	<.0001 <.0001

Para proponer precios de toretes que estuvieran fundamentados además de su peso vivo, por su potencialidad genética o un mecanismo como el que se propone en este estudio relativo al Mérito Económico Individual (MEI) que expresa el valor de un individuo en función de la relación de los beneficios individuales y los valores genéticos o su combinación en un índice integral en pesos cubanos (CUP), tomada cuenta de la precisión de las evaluaciones o del índice utilizado (en este caso dos caracteres pero que pudiera integrar más).

Método: MEI y propuesta de precios individuales de toretes empleando la regresión entre el beneficio y el índice de selección con dos precios del kg de PV.

$MEI_{(11.20)}$= ((1896.492 + 261.583*indest)/ 0.5250)* 0.25); Precio $_{(11.20)}$ = (11.20* pvfinal + $MEI_{(11.40)}$)

$MEI_{(6.40)}$ = ((1073.117 + 199.231*indest)/0.3814)* 0.25); Precio = (6.40 * pvfinal + $MEI_{(6.40)}$)

Nota: 0.25 o R tanto en el método 1 como 2 representa la precisión de la estimación de los valores genéticos o del índice de selección. Consiste en la correlación entre el valor genético real y el estimado a través del índice y es la raíz cuadrada de la confiabilidad o R^2. Puede utilizarse la precisión individual cuando es diferente para cada individuo como es el caso de la obtenida de los valores genéticos individuales donde cada individuo tiene un valor en dependencia de la cantidad de parientes tomados en cuenta para estimar su valor genético.

Por otra parte, el AE afectó todas las medidas evaluadas mientras que la covarianza no alcanzó la significación solamente con el peso final lo que pudo deberse a que este rasgo individualmente se ajustó para esta edad. Se encontró un bajo nivel de consanguinidad entre los individuos que han pasado la PC, ya que 29 individuos explicaron un 50% de los genes actuales con un coeficiente de parentesco promedio de 0.25-3.02% lo cual explica que el descenso no es producto de la consanguinidad que se produce como consecuencia de la selección. Estos estudios sugieren que la consanguinidad no es una posible causa del deterioro ya que la consanguinidad esperada a través de la contribución desbalanceada, la consanguinidad media computada, el coeficiente de parentesco promedio y el número de antecesores explicaron que el 50% de los genes tienen valores que evidenciaron la no existencia de la misma.

Discusión

El resultado que se encontró de las medias productivas lecheras, puede ser debido al genotipo de las búfalas (gradaciones variables de *Buffalypso* x *Carabao*), a la poca selección realizada por vía de las hembras. Además, el objetivo fundamental fue el crecimiento del rebaño bubalino en estos años. Concerniente a los factores ambientales, predominan las pasturas naturales en esos sistemas de alimentación y durante el periodo seco, los sistemas por lo general no cubren los requerimientos nutricionales (García *et al.* 2021). La baja h^2 que se observó para DLAC, sugiere que la característica tiene mayor influencia de los factores ambientales. Por lo cual, es necesario tomar medidas de manejo y alimentación que posibiliten su aumento. De los indicadores productivos evaluados hasta el momento, la $P_{2:1}$ sería por el que se alcanzaría una mayor respuesta al proceso selectivo.

Revisten importancia las correlaciones moderadas entre los rasgos ya que el aumento en la producción de leche posibilitaría el incremento en la duración de la lactancia y la persistencia; la selección para uno propiciaría la mejora de los otros. La variabilidad en las PDC se explica por la poca selección dirigida que mostró comportamiento variable en los animales; puede ser un aspecto positivo para la selección. Con el uso de los MRA los estimados aumentaron, por lo que es recomendable la selección para estos rasgos.

Los indicadores reproductivos están por encima de lo recomendado para cada uno. Esto puede repercutir en el logro de la eficiencia productiva. Lo cual, puede explicarse por las difíciles condiciones de tenencia y alimentación en las que se encuentran los animales. Así como, factores genéticos explicados con anterioridad. Las bajas h^2 estimadas para estos, se encuentran en correspondencia con la literatura científica y sugieren que las características tienen mayor influencia de los factores ambientales. Las r_g entre el EPP y el IPP indican que al seleccionar para EPP se mejora indirectamente el IPP. Aspecto favorable para la eficiencia económica del sistema. Elemento importante para elaborar las estrategias de selección. También, la r_g entre la EPP con el Pseco mostraron que la selección para un rasgo no ejerce influencia sobre el otro. Además, entre el PSeco con el IPP indicaron que cambios en el PSeco provocarían variaciones en el otro rasgo en diferente sentido y magnitud. La relación genética entre los diferentes indicadores del comportamiento productivo y reproductivo es imprescindible para la elección de los criterios de selección.

Con respecto a la evaluación de los futuros sementales se observó que en general las correlaciones entre los pesos al inicio, 12, 15, final, ganancia y peso por edad son altas pero su consideración todas en el índice pudieran ayudar en el incremento de la precisión de la evaluación. Los que coinciden con Falleiro *et al.* (2013) en búfalos.

A partir de estos resultados se justificaría el empleo de métodos que permitirían proponer precios de toretes que estuvieran fundamentados además de su peso vivo, por su potencialidad genética o un mecanismo como el que se propone en este estudio relativo al Mérito Económico Individual que expresa el valor de un individuo en función de la relación de los beneficios individuales y los valores genéticos o su combinación en un índice integral en pesos cubanos (CUP), tomada cuenta de la precisión de las evaluaciones o del índice utilizado (en este caso dos caracteres pero que pudiera integrar más). como es el caso del ¨Net Merit¨ en Estados Unidos, el ¨Total Economic Value¨ en Canadá, el Durable Performance Sum en Holanda o Índice por ¨Mérito Económico Global ¨ en España.

La variabilidad observada en los indicadores evaluados puede explicarse debido a que se han producido diferentes efectos de carácter ambiental como genéticos que están afectan la expresión del potencial genético. Entre estos pudiera ser de carácter genético: deficiencia en la selección para crecimiento de los individuos de la población particularmente de los progenitores. De carácter ambiental: inadecuada alimentación expresada en la calidad y cantidad de los pastos y forrajes recibidos y otro suplemento alimenticio e inadecuado manejo expresado por la carga o encierre nocturno con insuficiente alimento.

CONCLUSIONES

Los estudios evidenciaron que los estimados de h^2 fueron de bajos a medios, con los mayores valores para PDC3, PL244, $P_{2:1}$ y EPP; por lo que podrían utilizarse como criterios de selección. Así como, que las r_g entre rasgos lecheros fueron positivas y moderadas, entre rasgos reproductivos variaron de bajas a moderadas, y aquellas entre todas fueron bajas; esto también posibilitó la elección de los criterios de selección. El Índice de selección de Búfala del comportamiento Productivo y Reproductivo que incorpora los rasgos PDC3, $P_{2:1}$ y EPP, que puede ser utilizado para la selección de las madres de sementales porque presentaron las mayores varianzas genéticas.

En las evaluaciones genéticas del crecimiento se obtuvo el índice de selección de los futuros sementales del Mérito Económico Individual que combina los VG con los beneficios económicos y la precisión de los estimados. Los resultados obtenidos en los MEI y las propuestas de precios, según los precios nuevos que se establezcan y los costos por actividades posteriores con los toretes, posibilitan estimar su valor y precio acorde con la calidad genética de los futuros sementales.

BIBLIOGRAFÍA

ANASB. Associazione Nazionale Allevatori Specie Bufalina. 2023. Resultados evaluación genética para producción de leche año 2023,

Meyer, k., Graser, H.U. & Smith, S.P. 1987. Estimation of adjustment factors and variance components for test-day production in Australian black and white populations. Summary report to adhis on analysis of production records conducted by agbu during 1985-1987, compiled by h.u. graser. agbu, une, armidale, Australia.

Falleiro, V.; Silveira, E. & Ramos, A. 2013. Genetic Correlation for Pre-Weaning and Post-Weaning Traits of Mediterranean Buffaloes from Brazil, Estimated By Bayesian Inference. Buffalo Bulletin. 32:650-653.

Gutiérrez, J.C. 2022. El búfalo y el vacuno: diferencias y convivencias (perspectiva reproductiva). X Simposio de Búfalos de las Américas y Europa. Capítulo 4. Manejo del Búfalo: 45-49.

Kaiser H F 1960. The application of electronic computers to factor analysis. Educational and Psychological Measurement 20(1): 141–151.

Meyer, K. 2006. "WOMBAT" Digging deep for quantitative genetic analyses by restricted maximum likelihood. 8th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, August 13-18, Belo Horizonte, Brazil.

Rencher A C 2002. Methods of multivariate analysis. Wiley-Interscience: New York.

SAS, Statistical Analysis System. 2013. SAS. User'sguide: Statistics. Version 9.3. SAS. Institute. INC, Cary, N.C., USA.

SPSS 2002. Para windows. Estadística multivariada, versión 11.5.

García, Yenny., Fraga, L.M., Hernández, A., Mora, M., García, D. & Aguiar, L. 2021. Estimación de parámetros genéticos para rasgos productivos lecheros en búfalos mestizos de Cuba. Livestock Research for Rural Development. 33(7).



BMA-39. Selección fenotípica en ovinos Pelibuey resistentes y resilientes a nemátodos gastrointestinales

Phenotypic selection in Pelibuey sheep resistant and resilient to gastrointestinal nematodes

A, León Matos[*]*; J, I. Acosta Albiol; D, Hernández Marrero; N, Hernández Zaldivar;J.R. Collazo; J, Horta de la Masa¸Y, Peña; V, Perez*

Centro de investigaciones para el Mejoramiento Animal de la Ganadería Tropical (CIMAGT), Avenida 101 # 6214 % 100 y 62. Loma de Tierra. Cotorro, La Habana, Cuba

[*]Correspondencia a: ariannysleonmatos@gmail.com

ABSTRACT

The study aimed to determine, through phenotypic measurements, the presence of possible resistant and resilient animals to gastrointestinal nematodes in Pelibuey breed sheep from Cuba. For this purpose, 123 breeding sows that had just given birth were examined with coprological tests to determine the fecal count of nematode eggs per gram of feces (HPG), the complete blood count to determine the hematocrit (Hct) and hemoglobin (Hb) values, and the FAMACHA reading was also taken and the body condition (BC) was estimated.For the statistical analysis, descriptive statistics were used and a simple analysis of variance (ANOVA) was performed for each indicator using the MINITAB statistical package, as well as a comparison of proportions.The results obtained showed a significant decrease ($P<0.05$) in Hb in susceptible animals, compared to resilient and resistant animals with values (93.98 g/l; 86.09 g/l and 66.48 g/l) respectively. A similar behavior was observed for Hct (29.63%; 27.83% and 19.78%) as well as for CC (2.92; 3.06 and 2.20. Significant differences ($P<0.05$) were found for the classification of possible resistant animals with respect to those resilient and susceptible to gastrointestinal nematodes with values (61.7%; 30.08 and 8.13%) respectively. Phenotypic measurements demonstrated the presence of 92% of potential animals resistant and resilient to gastrointestinal nematodes in Pelibuey breed sheep in the Siboney UEB. Indicators such as hemoglobin and body condition are another useful tool for determining potential resistant and resilient animals in lactating breeders.

Palabras clave: *ovejas, susceptibles, parásitos, hemoglobina, condición corporal*

Keyword: *sheep, susceptible, parasites, hemoglobin, body condition*

INTRODUCCIÓN

Los ovinos Pelibuey se encuentran distribuidos principalmente en regiones tropicales y subtropicales. Cuando pastorean en estas regiones son susceptibles a parásitos gastrointestinales que afectan negativamente la salud y bienestar de los animales (Díaz et al., 2000). Los mismos provocan anemia, hipoproteinemia, depresión, pérdida de condición corporal, disminución de la producción, pérdida de peso, disminución del apetito, y en ocasiones la muerte. Son los responsables de enormes pérdidas económicas en la especie ovina a nivel mundial (Marques et al., 2024).

En Cuba, el clima es subtropical, lo que permite durante todo el año, la circulación de los agentes causales de las enfermedades parasitarias, sobre todo, aquellos que ocasionan las parasitosis gastroentéricas, que constituyen un grave problema de salud en las explotaciones ovinas (Torres et al., 2023).

Tradicionalmente el control de nematodos gastrointestinales (NGI) se realizaba con antihelmínticos con acción de amplio espectro. Sin embargo, los problemas de resistencia a los diferentes fármacos amenazan la eficacia de los mismos (Hodgkinson et al., 2019), tras esta problemática se ha hecho necesario la búsqueda de métodos alternativos de control contra las parasitosis, dentro de ellos la selección de animales genéticamente resistentes a los nematodos gastrointestinales, es una opción eficaz y práctica para contrarrestar el incremento de problemas parasitarios como consecuencia del cambio climático y de la resistencia antihelmíntica, generando bajos índices productivos, morbilidad y mortalidad (Puicón, 2017).

Las estimaciones genéticas de heredabilidad de resistencia a nematodos son muy variables y dependen de la fiabilidad de la medición del fenotipo. De manera tradicional, la resistencia a los NGI se ha medido mediante el conteo de huevos de nematodos en las heces (huevos por gramo, HPG), el cual ha sido un indicador indirecto de la carga parasitaria y, por lo tanto, de fácil medición y registro, por lo que se puede mejorar a través de selección (Dominik, 2005) debido a que la resistencia a los NGI es moderadamente heredable (h = 0,23-0,41). Dicho indicador se percibe como el de mayor importancia, por estar muy relacionado con la cantidad de parásitos adultos en el sistema digestivo (Ngongeh, 2017). Sin embargo, se pudiera tener en cuenta en estrategias de selección multicarácter incluir otros parámetros para determinar la respuesta inmune, como la coloración de la mucosa ocular el conteo de eosinófilos, las concentraciones de inmunoglobulinas A y E (IgA e IgE), el grado de anemia y el hematocrito (Saddiqi et al., 2012) y estudios complementarios que corroboren la existencia de animales genéticamente resistentes (González et al., 2017). Teniendo en consideración estos aspectos nos trazamos como objetivo determinar por mediciones fenotípicas la presencia de posibles animales resistentes y resilientes a nematodos gastrointestinales en ovinos de raza Pelibuey

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló en la UEB Siboney, Carretera del polvorín, Bejucal. La misma perteneciente a la Empresa Nacional de Ganado Menor (EGAME)

Animales: Se tomaron al azar, un total de 123 reproductoras paridas, de raza Pelibuey, con edades entre 3 a 6 años, y con un promedio de tres partos por animal, y un peso promedio de 40kg.

Manejo: En la unidad se utilizó un sistema semiintensivo, combinando el pastoreo en horario de 9 a 11 de la mañana y el concentrado fue suministrado a razón de 400 gr/animal para esta categoría, se suministró además forraje molido de una combinación de King grass (*Pennisetum purpureum*) y caña de azúcar (*Saccharum officinarum),* sal mineral y agua a voluntad.

Toma de muestra y mediciones: Para determinar animales resistentes a nematodos gastroentéricos en ovinos de raza Pelibuey, se muestrearon animales infestados naturalmente y sin desparasitar. A cada animal se le tomó una muestra de heces fecales, directamente del recto, se le extrajo sangre mediante venopunción yugular, utilizando jeringas de 20 ml y tubos con anticoagulante EDTA, así como también se tomó la lectura de la carta de FAMACHA por la coloración de la mucosa ocular para determinar los diferentes grados de anemia en una escala de cinco puntos, donde el valor mínimo (1) se corresponde con la mucosa ocular de rojo intenso (ausencia de anemia) y el máximo (5) con un color pálido (anemia grave)(Arece y López, 2013); se estimó la condición corporal (CC) de acuerdo a la escala comparativa morfométrica establecida (en donde el numero 5 corresponde a un animal obeso y el numero 1 a un animal muy flaco o emaciado) (Perón, 2012).

A las muestras de heces se les realizó la técnica coproscópica de flotación por el método cuantitativo de Mc Master el conteo fecal de huevos de nematodos por gramo de heces (hgh), como medio de flotación se utilizó una solución salina sobresaturada (NaCl).

El recuento de huevos por gramo de heces (h.p.g.), permitió establecer los niveles de infestación por animal examinado descrito por Morales et al. (2010) y Ensuncho hoyos (2014).

Negativos: 0 h.p.g.

Infestación Leve: 50 a 200 h.p.g.

Infestación Moderada: > 200 a 800h.p.g.

Infestación Alta: > 800 h.p.g.

A las muestras de sangre se le determinó el valor de hematocrito (Hto), mediante la técnica de microhematocrito (Gallo, 2014), así como también se determinó la concentración de la hemoglobina (Hb) por el método de la Cianometahemoglobina, a través del Espectrofotómetro VS-850 (Cardoso et al., 2014).

Para la clasificación de los ovinos en las categorías de resistentes, resilientes y susceptibles, se determinó por la metodología de Morales et al. (2010); la cual toma en consideración el nivel de infestación parasitaria, el valor de hematocrito y la lectura FAMACHA© (Tabla 1).

Tabla 1. *Clasificación de animales resistentes, resilientes y susceptibles*

Carga Parasitaria	Valor Hematocrito (%)	FAMACHA	Clasificación
Negativo, leve o moderada (0-800h.p.g)	> 23	Entre 1 y 2	Resistente
Alta (>800 h.p.g)	> 23	Entre 1 y 2	Resiliente
Alta (>800 h.p.g)	< 22	3 , 4 , 5	Susceptibles

Análisis estadístico: Se utilizó el paquete estadístico MINITAB (Grima et al., 2004) donde se realizó un análisis descriptivo para saber cómo se comportaban los indicadores de acuerdo a la clasificación de cada animal en las diferentes categorías de resistente, resiliente y susceptibles, posteriormente se realizó un análisis de varianza para comparar cual era el comportamiento de la hemoglobina y la condición corporal en las diferentes clasificaciones.



Además, se realizó una comparación de proporciones para determinar la clasificación que predominaba y a qué nivel en los muestreos realizados en la unidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 2 a continuación se muestran la caracterización de los indicadores evaluados para cada clasificación de: animal resistente, resiliente y susceptible a nematodos gastrointestinales.

Tabla 2. *Caracterización de los indicadores para las diferentes clasificaciones*

Indicadores	n	Hb g/L	Hto (%)	CC	FAMACHA
Resistentes	76	93,98±1,48	29,63±0,44	2,92±0,09	1,65±0,05
Resilientes	37	86,09 ±2,13	27,83±0,40	3,06±0,12	1,75±0,07
Suseptibles	10	66,48±4,19	19,78±0,93	2,20±0,24	3,30±0,15
Total	123	89,37±1,35	28,29±0,39	2,90±0,07	1,82±0,05

n: número de animales; Hb: hemoglobina; Hto: hematocrito y CC: Condición corporal

En el análisis descriptivo se observó una marcada disminución de los indicadores en los animales susceptibles, razón dada a que el parásito predominante que se encontró fue el *Haemonchus contortus* que se caracteriza por producir anemia, debido a su característica hematófaga, lo que ocasionó una reducción considerable de los niveles de hematocrito y hemoglobina (Besier et al., 2016). En estos animales los valores de hematocrito se encontraron por debajo de los parámetros reportados según Arias (2021) y Vega (2023) los que refieren un rango de 28 a 40% en ovinos de la raza Pelibuey.

Para las clasificaciones, de animales resistentes y resilientes los indicadores se encontraron dentro de los parámetros normales, pero cerca de su límite inferior normal. En los susceptibles se apreciaron valores por debajo de los normales referidos por Guerra (2020), observándose como los animales más afectados, dicha condición pudo estar influenciada a que se utilizaron ovejas adultas posparto en lactación y es referente que son una de las categorías más afectadas, debido a que presentan la "relajación periparto de la inmunidad", mecanismo explicado en situaciones de estrés que se genera una ruptura temporal de la inmunidad y por consecuente las larvas arrestadas por hipobiosis reinician su desarrollo y aumenta la oviposición de los parásitos (Sievers, 2002; Abbott et al., 2012 y Puicón, 2018).

En la tabla 3 se mostró el comportamiento de la hemoglobina y la condición corporal en las clasificaciones, observándose diferencia significativa para la hemoglobina en el grupo de animales susceptibles con valores inferiores a los restantes grupos.

Tabla 3. *Análisis de varianza para otros indicadores fenotípicos por clasificación*

Clasificación	Hb g/L	CC
Resistente	93,98± 12,91^{a}	2,92±0,80^{a}
Resiliente	86,09±12,93^{a}	3,06±0,72^{a}
Susceptibles	66,48±13,24^{b}	2,20±0,78^{b}

^{abc} *Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas (P<0,05).*

Dichos resultados coinciden con Díaz et al. (2000) quienes reportaron una relación inversa en infestación con *Haemonchus contortus,* en aquellos animales seleccionados como susceptibles, en cuanto al nivel de hemoglobina, con respecto al número de huevos de parásito, donde los menores valores de Hb coincidieron con los mayores valores del número de huevos eliminados en las heces, consideración está caracterizada en los animales susceptibles a diferencia de los resistentes.

Los resultados difirieron de Alonzo (2020) quien no encontró diferencias significativas para este indicador entre animales resistentes y susceptibles, sin embargo, obtuvo en animales susceptibles menores valores de hemoglobina (84 g/L) y cerca del límite inferior normal para la especie, reportado por Guerra (2020) en un rango que oscila entre 80 y 150 g/L.

En cuanto al comportamiento de animales susceptibles en comparación a los resilientes se encontró diferencias significativas ($P<0.05$), coincidiendo por lo planteado por Torres et al. (2023) quienes en su estudio en ovinos pelibuey, reportaron diferencia para hemoglobina entre animales resilientes y susceptibles, donde abordó que este comportamiento se explica con la presencia de posibles animales resilientes que tienen la habilidad de mantener niveles productivos aceptables a pesar de albergar altas cargas parasitarias; y clínicamente el animal se presenta saludable.

En la condición corporal se observó similitud a los resultados anteriores, para valores inferiores en los animales susceptible, razón dada a que existe una disminución de la condición corporal reportada en infestaciones parasitarias por *Haemonchus contortus*, cualidad que se puede tener en cuenta para determinar resistencia y resiliencia según los resultados arrojados.

Para el indicador de condición corporal se coincidió con lo planteado por Cornelius et al. (2014), y Carballo et al. (2020) quienes refirieron que en futuros estudios en modelos de segregación, la condición corporal se pudiera considerar como un indicador de medida para determinar animales susceptibles a las parasitosis gastrointestinales (PGI), y su consideración en estrategias de tratamientos antiparasitarios selectivos. Igualmente, Salgado et al. (2017) encontraron elevadas cantidades de HPG de NGI en animales con condición corporal menor o igual a 2.5 y un Hto bajo, y se consideraron susceptibles; mientras que los animales con alta carga de parásitos, CC aceptable (3) y Hto normal, fueron considerados resilientes. Estos resultados, son similares a los reportados en este trabajo.

En la tabla 4 se observó el comportamiento de los niveles de clasificación en la unidad, donde se obtuvo un 76% de posibles animales resistentes, para un 30% de resilientes y 8% de susceptibles.

Tabla 4. *Comparación para el nivel de clasificación presente en los animales de la unidad*

Indicadores	n (%)
Resistentes	76 (61.7%)[a]
Resilientes	37(30.08%)[b]
Susceptibles	10(8.13%)[c]
Total	123(100%)

[abc]*Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas (P<0,05).*

Los resultados encontrados mostraron diferencia significativa en la distribución de cada categoría con una mayor incidencia de posibles animales resistentes, condición esta que se corroboraría con un mayor número de muestreos en el año y en las diferentes estaciones, eliminando así de los posibles resistentes aquellos animales resilientes, los cuales a pesar de una alta infestación parasitaria mantienen buenas condiciones de salud según lo referido por Salgado et al. (2017).

En relación al comportamiento de los niveles de clasificación presentes en la unidad se apreció un mayor porciento de aquellos animales posibles resistentes y resilientes a nematodos gastrointestinales, coincidiendo con lo planteado por Cuellar (2007) quien refirió que en Brasil en un rebaño de ovinos infestados con NGI, durante un periodo de 9-12 meses, se redujo hasta un 86.1% el número de animales que deberían desparasitar; lo que era a considerar que los mismos estaban en estado de resistencia o resiliencia.

Se concluyó que con el uso de las mediciones fenotípicas, demostró la presencia en un 92 % de posibles animales resistentes y resilientes a nematodos gastrointestinales en ovinos de la raza Pelibuey de Cuba en la UEB Siboney, por lo que los nuevos indicadores incorporados como la hemoglobina y condición corporal constituyen otra herramienta de utilidad para determinar animales posibles resistentes y resilientes en reproductoras en lactación.



BIBLIOGRAFIA

Abbott, KA., Taylor M., Stubbings LA. 2012. Sustainable worm control strategies for sheep. A technical manual for veterinary surgeons and advisers. 4th ed. UK: Scops pp.55

Alonzo, C.T. 2020. Identificación de ovinos pelibuey resistentes a la infección por *Haemonchus contortus* en función de parámetros inmunitarios. Tesis en opción al grado de Doctor en ciencias, México, pp 87-89

Arece, J., López Y. 2013. Validación del método FAMACHA ® en la detección de anemia en ovejas Pelibuey en Cuba. Pastos y Forrajes 36, 1-4.

Arias, L. K. H. 2021. Determinación de parámetros hematológicos y química. Villavicencio, Colombia: Facultad de ciencias agropecuarias y recursos naturales medicina veterinaria y zootecnia, pp 7-10

Carballo, L., Arece, J., López, Y., Montero, R. 2020.Variación en la resistencia fenotípica a parásitos gastrointestinales en un rebaño de cabras. Pastos y Forrajes 43, 1-3.

Cardoso, L. M. N., Compte, T. G Noy, S. G. Vale. 2014. Influencia de parásitos gastrointestinales sobre hemoglobina y hematocrito de ovinos jóvenes. Camagüey: Agrovet Market Animal Health.

Cornelius, M. P., Jacobson, C. Besier, R. B. 2014. Body condition score as a selection tool fortargeted selective treatment-based nematode control strategies in Merino ewes. Vet. Parasitol. 206, 173-181,DOI: https://doi.org/10.1016/j. vetpar.

Cuellar, A. Control no farmacológico de parásitos en ovinos. 2007. Desparasitación selectiva por medio del sistema FAMACHA. Tecnologías para ovinocultores. AMCO, pp 258-261.

Díaz, P., Torres G., Osorio M., Pérez P., Pulido A; Becerril C., Herrera J. 2000.Resistencia a parásitos gastrointestinales en ovinos Florida, Pelibuey y sus cruzas en el trópico Mexicano. Universidad Autónoma Chapingo. México, pp5-6.

Dominik, S. 2005. Quantitative trait loci for internal nematode resistance in sheep: a review. Gen Selec Evol. 37, 83-96.

Ensuncho Hoyos, C., Castellano, C, Angimar., Maza Ángulo, Libardo., Bustamante, Y. M; Vergara, G, O. 2014. Prevalencia y grado de infección de nematodos gastrointestinales en ovinos de pelo en pastoreo de cuatro municipios de Córdoba, Colombia. Revista Científica, Universidad del Zulia Maracaibo, Venezuela XXIV(5) http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=95932260005

Gallo, C.A. 2014. Manual de diagnóstico con énfasis en laboratorio clínico veterinario. Universidad Nacional Agraria de Nicaragua, pp 223. https://core.ac.uk/download/35166539.pdf

González, G. R., López, A. M. E., Conde de Felipe, M. M., Mendoza, P., Aguilar, M. L., Jaso Díaz, G. 2017. Immune and haematological parameters of Blackbelly ewes infected with gastrointestinal nematodes. *Rev. Colomb. Cienc. Pecu*. 30, 219-230. DOI: https://doi.org/10.17533/udea.rccp.v30n3a05.

Guerra, C. J. 2020. Estimación de parámetros hematológicos en corderos (Ovisaries) de pelo, durante la fase de cría en Cordoba. Tesis de grado. Universidad de Córdoba, pp 4-7

Grima Cintas, P. M. A., Tort, M. LL.2004. Estadística Práctica con MINITAB. Person Educación, S.A.. Madrid, España. pp496.

Hodgkinson, J.E., Kaplan, R.M., Kenyon, F., Morgan, E.R., Park, A.W., Paterson, S., Babayan,S.A., Beesley, N.J., Britton, C., Chaudhry, U., Doyle, S.R., Ezenwa, V.O., Fenton, A., Howell,S.B., Laing, R., Mable, B.K., Matthews, L., McIntyre, J., Milne, C.E., Morrison, T.A.,Prentice, J.C., Sargison, N.D., Williams, D.J.L., Wolstenholme, A.J., Devaney, E., 2019. Refugia and anthelminticresistance: Concepts and challenges. Int. J. Parasitol. Drugs Resist. 10, 51–57. https://doi.org/10.1016/j.ijpddr.2019.05.001

Marques, S., Willoughby, O., Schenkel ,F., Cánovas, A.2024.Genetic Parameter Estimation and Selection for Resistance to Gastrointestinal Nematode Parasites in Sheep A Review. Animals, Canada 14, pp 613; https://doi.org/10.3390/ani14040613

Morales, G., Guillen, A., Pino, A., Pino, L., Barrios, F. 2010. Clasificación por el método FAMACHA y su relación con el valor de hematocrito y recuento de h.p.g. de ovinos criados en condiciones de pastoreo. Zootecnia tropical. 28, 545-555. ISSN 0798-7269. http://www.scielo.org.ve/pdf/zt/v28n4/art11.pdf

Ngongeh, L. A. 2017. Variation in faecal worm egg counts of experimentally infected goats and mice with time of day and its implications in diagnosis of helminthosis. *J. Parasit. Dis*. 41, 997-1000. DOI: https://doi.org/10.1007/s12639-017-0924-4.

Perón, N. 2012. Manual del Ovino Pelibuey. Editorial Pueblo y Educación. La Habana, Cuba, pp105-117.

Puicón, V. 2017. Evaluación de resistencia natural a nematodos gastrointestinales en alpacas y ovinos en Praderas de la puna central del Perú. Tesis de maestría. Universidad nacional agraria La Molina, Lima, Perú.

Puicón, V., Chávez, J., Gutiérrez , G., Sánchez, D., More, M. Zárate, D. 2018. Prevalencia de nematodos gastrointestinales en alpacas y ovinos de dos cooperativas comunales de la región Pasco, Perú, pp 10-12.

Saddiqi, H. A., Sarwar, M., Iqbal, Z., Nisa, M., Shahzad, M. A. 2012. Markers/parameters for the evaluation of natural resistance status of small ruminants against gastrointestinal nematodes. *Animal*.6, pp 994-1004. DOI:https://doi.og/10.1017/S1751731111002357.

Torres, A., Izquierdo, N., Arenal, A., Zaldivar, L. 2023. Relación entre los valores hematológicos del hemograma y la carga parasitaria presente en ovinos Pelibuey resilientes en condiciones de pastoreo. Producción animal. Camagüey. 35, pp3-4

Vega, D. 2023.Evaluación del perfil metabólico, hematológicos y bioquímica sanguínea en ovinos jóvenes y sementales de la raza Pelibuey de Cuba. Tesis de grado, Universidad Agraria de La Habana. Cuba.





BMA-40. Características productivas de la hembra ovina Pelibuey y sus mestizos en la EPG "Camilo Cienfuegos" de Pinar de Rio. Cuba

Productive characteristics of the female sheep Pelibuey and her mestizos in the "Camilo Cienfuegos" EPG of Pinar de Rio. Cuba

M. Méndez Mendoza[1]; R E Ponce de León Senti[1]; Y Rodríguez González[1]*

[1]Instituto de Ciencia Animal. Carretera Central km 47 ½. Apartado Postal 24. San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba

[*]Correspondencia a: mildredmendezmendoza@gmail.com

RESUMEN

Se utilizó la información de 331 reproductoras Pelibuey y 258 mestizas de Pelibuey que nacieron entre los años del 2002 al 2015, distribuidas en 3 rebaños pertenecientes a la Empresa Pecuaria Genética "Camilo Cienfuegos", ubicada en la provincia de Pinar del Río. El objetivo fue determinar los factores no genéticos que afectan el peso al nacimiento, al destete y a la incorporación de reproductoras de la hembra ovina Pelibuey y sus mestizos. Se aplicó un modelo mixto, mediante el procedimiento MIXED del SAS. Se consideró como efecto fijo el rebaño, genotipo, año de nacimiento y la época de nacimiento y como efecto aleatorio el animal anidado dentro de cada rebaño, y las interacciones entre los efectos fijos. Se obtuvieron pesos al nacimiento, al destete y a la incorporación de 2.34 ± 0.02 kg, 12.34 ± 0.17 kg y de 26.71 ± 0.39 kg respectivamente. Se concluye que el peso vivo al nacimiento, al destete y la incorporación de la hembra ovina fueron afectados principalmente por los efectos del rebaño y año de nacimiento, por lo que se deben continuar las investigaciones de este rasgo con muestras mayores y con información genealógica para realizar estimados de su heredabilidad. Además, se sugieren establecer correlaciones genéticas con otros rasgos de interés, para poder recomendar su inclusión en los programas de mejora genética.

Palabras clave: *reproductoras, nacimiento, destete, incorporación, peso.*

ABSTRACT

The information of 331 Pelibuey breeders and 258 Pelibuey mongrels that were born between the years 2002 to 2015, distributed in 3 herds belonging to the "Camilo Cienfuegos" Genetic Livestock Company, located in the province of Pinar del Río, were used. The objective was to determine the non-genetic factors that affect the weight at birth, at weaning and the incorporation of reproducers of the female sheep Pelibuey and hers of hers. A mixed model was applied, using the SAS MIXED procedure. The herd, genotype, year of birth and time of birth were considered as a fixed effect, and the animal nested within each herd as a random effect, and the interactions between the fixed effects. Weights were obtained at birth, weaning and incorporation of 2.34 ± 0.02 kg, 12.34 ± 0.17 kg and 26.71 ± 0.39 kg respectively. It is concluded that the live weight at birth, at weaning and the incorporation of the ovine female were mainly affected by the effects of the herd and year of birth, for which the investigations of this trait should be continued with larger samples and with genealogical information to make estimates of its heritability. In addition, it is suggested to establish genetic correlations with other traits of interest, in order to recommend their inclusion in genetic improvement programs.

Keywords: *breeders, birth, weaning, incorporation, weight.*

INTRODUCCIÓN

El ovino Pelibuey es por excelencia la raza para la producción de carne en el trópico, está considerado un recurso genético de Cuba y Latinoamérica que merece grandes esfuerzos para su conservación y mejoramiento (Cruz y López, 1991).

Algunos indicadores bioproductivos de esta especie como el peso al nacer, peso al destete, peso vivo al parto, se caracterizan por tener bajos rendimientos en Cuba debido a la mala calidad de los pastos y condiciones de tenencia inapropiadas (Pérez, 2009).

El objetivo de este trabajo fue determinar los factores no genéticos que afectan el peso al nacimiento, al destete y a la incorporación de reproductoras de la hembra ovina Pelibuey y sus mestizos en la EPG "Camilo Cienfuegos" de Pinar de Rio.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó la información de 550 reproductoras Pelibuey y 695 mestizas de Pelibuey que nacieron entre los años del 2002 al 2015, distribuidas en 3 rebaños pertenecientes a la Empresa Pecuaria Genética "Camilo Cienfuegos", ubicada en la provincia de Pinar del Río. Estos animales pastaban entre 6 y 8 horas por día en 3 ha de pastos naturales con suplementación esporádica, principalmente en la época de sequía, con forraje troceado de king grass (*Cenchrus purpureus*), caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), concentrado comercial y agua a voluntad. En la noche las ovejas se resguardaban en naves de sombra. Se recopilaron los datos del peso vivo al nacer (PVN), al destete (PVD) y a la incorporación (PVI) de cada una de las reproductoras directamente de las tarjetas master disponibles en cada unidad, para realizar el pesaje se utilizó una báscula de gancho de 25 kg (±10 g). El destete se dio también en forma natural, lo cual ocurría por lo general a partir de los 120 días de edad.

La información fue analizada mediante un modelo generalizado mixto por el procedimiento MIXED del SAS, versión 9.3 (2013), donde se incluyeron como efectos fijos: rebaño (3), genotipos (2), año de nacimiento (14), época de nacimiento (1: mayo-octubre y 2: noviembre-abril). Se consideró como aleatorio el efecto del animal anidado dentro de cada rebaño. Para el estudio del PVN se incluyó en el modelo la edad al destete como covariable y para el PVI la edad a la incorporación.

El modelo estadístico utilizado fue el siguiente:

$Y_{ijklmn} = \mu + R_i + G_j + A_k + E_l + G_i(R_j) + (GA)_{ik} + (GE)_{il} + (RE)_{il} + (AE)_{kl} + (\beta X_{ed}$ ó $\beta X_{ei}) + e_{ijklm}$

μ = media o intercepto.

R_i= efecto fijo del *i-ésimo rebaño* (i=Barbarita, Baró y Corralito).

G_j = efecto fijo del *j-ésimo* genotipo (j= Pelibuey y Mestizos de Pelibuey)

A_k = efecto fijo del *k-ésimo* año de nacimiento (k=2002……, 2015).

E_l = efecto fijo de la *l-ésima* época de nacimiento (l=1: mayo-octubre y 2: noviembre-abril).

$G_i(R_j)$ = efecto aleatorio del *j-ésimo* genotipo anidado dentro del *i-ésimo rebaño.*

$(GA)_{ik}$= interacción del *j-ésimo* genotipo y el *k-ésimo* año de nacimiento.

$(GE)_{il}$= interacción del *j-ésimo* genotipo y la *l-ésima* época de nacimiento.

$(RE)_{il}$= interacción del *j-ésimo* rebaño y la *l-ésima* época de nacimiento.

$(AE)_{kl}$= interacción del *k-ésimo* año de nacimiento y la *l-ésima* época de nacimiento.

βX_{ed} = término de ajuste por covarianza lineal de la edad al destete.

βX_{ei} = término de ajuste por covarianza lineal de la edad al destete.

e_{ijklm} = Error aleatório, asumido normal e independientemente distribuido (0, δ_e^2).

Se determinaron los valores medios, error estándar y coeficientes de variación para cada una de las variables en estudio. Se efectuó prueba de Duncan para la comparación de medias, adoptándose como nivel mínimo de significación $P< 0,05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 1 se presentan los estadígrafos generales de los rasgos PVN, PVD y el PVI de reproductoras Pelibuey y mestizas Pelibuey. López *et al.* (2017) reportaron valores superiores para el PVN (2.71 ± 0.04 kg) para reproductoras del mismo genotipo en un estudio realizado en el Centro Genético de Ovinos Pelibuey perteneciente a la Empresa Genética Matanzas. Mientras que González-Garduño *et al.* (2010) para ovinos Pelibuey en México obtuvieron medias para este rasgo por debajo a lo obtenido en este trabajo (1.78 ± 0.59 kg).

Con relación al peso al destete, varios autores señalan su relación con la edad (Ponce, 2000). Pérez *et al*. (2011) en un rebaño de la provincia Granma lograron valores medios de 13.95 kg y de 28.43 kg para el PVD y el PVI respectivamente favorables en la época lluviosa. Sin embargo, en trabajos donde las reproductoras ovinas en pastoreo se suplementaron con *Leucaena leucocephala* se obtuvieron mayores pesos al destete de 17,15 Kg (Pérez, 2009).



Tabla 1. *Estadígrafos de los rasgos peso al nacer, al destete y la incorporación de reproductoras Pelibuey y mestizas Pelibuey.*

Estadígrafos	PVN	PVD	PVI
Media, kg	2.34	12.34	26.71
Error estándar	0.02	0.17	0.39
Coeficiente de variación, %	22.61	28.30	30.71

Estos bajos valores de pesos pueden deberse fundamentalmente a las condiciones climáticas y disponibilidad de alimentos lo cual constituyen los dos factores que más influyen en el comportamiento reproductivo de las ovejas en el trópico según Herrera *et al*. (2010), lo cual justifica que las gestaciones que se desarrollan en el período lluvioso, originen un mayor peso de las crías al nacer, donde los pastos y forrajes son la principal fuente de alimentación.

Los resultados del análisis de varianza mostraron que todas las fuentes de variación consideradas en el modelo el rebaño incidió sobre el PVN y el PVD mientras que el año de nacimiento solo lo fue para PVN y el PVI, y la interacción rebaño por época de nacimiento para el PVN. En la tabla 2 se presentan las medias obtenidas para el efecto del rebaño. El mayor promedio en el PVD y al PVI correspondió al rebaño de Corralito (15.37 ± 0.36 kg y 30.79 ± 0.66 kg respectivamente). Las diferencias entre rebaños probablemente se deben a diferencias en las prácticas de manejo de cada uno, fundamentalmente durante el pesaje de los animales. También pudieron influir las diferencias en el manejo nutricional y en la calidad de los forrajes para garantizar altos pesos.

Tabla 2. *Efecto del rebaño en el PVD y el PVI de reproductoras Pelibuey y mestizas Pelibuey.*

Rebaños	PVD, kg		PVI, kg	
	Medias	EE ±	Medias	EE ±
Barbarita	10.00[a]	0.21	23.67[a]	0.54
Baró	13.00[b]	0.33	27.60[b]	0.89
Corralito	15.37[c]	0.36	30.79[c]	0.66

Resultados similares se obtuvieron por Pérez et al. (2011) en la época de lluvia en un rebaño de la provincia Granma donde se lograron cifras que oscilaron entre 13,12 y 13,95 Kg, favorables en la época lluviosa para el peso al destete y de 27,01 y 29,85 kg para el peso a la incorporación.

Las medias obtenidas de la interacción rebaño*época de nacimiento para el PVN se presentan en la tabla 3. Los mayores PVN se reportaron en los rebaños Barbarita y Corralito, ambos en la época 2.

Los corderos con mayor PVN nacieron durante la época de poca lluvia (época 2). Es probable que la mayor disponibilidad de forraje a nivel de cuartones durante la época 1, haya favorecido un mayor aporte de nutrientes en las ovejas que se encontraban en su último tercio de la gestación. En otros estudios (Hinojosa-Cuéllar *et al*. 2013) también se ha reportado diferencias en el PVN de los ovinos asociados a la época de nacimiento.

El PVN mostró comportamiento inestable durante los años de estudio (figura 1). Los resultados de diversos estudios (Hinojosa-Cuéllar *et al*. 2013) apoyan lo señalado en el presente estudio, en el sentido que el año de nacimiento de los corderos contribuye a explicar la variación en PVN. Es importante considerar que el efecto año de nacimiento engloba diversos aspectos que no se pueden definir y medir con precisión en los estudios efectuados con información productiva proveniente de fincas donde el manejo de los animales está sujeto a una amplia variación de ambiente. En el actual estudio durante el 2008 se presentaron mejores condiciones que permitieron que los corderos mostraran una mayor eficiencia de crecimiento predestete con relación a los otros años.

Tabla 3. *Efecto de la interacción de rebaño por época de nacimiento en el PVN de reproductoras Pelibuey y mestizas Pelibuey.*

Rebaños	Época de nacimiento			
	1		2	
	Medias	EE ±	Medias	EE ±
Barbarita	2.52[b]	0.05	2.81[c]	0.05
Baró	2.10[a]	0.07	2.02[a]	0.06
Corralito	2.28[ab]	0.06	2.31[b]	0.05

abc: letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas (P<0.05)

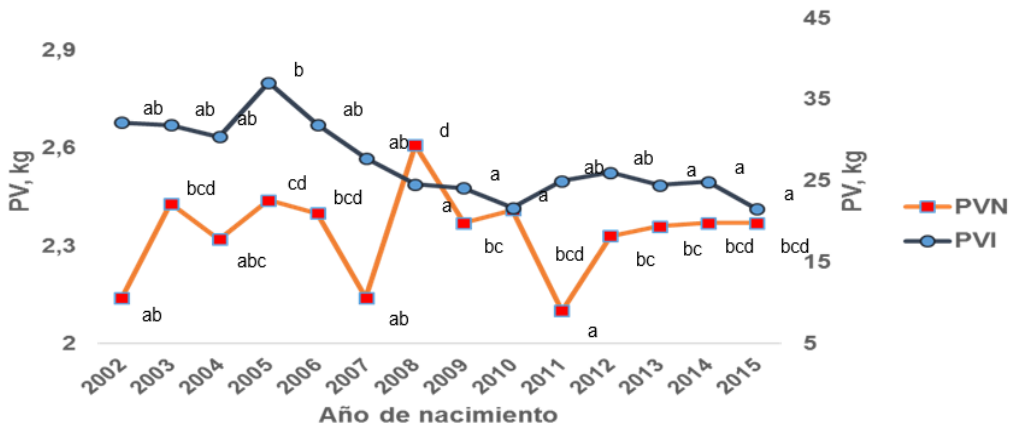


Figura 1. *Efecto del año de nacimiento en el PVN y el PVI de reproductoras Pelibuey y mestizas Pelibuey.*

En el caso del PVI también se mostró variable en los años de estudio, siendo el mayor valor en el año 2005 y a partir de ahí hubo un descenso donde las medias nunca estuvieron por encima de 30 kg que es lo establecido en nuestro país debido a las dificultades imperantes en cuanto a la base alimentaria (Herrera *et al.* 2010). No obstante, los valores obtenidos son similares a los reportados por Pérez *et al.* (2011) con medias que oscilaron entre 27 y 29 kg.

CONCLUSIONES

Se concluye que el peso vivo al nacimiento, al destete y la incorporación de la hembra ovina Pelibuey y sus mestizos en la EPG "Camilo Cienfuegos" de Pinar de Rio fueron afectados principalmente por los efectos del rebaño y año de nacimiento, por lo que se deben continuar las investigaciones de este rasgo con muestras mayores y con información genealógica para realizar estimados de su heredabilidad. Además, se sugieren establecer correlaciones genéticas con otros rasgos de interés, para poder recomendar su inclusión en los programas de mejora genética.

BIBLIOGRAFIA

Cruz, F y López, R. 1991. Estudio de caracteres productivos y Reproductivos del ovino Pelibuey. Folia amazónica IIAP Vol. Nº 3.

González-Garduño, R; Glafiro Torres-Hernández G y Arece-García, J. 2010. Comportamiento productivo y reproductivo de ovinos Pelibuey en un sistema de pariciones aceleradas con tres épocas de empadre al año. Zootecnia Tropical., 28(1): 51-56.



Herrera, J., Jordán, H. y Senra, A. F. 2010. Aspectos del manejo y alimentación de la reproductora ovina Pelibuey en Cuba. Instituto de Ciencia Animal. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, Tomo 44, N0 3.

Hinojosa-Cuéllar, J; Oliva-Hernández, J; Torres-Hernández, G y Segura-Correa, J. 2013. Comportamiento productivo de corderos F1 Pelibuey x Blackbelly y cruces con Dorper y Katahdin en un sistema de producción del trópico húmedo de Tabasco, México. Archivos de Medicina Veterinaria 45: 135-143.

López-Leyva, Y; Arece-García, J; Torres-Hernández, G y González-Garduño, R. 2017. Efecto del número de partos en el comportamiento productivo de ovejas Pelibuey y mestizos de Pelibuey en condiciones de producción. Revista Pastos y Forrajes, Vol. 40, No. 1, enero-marzo, 73-77.

Pérez, K. 2009. Efecto de la suplementación durante la gestación -lactación en la oveja Pelibuey cubana en el municipio de Pilón. Tesis en poción al título de Master en Nutrición Animal. Facultad de Medicina Veterinaria. Universidad de Granma, Cuba.

Pérez, K; Fonseca N; Vázquez J; Rojas, N; Botello A; Fernández, J; Valera, Y; Sánchez J y Miranda M. 2011.Caracterización de indicadores bioproductivos del ovino Pelibuey en el municipio de Pilón. Revista electrónica de Veterinaria 1695-7504. Volumen 12. Número 6. En línea) Disponible en: http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n060611/061109.pdf

Ponce, I. 2000. Comportamiento de ovinos Pelibuey en desarrollo sobre pastos mejorados. Tesis en poción al título de Master en Nutrición Animal. Facultad de Medicina Veterinaria. Universidad de Granma, Cuba.

SAS. 2013. Users guide: Statistic. V. w.9.3. De SAS Institute. INC, Cary, N. C., USA.

BMA-41. Ganadería sostenible: resiliente e inteligente

Sustainable livestock farming: resilient and intelligent

B. I. Garea Moreda[1*]

[1] Presidenta Cátedra UNESCO "Medio Ambiente y Desarrollo", Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas (InsTec/Universidad de la Habana, La Habana, Cuba

[*]Correspondencia a: barbaragarea@yahoo.es

RESUMEN

El cambio climático constituye el principal desafío ambiental del siglo XXI, con efectos cada vez más intensos sobre el bienestar humano, la salud, el acceso a recursos vitales y la seguridad alimentaria. En este contexto, la ganadería requiere atención especial: es una actividad esencial para garantizar alimentos, sostener comunidades rurales y dinamizar las economías nacionales, pero al mismo tiempo se ve crecientemente afectada por los peligros de un clima cambiante, como el calor extremo, las lluvias torrenciales, las sequías prolongadas, el incremento de las inundaciones costeras y la mayor frecuencia e intensidad de los incendios forestales. A la vez, la ganadería constituye una fuente significativa de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), con una contribución estimada del 14,5 % a nivel global, lo que evidencia su papel en la causa del cambio climático.

Esta doble condición del sector ganadero —pilar de la seguridad alimentaria y, a la vez, contribuyente al cambio climático y afectado por el propio cambio climático— convierte a la ganadería bovina en un área estratégica para integrar acciones de adaptación y mitigación. En particular, debe destacarse que, dentro de este sector, la ganadería bovina es la principal responsable de dichas emisiones debido a la fermentación entérica y al manejo de estiércol, y reviste especial importancia en Cuba, donde aporta alrededor del 12 % de las emisiones nacionales de GEI, según el Informe Bienal de Transparencia de Cuba (2023).

Esto nos lleva a reconocer que la sostenibilidad de los sistemas ganaderos está estrechamente condicionada por el cambio climático. En este sentido, se requiere integrar dos enfoques complementarios orientados a la producción: ser resiliente y ser climáticamente inteligente. Ser resiliente significa que los sistemas tengan la capacidad de resistir, recuperarse y transformarse frente a sequías, huracanes, olas de calor o escasez de agua, asegurando su continuidad productiva y social. Ser climáticamente inteligente implica, al mismo tiempo, adaptar y mitigar: reducir vulnerabilidades y actuar sobre las emisiones mediante sistemas y cadenas productivas innovadoras, con mayor inclusión social, capaces de generar alimentos de manera sostenible y con una menor huella ambiental.

La viabilidad real de transformar la ganadería hacia la sostenibilidad depende de la articulación equilibrada de los enfoques de resiliencia e inteligencia climática. La resiliencia puede alcanzarse con medidas adaptativas de bajo costo y alto impacto —como la diversificación forrajera, el acceso seguro al agua, el bienestar animal y la gestión comunitaria— que fortalecen la base productiva incluso en condiciones adversas. La ganadería climáticamente inteligente, en cambio, suele asociarse a la introducción de tecnologías y a mayores requerimientos de inversión, lo que genera la percepción de que no siempre es alcanzable. Sin embargo, cuando se implementa de manera gradual y contextualizada, integrando innovaciones apropiadas y accesibles (por ejemplo, sistemas silvopastoriles, biodigestores modulares, kits fotovoltaicos y cercas eléctricas eficientes), este enfoque se convierte en un motor de productividad y sostenibilidad.

A nivel mundial y regional, la ganadería bovina enfrenta un doble reto: garantizar proteína de alta calidad para la población y reducir emisiones. Países desarrollados como Nueva Zelanda y Dinamarca han avanzado con dietas de precisión, aditivos reductores del metano entérico y manejo avanzado de estiércol (incluido biogás). En América Latina, destacan experiencias relevantes en contextos con menores recursos: el Programa ABC en Brasil (MAPA/Embrapa, 2018) promovió más de 11 millones de hectáreas con prácticas bajas en carbono, logrando reducciones significativas de emisiones y aumentos de productividad; el Proyecto de Ganadería Colombiana Sostenible (2010–2017) estableció 32 000 ha de sistemas silvopastoriles, mejorando la producción y la biodiversidad y reduciendo la intensidad de emisiones; y en Nicaragua, proyectos comunitarios apoyados por FAO y agencias de cooperación demostraron que biodigestores familiares, bancos de forraje y cosecha de agua fortalecen la seguridad alimentaria y disminuyen emisiones con baja inversión.

En Cuba, la Tercera Comunicación Nacional (2020) confirma una tendencia sostenida al aumento de la temperatura media (+2 a +3 °C hacia mediados y fines de siglo), la reducción de precipitaciones, la intensificación de sequías y el incremento de eventos extremos, con impactos directos sobre recursos hídricos, ecosistemas y la ganadería. La NDC de 2020 comprometió la ampliación de energías renovables en el sector agropecuario, mientras que la NDC 3.0 (2025) introdujo una meta específica para la ganadería lechera: reducir en 2 % las emisiones por kilogramo de leche producida hacia 2035, mediante mejoras en la dieta, manejo de estiércol y expansión de sistemas silvopastoriles. Las experiencias nacionales ratifican la viabilidad de este camino: el proyecto BASAL (2012–2020) en Camagüey aportó metodologías prácticas de adaptación (cosecha de agua, bancos de forraje, sombra), mientras que el proyecto IRES (2020–2027)



muestra resultados tangibles en restauración de pastizales, introducción de sistemas agroforestales, erradicación de marabú e incorporación de tecnologías de energías renovables (bombeo solar y cercas eléctricas) en fincas.

Avanzar hacia una ganadería sostenible requiere traducir estos enfoques en acciones concretas de política y de práctica. Ello implica integrar la adaptación y la mitigación en las estrategias nacionales y territoriales de desarrollo, garantizar procesos de capacitación y sensibilización que fortalezcan las capacidades técnicas de productores y decisores, y promover una mayor coordinación e integración interinstitucional para alinear ciencia, políticas y producción. Asimismo, resulta esencial establecer mecanismos de monitoreo y evaluación que permitan medir avances y retroalimentar las intervenciones, asegurando la continuidad y escalabilidad de las soluciones. Un enfoque integral, que combine innovación tecnológica, inclusión social y gobernanza participativa, es la condición necesaria para transformar el sector y hacerlo más competitivo y resiliente en un clima cambiante. En este camino, los proyectos de cooperación internacional y las alianzas con organismos multilaterales, junto con el alineamiento con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (en particular el ODS 2, 12, 13 y 15), constituyen un soporte indispensable para acelerar la transición.

En síntesis, la ganadería sostenible —que integra resiliencia e inteligencia climática con inclusión social— representa un pilar estratégico para la soberanía alimentaria de Cuba y una contribución concreta a la acción climática global.

Palabras clave: *Sostenibilidad, cambio climático, gases de efecto invernadero*

Keywords: *Sustainability, climate change, greenhouse gases*

BMA-42. Contribuciones de la Ganadería Sostenible y su Conexión con las NDCs y NAMAs del Sector Ganadero en Centroamérica

Contributions of Sustainable Livestock Farming and its Connection with the NDCs and NAMAs of the Livestock Sector in Central America

Claudia J. Sepúlveda L.

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Costa Rica

Correspondencia a: csepul@catie.ac.cr

RESUMEN

La ganadería desempeña un papel fundamental en Centroamérica, no solo como motor económico sino como una actividad vinculada a la seguridad alimentaria, empleo y desarrollo rural. Sin embargo, el sector también es responsable de una fracción significativa de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), del deterioro de ecosistemas y de la presión sobre suelos y recursos hídricos. Frente a los compromisos climáticos adquiridos en el marco del Acuerdo de París, los países centroamericanos han desarrollado estrategias para reducir emisiones y transitar hacia modelos sostenibles, dentro de los cuales la ganadería sostenible y la implementación de Sistemas Silvopastoriles (SSP) se consolidan como herramientas clave. Este documento presenta un análisis académico sobre cómo la ganadería sostenible contribuye al cumplimiento de las Contribuciones Nacionalmente Determinadas (NDCs) y las Acciones Nacionalmente Apropiadas de Mitigación (NAMAs), destacando los avances regionales, el uso de herramientas como el modelo GEI–CATIE para monitorear emisiones, y ejemplos reales de NAMAs implementadas en Costa Rica, Honduras, Guatemala, Panamá y El Salvador. Se demuestra que la ganadería sostenible no solo reduce emisiones, sino que captura carbono, mejora la productividad y fortalece el bienestar rural, posicionando a la ganadería como parte de la solución climática.

Palabras clave: *Ganadería sostenible, sistemas silvopastoriles, cambio climático, mitigación, Financiamiento.*

ABSTRACT

Livestock farming plays a fundamental role in Central America, not only as an economic driver but also as an activity linked to food security, employment, and rural development. However, the sector is also responsible for a significant portion of greenhouse gas (GHG) emissions, ecosystem degradation, and pressure on soils and water resources. In response to the climate commitments made under the Paris Agreement, Central American countries have developed strategies to reduce emissions and transition to sustainable models, within which sustainable livestock farming and the implementation of silvopastoral systems (SPS) are becoming key tools. This document presents an academic analysis of how sustainable livestock farming contributes to meeting Nationally Determined Contributions (NDCs) and Nationally Appropriate Mitigation Actions (NAMAs), highlighting regional progress, the use of tools such as the GHG-CATIE model for monitoring emissions, and real-world examples of NAMAs implemented in Costa Rica, Honduras, Guatemala, Panama, and El Salvador. It demonstrates that sustainable livestock farming not only reduces emissions but also captures carbon, improves productivity, and strengthens rural well-being, positioning livestock farming as part of the climate solution.

Keywords: *Sustainable livestock farming, silvopastoral systems, climate change, mitigation, financing*

INTRODUCCIÓN

La ganadería en Centroamérica ha sido históricamente un pilar económico y social para los países de la región. Representa entre el 16 % y el 38 % del Producto Interno Bruto agropecuario, dependiendo del país, y es fuente esencial de proteína animal, empleo rural y desarrollo de cadenas agroindustriales locales (FAO, 2021). No obstante, el sistema ganadero convencional está asociado a problemas ambientales significativos como degradación del suelo, pérdida de biodiversidad, contaminación del agua y emisiones de gases de efecto invernadero (IPCC, 2022).

En los últimos años, la comunidad internacional ha incorporado metas climáticas vinculantes a través del Acuerdo de París. Cada país adherido debe establecer sus Contribuciones Nacionalmente Determinadas (NDCs), donde se definen metas de reducción de emisiones y acciones de adaptación al cambio climático (UNFCCC, 2015). Adicionalmente, los países en desarrollo pueden implementar Acciones Nacionalmente Apropiadas de Mitigación (NAMAs), mecanismos voluntarios que permiten desarrollar proyectos de reducción de emisiones con apoyo técnico y financiero internacional (UNFCCC, 2014).





Dentro del sector ganadero, la implementación de ganadería sostenible y específicamente el enfoque de Sistemas Silvopastoriles (SSP**)** se posiciona como una estrategia integral para alcanzar los objetivos climáticos nacionales e internacionales. Estudios recientes demuestran que los SSP permiten reducir emisiones de metano entérico, mejorar la productividad forrajera, restaurar suelos degradados y capturar carbono en biomasa y suelo (Andrade et al., 2023; CATIE, 2022).

El vínculo entre NAMAs, NDCs y ganadería sostenible constituye una innovación institucional que combina ciencia, políticas públicas y financiamiento climático. Se trata de una transición sistémica donde la ganadería deja de ser vista como un problema ambiental y se convierte en parte de la solución.

Objetivos

Objetivo general

Analizar de manera académica la relación entre la ganadería sostenible y su contribución al cumplimiento de las NDCs y NAMAs en el sector ganadero de Centroamérica, con énfasis en el papel de los Sistemas Silvopastoriles y mecanismos de medición de GEI.

Objetivos específicos

1. Describir el papel de la ganadería en la economía centroamericana y los desafíos ambientales asociados.
2. Explicar el marco conceptual de NDCs y NAMAs dentro del Acuerdo de París.
3. Identificar el aporte de los Sistemas Silvopastoriles en mitigación y adaptación al cambio climático.
4. Analizar estudios de caso de NAMAs ganaderas implementadas en Centroamérica.

CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

1.1. Ganadería en Centroamérica: importancia económica, social y ambiental

La ganadería es una de las actividades agropecuarias más relevantes en Centroamérica, tanto económica como socialmente. Representa entre el 16 % y el 38 % del Producto Interno Bruto agropecuario (PIBA) de los países de la región, especialmente en Costa Rica, Nicaragua y Panamá (FAO, 2021). Además, contribuye de manera directa a la seguridad alimentaria mediante la producción de carne y leche, que constituyen fuentes fundamentales de proteína animal para la población (CATIE, 2022).

Desde la perspectiva social, la ganadería genera empleo rural y actividades conexas en las cadenas de valor de la industria alimentaria, como el procesamiento de lácteos y el transporte de productos (SECAC & CATIE, 2022). La actividad también tiene una dimensión cultural e histórica: muchas comunidades rurales han construido sus medios de vida alrededor de sistemas ganaderos familiares o tradicionales (CALAGUA, 2023).

No obstante, el modelo ganadero predominante en la región es extensivo y de baja productividad, basado en grandes áreas de pastoreo con poco manejo técnico. Este modelo es responsable de varios impactos ambientales:

- Degradación del suelo por sobrepastoreo (FAO, 2021).
- Contaminación del agua debido al escurrimiento de nutrientes y estiércol (IPCC, 2022).
- Pérdida de biodiversidad por deforestación para expansión de pasturas (CATIE, 2022).

En términos de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), el sector ganadero aporta una fracción significativa del total de emisiones provenientes de la agricultura en la región. Las principales fuentes de GEI son:

- El metano (CH_4) por fermentación entérica del ganado bovino.
- El óxido nitroso (N_2O) asociado a heces y fertilización de pasturas.
- El dióxido de carbono (CO_2) relacionado con cambios del uso del suelo.

Según el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC), el sector ganadero contribuye aproximadamente con el 14.5 % de las emisiones globales de GEI del sector agropecuario (IPCC, 2022). En Centroamérica, este porcentaje puede ser aún mayor debido al peso relativo de la ganadería en las economías rurales (FAO, 2021).

Así, el desafío central para la región es mantener la importancia económica y social de la ganadería, pero con un enfoque ambientalmente sostenible.

1.2. Cambio climático y compromisos internacionales

El Acuerdo de París (2015) marcó un antes y un después en la gobernanza climática mundial. En él, los países asumieron compromisos nacionales de reducción de emisiones, conocidos como Contribuciones Nacionalmente Determinadas (NDCs).

1.2.1. Contribuciones Nacionalmente Determinadas (NDCs)

Las NDCs son planes climáticos que cada país presenta ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), donde establece:

- Metas de reducción de emisiones hacia 2030 o 2050
- Acciones de mitigación sectoriales (energía, agricultura, transporte, etc.)
- Medidas de adaptación al cambio climático
- Mecanismos de seguimiento o monitoreo (UNFCCC, 2015)

Las NDCs tienen tres características clave:

1. Son vinculantes a nivel internacional. Cada país tiene la obligación de presentar y actualizar su NDC cada cinco años, aumentando su ambición climática (UNFCCC, 2015).
2. Incluyen al sector agrícola y ganadero. En Centroamérica, todos los países mencionan la ganadería como sector estratégico para reducir emisiones (SECAC, 2023).
3. Se apoyan en mecanismos de medición, reporte y verificación (MRV). El cumplimiento de la NDC exige datos confiables sobre reducción de emisiones en fincas.

Así, la ganadería —especialmente si es sostenible— puede contribuir directamente a los objetivos nacionales.

1.2.2. Acciones Nacionalmente Apropiadas de Mitigación (NAMAs)

Las Acciones Nacionalmente Apropiadas de Mitigación (NAMAs) son instrumentos voluntarios utilizados por los países en desarrollo para diseñar o implementar proyectos de reducción de emisiones de GEI. Una NAMA puede consistir en:

- la adopción de tecnologías de producción limpia,
- incentivos económicos para prácticas sostenibles,
- fortalecimiento de capacidades técnicas,
- acceso a financiamiento climático internacional (UNFCCC, 2014).

Las NAMAs son particularmente importantes porque:

- Son voluntarias, pero pueden incluir financiamiento internacional.
- Son sectoriales, es decir, pueden aplicarse solo en el sector ganadero.
- Permiten integrar ciencia, política pública y proyectos productivos (FAO & CATIE, 2023).

Para ser consideradas NAMAs, las acciones deben cumplir con el criterio MRV:

- Medibles
- Reportables
- Verificables

Este estándar internacional exige cuantificar con datos reales la reducción de emisiones en fincas.

En muchos países, las NAMAs funcionan como instrumentos de implementación de las NDCs (CATIE, 2022). Es decir, una NAMA ganadera es una forma concreta de cumplir lo prometido en la NDC nacional.

1.3. Ganadería sostenible

La ganadería sostenible se define como "un sistema que produce carne y leche de manera eficiente y rentable, minimizando el impacto ambiental, restaurando ecosistemas y mejorando el bienestar de los productores" (FAO, 2021).





Sus componentes fundamentales son:

1. Ambiental: conservar recursos naturales y reducir emisiones.
2. Productivo: mejorar costos de producción y rentabilidad.
3. Social: generar empleo rural e inclusión de pequeños productores.

Una transición hacia ganadería sostenible incluye prácticas como:

- Manejo racional del pastoreo.
- Pasturas mejoradas.
- Manejo integrado del estiércol.
- Sistemas silvopastoriles biodiversos (CATIE, 2022).

Estas prácticas reemplazan el modelo extensivo por uno intensivo sostenible, donde se produce más utilizando menos tierra, agua y fertilizantes.

1.4. Sistemas Silvopastoriles (SSP)

Los Sistemas Silvopastoriles (SSP) integran árboles, arbustos y pastos en el mismo espacio productivo. Los SSP aumentan la oferta de alimento, regulan microclimas, mejoran suelos y capturan carbono en diferentes capas del sistema (Andrade et al., 2023).

Sus beneficios se clasifican en tres dimensiones:

- Ambientales: captura de carbono, conservación de biodiversidad, mejora del suelo.
- Económicos: mayor productividad y menor dependencia de insumos externos.
- Sociales: resiliencia frente a sequías y mayor bienestar de productores (CATIE, 2022).

Los SSP representan la innovación más prometedora para descarbonizar la ganadería en Centroamérica.

1.5. Relación conceptual entre NDC – NAMA – ganadería sostenible

La relación entre estos tres elementos se resume así:

- Las NDC son el compromiso del país.
- Las NAMAs son el mecanismo para implementarlo.
- Los SSP son la práctica productiva en la finca.

CAPÍTULO 2. DESARROLLO Y ANÁLISIS TÉCNICO

2.1. Sistemas Silvopastoriles (SSP): fundamento técnico y científico

Los Sistemas Silvopastoriles (SSP) integran tres componentes en una misma unidad de producción: árboles, arbustos y pasturas. Esta integración genera interacciones ecológicas y sinérgicas que mejoran el rendimiento del sistema productivo (CATIE, 2022). La literatura científica es consistente al demostrar que los SSP contribuyen simultáneamente a **mitigación**, **adaptación** y **productividad** (Andrade et al., 2023; FAO, 2021).

Desde el enfoque técnico, los SSP se basan en cinco principios:

1. Diversificación de estratos vegetales La presencia de diferentes alturas (pastos, arbustos y árboles) maximiza la captura de radiación solar y la fotosíntesis (CATIE, 2022).
2. Eficiencia en el ciclado de nutrientes Los árboles incorporan nutrientes de estratos profundos del suelo y los devuelven a la superficie a través de hojarasca, aumentando materia orgánica (FAO, 2021).

3. Reducción del estrés térmico animal La sombra de los árboles reduce entre 3 °C y 9 °C la temperatura ambiental en zonas tropicales, lo que se traduce en mayor ganancia de peso y mayor producción de leche (CATIE, 2022).
4. Oferta alimenticia continua Los sistemas silvopastoriles brindan hojas y frutos comestibles durante épocas secas, donde las pasturas tradicionales sufren pérdida de calidad.
5. Captura de carbono en el suelo y la biomasa Los SSP capturan carbono tanto sobre el suelo (troncos, ramas, raíces) como bajo el suelo (materia orgánica), lo que los convierte en tecnologías climáticamente inteligentes (Andrade et al., 2023).

Beneficios identificados por la investigación científica

Dimensión	Resultado observado en la literatura
Productividad	+20 % hasta +40 % en ganancia diaria de peso o producción de leche (FAO, 2021).
Mitigación	Captura de carbono entre 2 a 12 t CO_2e/ha/año (CATIE, 2022).
Bienestar animal	Reducción del estrés térmico y mejor condición corporal (Andrade et al., 2023).

Los SSP demuestran que la sostenibilidad no es un concepto abstracto: es una tecnología medible.

2.2. Evidencia científica de reducción de GEI en SSP

Un estudio realizado en México en tres estados ganaderos (Jalisco, Campeche y Chiapas) comparó fincas con manejo convencional y fincas con manejo silvopastoril biodiverso (Andrade et al., 2023). Los resultados fueron contundentes:

- Las fincas silvopastoriles redujeron la intensidad de emisiones por kg de carne producida.
- La presencia de árboles permitió compensar hasta el 100 % de las emisiones generadas por el ganado, dependiendo de la densidad forestal del sistema.

El estudio encontró que la compensación de emisiones puede alcanzar la neutralidad climática a nivel de finca en menos de cinco años (Andrade et al., 2023).

Otros hallazgos relevantes:

- La captura de carbono en los árboles fue hasta 10 veces mayor que en sistemas sin árboles.
- Los suelos de SSP tienen entre 20 % y 30 % más materia orgánica, lo que indica mayor secuestro de carbono y mejor estructura del suelo (CATIE, 2022).

En resumen:

Los SSP no solo reducen emisiones; pueden convertir a la finca ganadera en un sumidero neto de carbono.

Esto demuestra que la ganadería puede dejar de ser parte del problema y pasar a ser parte de la solución climática.

2.3. Herramienta GEI–CATIE: cuantificación de emisiones en fincas ganaderas

Uno de los principales desafíos de la ganadería para acceder a financiamiento climático ha sido la falta de herramientas para medir emisiones en fincas (FAO & CATIE, 2023). Para superar esta barrera, el CATIE desarrolló el modelo **GEI–CATIE**, una herramienta que cuantifica emisiones de:

- metano (CH_4) por fermentación entérica,
- dióxido de carbono (CO_2) por uso de combustibles y cambio de uso del suelo,
- óxido nitroso (N_2O) por manejo del estiércol y fertilización.



La herramienta utiliza ecuaciones del IPCC (2006) y datos reales de producción proporcionados por las fincas (CATIE, 2022). Esto permite estimar:

- emisiones por animal,
- emisiones por hectárea,
- emisiones por litro de leche o kilogramo de carne.

También calcula la huella de carbono del producto, dato fundamental para mercados internacionales que exigen productos de baja emisión (como la Unión Europea).

Este tipo de medición convierte al productor en un agente activo dentro de la NDC ganadera del país, porque sus reducciones de emisiones ya pueden ser reportadas en la contabilidad nacional (SECAC, 2023).

2.4. Cómo se genera una NAMA Ganadera

Una NAMA ganadera es un programa nacional para transformar el sector ganadero en bajo en emisiones. Su estructura usual es:

1. Diagnóstico y línea base de emisiones.
2. Promoción de tecnologías sostenibles (ej.: SSP).
3. Asistencia técnica y capacitación.
4. Implementación de MRV con herramientas como GEI–CATIE.
5. Acceso a financiamiento climático (CATIE, 2022).

Esto se traduce en un salto histórico: los productores pueden demostrar sus reducciones de carbono y, eventualmente, recibir compensaciones económicas por ellas.

Costa Rica fue el primer país del mundo en registrar una NAMA de ganadería ante la ONU (GCF, 2020).

CAPÍTULO 2 — DESARROLLO Y ANÁLISIS TÉCNICO

2.5. NAMAs ganaderas en Centroamérica: de la teoría a la práctica

Como se explicó anteriormente, las NAMAs son instrumentos nacionales que permiten operacionalizar los compromisos climáticos establecidos en las NDCs (UNFCCC, 2014). En Centroamérica, la ganadería ha sido priorizada debido a su relevancia económica y su potencial para reducir emisiones mediante Sistemas Silvopastoriles (CATIE, 2022).

2.5.1. Costa Rica — NAMA Ganadería Sostenible (2015–2025)

Costa Rica fue el primer país del mundo en registrar ante la Convención Marco la NAMA Ganadería como proyecto oficial (Ministerio de Agricultura y Ganadería [MAG], 2015). Su objetivo principal es transformar el sector ganadero hacia modelos de baja emisión y alta productividad.

Elementos clave:

- asistencia técnica a productores,
- implementación de SSP,
- aplicación de MRV utilizando herramientas como GEI–CATIE,
- acceso a incentivos financieros para prácticas sostenibles (MAG, 2015).

Resultados hasta 2023:

- Más de 3.000 fincas ganaderas vinculadas al programa,
- Incremento de hasta 30 % en productividad de pasturas,
- Reducción de emisiones basada en intensidad (kg CO_2e por litro de leche) (CATIE, 2022).

La NAMA Ganadería de Costa Rica se considera un referente internacional y ha sido replicada por otros países de la región (FAO & CATIE, 2023).

2.5.2. Honduras — Proyecto MAF ganadería baja en emisiones (2024–2030)

En Honduras, la NAMA Ganadera se ha desarrollado desde un enfoque territorial, priorizando fincas de pequeños y medianos productores ubicadas en zonas vulnerables al cambio climático (FAO, 2023).

Componentes principales:

1. Asistencia técnica directa en finca.
2. Implementación de sistemas silvopastoriles biodiversos.
3. Incorporación de modelos MRV para demostrar reducciones reales de emisiones.

Resultados preliminares (2022–2025):

- 1250 fincas seleccionadas,
- desarrollo de planes de finca,
- primeras reducciones certificadas de emisiones (MAF, 2025).
-

Este proyecto demostró que la combinación de financiamiento climático + innovación productiva genera impactos sociales y ambientales: mayor productividad, mejor ingreso y resiliencia frente a sequías.

"La NAMA permite convertir la reducción de emisiones en un activo financiero para el productor" *(FAO & CATIE, 2023).*

2.5.3. Guatemala — NAMA en formulación (2023–2030)

Guatemala se encuentra en fase de formulación de su NAMA Ganadera, apoyada por organismos internacionales como el Fondo de Adaptación (IARNA-URL, 2023). Esta NAMA se orienta especialmente a:

- territorios indígenas,
- áreas afectadas por degradación de suelos,
- articulación con mercados de carbono.

La innovación clave de Guatemala es la incorporación de la ganadería sostenible como parte de una estrategia de restauración ecológica en el corredor seco centroamericano (SECAC, 2023).

2.5.4. Panamá — Escalamiento de prácticas sostenibles

Panamá trabaja en escalar prácticas silvopastoriles en regiones priorizadas para enlazar ganadería sostenible y conectividad ecológica (MiAmbiente, 2024). Este enfoque introduce un objetivo adicional:

- mantener corredores biológicos que permitan el movimiento de fauna entre áreas naturales protegidas.

Esto demuestra que la ganadería sostenible puede contribuir a la conservación de biodiversidad, además de reducir emisiones (CATIE, 2022).

2.5.5. El Salvador — Formulación de la NAMA Ganadera (2024–2030)

El Salvador, con apoyo del Fondo de Adaptación, está fortaleciendo la resiliencia climática de pequeños ganaderos mediante:

- sistemas silvopastoriles intensivos,
- cosecha de agua,
- capacitación en manejo sostenible de pasturas (MARN, 2024).

Este país enfrenta un contexto donde el acceso a tierra es limitado, por lo que el enfoque es producir más **en menos espacio**, sin expansión de frontera agrícola.



2.6. Síntesis: Lo que las NAMAs lograron en la región

Los proyectos ganaderos basados en NAMAs han logrado avances en tres dimensiones:

Dimensión	Cambio generado por la NAMA
Ambiental	Reducción de emisiones y aumento de secuestro de carbono.
Productiva	Mayor producción por animal y por hectárea.
Social	Mejora del ingreso familiar mediante mayor productividad.

La evidencia empírica muestra que los productores adoptan prácticas sostenibles más rápido cuando:

1. Tienen acompañamiento técnico,
2. Ven mejoras en la productividad,
3. Acceden a financiamiento (FAO, 2021; CATIE, 2022).

2.7. Conexión entre NDCs, NAMAs y Sistemas Silvopastoriles

La relación puede sintetizarse así:

- Las NDCs establecen compromisos internacionales para reducir emisiones.
- Las NAMAs operacionalizan esos compromisos con programas nacionales.
- Los SSP generan las reducciones de emisiones dentro de las fincas.

NDC → NAMA → finca ganadera → reducción real de emisiones. (FAO & CATIE, 2023).

Los sistemas silvopastoriles constituyen el eslabón productivo y verificable que demuestra el cumplimiento de las metas climáticas.

CAPÍTULO 3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1. Síntesis de hallazgos

El análisis realizado en este documento demuestra que la ganadería en Centroamérica constituye una actividad estratégica para el desarrollo económico y social, pero también representa un reto ambiental significativo. La información recopilada permite afirmar que el modelo ganadero tradicional —basado en sistemas extensivos, baja productividad por hectárea y alto impacto ambiental— no es compatible con los compromisos climáticos que los países de la región han asumido ante la comunidad internacional (FAO, 2021; IPCC, 2022).

Frente a ese escenario, la ganadería sostenible, y específicamente los Sistemas Silvopastoriles (SSP), emergen como una alternativa técnicamente viable, económicamente rentable y ambientalmente necesaria. La ganadería sostenible rompe con el paradigma de que la producción pecuaria necesariamente genera altos niveles de emisiones y degradación ambiental. La evidencia científica demuestra lo contrario: una ganadería orientada a la gestión eficiente de recursos, con árboles y cobertura vegetal permanente, puede convertirse en un sumidero neto de carbono (Andrade et al., 2023; CATIE, 2022).

Los SSP permiten:

- Capturar carbono en biomasa aérea y en el suelo,
- Reducir la intensidad de emisiones por kilogramo de producto,
- Aumentar la productividad por hectárea,
- Conservar biodiversidad y agua,
- Mejorar la resiliencia frente al cambio climático.

Todo esto convierte a los SSP en el componente productivo ideal para respaldar NAMAs ganaderas y para aportar reducciones de emisiones cuantificables a las NDCs (FAO & CATIE, 2023).

3.2. La ganadería sostenible como herramienta para cumplir compromisos climáticos

Los países de Centroamérica han asumido compromisos formales en sus NDCs para reducir emisiones de gases de efecto invernadero en el sector agropecuario. Sin embargo, para cumplirlos se requiere evidencia verificable. Es aquí donde se inserta la importancia de instrumentos como:

- NAMAs ganaderas, que operacionalizan estrategias de reducción de emisiones,
- GEI–CATIE, que permite medir emisiones reales en fincas (CATIE, 2022).

Estos elementos facilitan que las fincas no solo adopten prácticas sostenibles, sino que también demuestren científicamente que reducen emisiones de GEI.
Esta capacidad de medir, reportar y verificar (MRV) convierte al productor agropecuario en un actor dentro de la agenda climática nacional.

En otras palabras:

La ganadería sostenible no solo produce alimentos, sino también reducciones de carbono medibles.

3.3. NAMAs ganaderas como motor de transformación

Las NAMAs han demostrado ser instrumentos eficaces para transformar sectores productivos mediante:

1. Asistencia técnica y transferencia de conocimiento,
2. Apalancamiento de financiamiento climático,
3. Introducción de prácticas innovadoras en finca.

La experiencia de Costa Rica, Honduras, Guatemala, Panamá y El Salvador muestra que una NAMA puede generar cambios estructurales en corto tiempo si existe:

- articulación entre instituciones de gobierno,
- acceso a incentivos o financiamiento climático,
- acompañamiento técnico sostenido.

Los resultados obtenidos en Costa Rica y Honduras demuestran que:

- los productores adoptan tecnologías sostenibles más rápido cuando hay acompañamiento técnico,
- las reducciones de emisiones pueden verificarse y cuantificarse mediante MRV,
- las NAMA fortalecen el vínculo entre ciencia, política pública y economía rural (FAO & CATIE, 2023).

Este avance es una señal clara de que la ganadería puede ser compatible con la descarbonización.

3.4. La evidencia derriba mitos: producir más, contaminando menos

Uno de los aportes más importantes de la literatura analizada es la relación directa entre productividad y mitigación.

Los estudios muestran que cuando la eficiencia del sistema aumenta:

- disminuyen los días requeridos para alcanzar peso de mercado,
- disminuyen emisiones entéricas acumuladas por animal (IPCC, 2022),
- se reduce la presión sobre la expansión de nuevas áreas de pasturas (CATIE, 2022).

Esto significa que **la** sostenibilidad no reduce la productividad, la incrementa.

"No hay contradicción entre productividad y sostenibilidad; hay complementariedad."



3.5. Recomendaciones estratégicas

A partir del análisis realizado, se presentan recomendaciones dirigidas a tres niveles: política pública, sector productivo e investigación.

A. Recomendaciones para política pública

1. Integrar los Sistemas Silvopastoriles como práctica prioritaria en planes nacionales de descarbonización.
2. Vincular incentivos financieros a la reducción de emisiones verificadas en finca.
3. Fortalecer los sistemas de MRV para incrementar la participación del sector ganadero en mercados de carbono.

B. Recomendaciones para productores y sector privado

1. Adoptar SSP como estrategia para aumentar productividad y resiliencia.
2. Gestionar registros de mediciones (producción, alimentación, emisiones) para acceder a incentivos futuros.
3. Participar en redes de aprendizaje y extensión rural.

C. Recomendaciones para ciencia y academia

1. Continuar la investigación sobre captura de carbono en suelos y biomasa.
2. Generar curvas de absorción de carbono por especie y región.
3. Desarrollar mecanismos simplificados para que pequeños productores accedan a financiamiento climático.

3.6. Conclusión general

Los resultados del análisis permiten afirmar que:

- La ganadería sostenible —basada en sistemas silvopastoriles— es un mecanismo comprobado para cumplir las NDCs mediante NAMAs y MRV.
- La ciencia demuestra que los SSP reducen emisiones, aumentan la productividad y capturan carbono.
- Los países centroamericanos ya están implementando modelos exitosos, demostrando que la transformación ganadera es viable.
- Con ello, se concluye que la ganadería no debe ser vista como parte del problema climático, sino como parte de la solución.

BIBLIOGRAFÍA

Andrade, H., Ibrahim, M., & Villanueva, C. 2023. *The carbon footprint of livestock farms under conventional management and silvopastoral systems*. Nature & Scientific Reports.

CATIE. 2022. *Ganadería sostenible para Centroamérica: resultados de la investigación aplicados al sector productivo*. Cartago, Costa Rica.

FAO. 2021. *LEAD Digital Library: Livestock, Environmental and Development*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

FAO & CATIE. 2023. *NAMAs ganaderas en Centroamérica: aprendizajes y proyección*.

IPCC. 2022. *Sixth Assessment Report: Mitigation of Climate Change*. Panel Intergubernamental de Cambio Climático.

MAG. 2015. *NAMA Ganadería Costa Rica: ficha técnica y registro ante NAMA Facility*. Ministerio de Agricultura y Ganadería.

SECAC. 2023. *Ganadería sostenible y resiliencia en el Corredor Seco Centroamericano*. Sistema de Integración Centroamericana.

UNFCCC. 2014. *Nationally Appropriate Mitigation Actions Registry*. Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático.

UNFCCC. 2015. *Paris Agreement*. Naciones Unidas.

BMA-43. Resiliencia ante el cambio climático en siete municipios de Cuba, su incidencia en los Sistemas Silvopastoriles. Proyecto IRES.

Resilience to climate change in seven municipalities of Cuba, its impact on Silvopastoral Systems. IRES Project.

C. A. Díaz Maza[1], *W. Arregui Valdes*[1], *A. Ávila García*[1*]

[1]Grupo Agroforestal Cuba, Proyecto IRES, Siboney, La Habana, Cuba

[*]Correspondencia a: armandoavilagarcia9@gmail.com

RESUMEN

Desde 2016 comienza a elaborarse en Cuba, un proyecto al Fondo Verde del Clima participando en su elaboración el MINAG, CITMA y FAO. En el 2020 se aprueba y realiza taller de inicio, con el nombre: "Incremento de la resiliencia de hogares y comunidades rurales vulnerables a través de la rehabilitación de paisajes agroforestales productivos en localidades seleccionadas de la República de Cuba" (IRES). Agencia acreditada ante el Fondo Verde del Clima: la FAO en Cuba. (FAO). Entidad ejecutora: el MINAG, en representación del gobierno de Cuba. La FAO es responsable de la implementación financiera y operativa con un total de 38,206,790.80 USD, no reembolsables. Cofinanciamiento del gobierno cubano: 81,707,209.20 PESOS CUBANOS. Total, de financiamiento (GCF + Cofinanciamiento del gobierno cubano): 119,914,000 USD. Período de implementación: 7 años. Vida útil : 20 años. Áreas de resultados del proyecto: Mitigación: Reducción de emisiones por silvicultura y uso del suelo.Adaptación: Incremento de la resiliencia de: Personas, comunidades y regiones más vulnerables. Ecosistemas y servicios ecosistémicos. Se implementa en 7 municipios de Cuba, modificándose más de 35 800 ha, con el 70 % invadido por *Dichrostachys cinérea (*marabú). Implementándose 6 módulos de sistemas agroforestales y silvopastoril ante el Cambio Climático.

Palabras Clave: *Resiliencia; Ganadería, Productividad*

INTRODUCCIÓN

Para un archipiélago y país pequeño como Cuba, una de sus prioridades es la seguridad alimentaria de su población con la implementación de buenas prácticas en el sector agrícola, para mitigar y adaptarse al cambio climático.

El sector agrícola es estratégico y decisivo para la economía del país debido a múltiples razones, incluido su alto porcentaje de participación en el Producto Interno Bruto (PIB), y su papel como una de las principales fuentes de empleo. En él descansa la seguridad alimentaria del país, uno de los principales pilares del sistema social cubano, así como la educación y la salud, entre otros.

Desde el año 2016 comienza a elaborarse en Cuba, una propuesta de un proyecto al Fondo Verde del Clima participando en su elaboración un equipo multidisciplinario del MINAG, CITMA, la FAO y especialistas de diferentes institutos de investigación como: Instituto de Ciencia Animal, Instituto Nacional Agroforestal, Instituto de Suelo e Instituto de Pasto y Forraje.

En el 2020 que se aprueba y realiza taller de inicio, con el nombre: "Incremento de la resiliencia de hogares y comunidades rurales vulnerables a través de la rehabilitación de paisajes agroforestales productivos en localidades seleccionadas de la República de Cuba" (Proyecto IRES-Cuba).

A nivel nacional se considera **una iniciativa estratégica y de alto perfil** para avanzar en la implementación de la **Tarea Vida**, y es el **primer proyecto en Cuba** que invierte directamente en acciones que promueven la reducción y remoción de gases de efecto invernadero a partir de la mejora del uso de la tierra y las actividades forestales. Además, respalda los planes de desarrollo territorial; y en especial, dando respuesta a las acciones previstas en la ejecución de la **Ley de Soberanía y Seguridad Alimentaria y Nutricional** el **Programa Nacional de Adelanto de la Mujer**. Este también incide directamente en los componentes de los **Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).** Finalmente, facilitará la creación de un único Fondo de Resiliencia del Paisaje; y de la Plataforma de Gobernanza para la Resiliencia del Paisaje a escala municipal. (Documentos de Programas y Leyes, Tarea Vida, Ley de Soberanía y Seguridad Alimentaria y Nutricional, Programa de Adelanto de la Mujer Objetivo de Desarrollo Sostenible).

Para implementar buenas prácticas sostenibles de gestión agroforestal en el Área de Implementación del Proyecto (AIP), se han identificado seis módulos productivos basados en los principios de Adaptación Basada en Ecosistemas (EBA), todos vinculados a sistemas agrícolas, ganaderos y forestales. Lo que implicará cambios en la racionalización y las acciones de los agricultores, técnicos y gerentes involucrados en estas actividades.

El Proyecto IRES-Cuba, cuyo objetivo es generar beneficios en términos ambientales, sociales y económicos a través de un enfoque innovador que integra los elementos de adaptación y mitigación para el sustento de las funciones



ambientales a nivel de agro paisajismo, así como mejorar la aplicación de mejores prácticas agrícolas, así como la gestión de los recursos hídricos en las poblaciones más vulnerables en las áreas de implementación del proyecto (AIP).

Las actividades agroforestales en las áreas seleccionadas y sus comunidades son el punto central del proyecto, ya que representan uno de los escenarios más peligrosos y vulnerables a los impactos del cambio climático; responder a estos desafíos requiere ajustes en las políticas, programas y prácticas de gestión. Se hace necesario adoptar nuevos módulos productivos que integren la producción agrícola, ganadera y forestal a corto plazo, generando un verdadero cambio de paradigma que conduzca a un sector agroforestal sostenible, resiliente y bajo en carbono. Además, el proyecto se apropia de uno de los objetivos centrales del Plan Estatal para Confrontar el Cambio Climático, conocido como "Tarea Vida", que abarca Implementar efectivamente los programas y acciones para enfrentar el Cambio Climático (CC), con énfasis en la adaptación, reduciendo la vulnerabilidad.

El sector agrícola en Cuba (agricultura, ganadería y silvicultura) se está desarrollando en un entorno climático cambiante y cada vez más adverso, debido al aumento de las temperaturas, la disminución de las precipitaciones, el aumento del nivel medio del mar, la intensificación y la mayor frecuencia de los ciclones tropicales, la disminución de recursos hídricos en cantidad y calidad, y la pérdida de diversidad biológica (Ver Informe sobre "Adaptación y vulnerabilidad de referencia para la implementación del proyecto, FAO 2018).

Según el estudio citado anteriormente, se considera que con los escenarios previstos para los próximos 100 años y como resultado de las tendencias climáticas actuales, se espera un deterioro en la calidad ambiental general, destacando los recursos hídricos, que serán uno de los más severamente afectados, lo que resulta en repercusiones críticas para otros recursos y sectores.

Los territorios donde se implementará el proyecto (AIP) han enfrentado durante los últimos tres años, los períodos de sequía más intensos y prolongados de los últimos 115 años lo que ha llevado, por un lado, a la proliferación de enfermedades en las personas y por otro lado, a una caída en la productividad de los cultivos y la producción ganadera, incluida la muerte de miles de cabezas de ganado.

La población vulnerable a la sequía asciende a un total de 237 014, que comprende 79 005 hogares vulnerables (FAO, 2018).

La escasez de agua afectó a más mujeres para quienes el acceso y almacenamiento de agua para lavar, cocinar y limpiar, entre otras tareas reproductivas, es una de sus necesidades básicas directamente relacionadas con el objetivo de mejorar la calidad de vida que tienen hoy.

Según la Segunda Comunicación Nacional Cubana a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre CC (Álvarez, 2011), la investigación realizada en 29 cultivos muestra que el 65% de ellos están afectados por diversos elementos, por lo tanto, el rendimiento potencial es inferior al 50%; la productividad primaria neta probablemente disminuirá porque el lapso de las fases fenológicas de los cultivos se acortará progresivamente. Las áreas agrícolas se reducirán debido a la erosión del suelo la salinización, los volúmenes de agua disponibles disminuirán en cantidad y calidad y la superficie del ecosistema de manglar se verá afectada, todo lo cual resultará en un éxodo rural creciente hacia las áreas urbanas (Álvarez y Mercadet, 2012).

Como dato general: Agencia acreditada ante el Fondo Verde del Clima: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).

Entidad ejecutora del proyecto: Ministerio de la Agricultura, en representación del gobierno de Cuba.

La FAO es responsable de la implementación financiera y operativa con un total de 38,206,790.80 USD, no reembolsables.

Cofinanciamiento del gobierno cubano: 81,707,209.20 PESOS CUBANOS.

Total, de financiamiento (GCF + Cofinanciamiento del gobierno cubano): 119,914,000 USD.

Período de implementación: 7 años. Vida útil total del proyecto: 20 años.

Áreas de resultados del proyecto:

a. Mitigación: Reducción de emisiones por silvicultura y uso del suelo.

b. Adaptación: Incremento de la resiliencia de: Personas, comunidades y regiones más vulnerables.

Ecosistemas y servicios ecosistémicos.

El proyecto se implementa en 7 municipios de las provincias Matanzas, Villa Clara y Las Tunas, modificándose más de 35 800 ha, con el 70 % invadido por la especie exótica invasora marabú.

Implementándose 6 módulos de sistemas agroforestales y silvopastoril que permitirá un paisaje agrícola sostenible ante el cambio climático.

Para garantizar este objetivo, el proyecto diseñó módulos que operan bajo sistemas sostenibles, que cumplen funciones relevantes en el escenario en el que se desarrollan y también se centran en garantizar una mayor resiliencia de las personas, los hogares y los ecosistemas vulnerables.

Estas funciones se resumen en:

- Proteger y mejorar los recursos hídricos superficiales y subterráneos para lograr una mayor disponibilidad de agua, en cantidad y calidad.
- Disminuya o detenga la intrusión de agua salada, de ahí la salinización de suelos y acuíferos.
    - Mejorar la calidad de vida de las personas y los hogares que actualmente viven en zonas económicamente deprimidas.
    - Aumentar el secuestro de carbono en el sistema agrario cubano a través de prácticas sostenibles.
    - Proteger y mejorar el suelo agrícola y ganadero contra la erosión y otros factores degradantes.
    - Crear nuevo hábitat y contribuir a la conservación de la biodiversidad terrestre existente en el AIP.
    - Restaurar áreas invadidas por el marabú y su conversión a sistemas de biodiversidad, más productivos y resistentes.
    - Aumentar el índice de bosques (Ib) / cobertura forestal en el AIP mediante la reconversión de áreas ociosas e improductivas en sistemas agroforestales sostenibles.
    - Establecer plantaciones forestales con biodiversidad, incluidas las de naturaleza comercial, de manera que sean más resistentes al cambio climático y mejoren los servicios ecosistémicos que brindan.
    - Diversifique el paisaje rural con diferentes modalidades productivas que ajusten y beneficien tanto a los pequeños productores como a las empresas estatales.
    - Aumentar la presencia de árboles en el paisaje de AIP.
    - Promover y mejorar la creación de hábitats y reducir la fragmentación de los bosques para mejorar la conectividad entre los ecosistemas.
    - Aumentar la productividad de cultivos, sistemas ganaderos y bosques.
    - Proteger, mejorar y establecer bosques de galería como factor de regulación del agua.
    - Ampliar el conocimiento dentro de la población rural sobre los beneficios de aplicar buenas prácticas en el sector agrícola y su importancia para enfrentar el cambio climático.

En principio, estos módulos productivos pueden implementarse en las formas productivas no estatales existentes en el país, como la Cooperativa de Producción Agrícola (CPA), la Cooperativa de Crédito y Servicios (CCS), la Unidad Básica de Producción Cooperativa (UBPC), los usufructuarios de tierras beneficiadas por el Decreto Leyes No. 259 primero y luego No. 300, así como por compañías estatales. Los módulos productivos se han diseñado sobre la base de experiencias prácticas complementadas con resultados de investigación.

Los módulos productivos resumidos en este documento no han sido altamente promovidos en el país debido a diversas consideraciones, entre las cuales se encuentran la escasez de recursos esenciales para implementarlas; la ineficiencia gubernamental de las unidades de extensión y otras entidades, la capacitación que se lleva a cabo en el sector agrícola y forestal y la resistencia al cambio por parte de administradores, técnicos, agricultores y administradores de tierras en general.

Los sistemas agroforestales son reconocidos internacionalmente como técnicas tradicionales aplicadas en regiones tropicales, donde se integran la agricultura, la ganadería y los árboles, en una sola unidad de gestión. (Colectivo de autores: Sistemas Agroforestales en Cuba, INAF)

Los sistemas silvopastoriles juegan hoy un papel protagónico en la ganadería, llamada también ganadería climáticamente inteligente o ganadería regenerativa, sin dudas permiten bienestar animal superior disminuyendo las temperaturas hasta 20 grados, mejoramiento de los suelos, alimentación balanceada, sub productos del bosque, miel, madera, frutos y servicios ecosistémicos, finalmente incremento de leche y carne, un sistema más resiliente y sostenible

La implementación se realiza en 7 municipios (Amancio, Jobabo y Colombia en la Provincia de Las Tunas, Corralillo, Quemado y Santo Domingo en la Provincia de Villa Clara y Los Arabos en la Provincia de Matanzas) de los 169 municipios del país, son seleccionados por presentar los daños más severos en materia de Cambio Climático en Cuba.

Los Módulos son los siguientes:





El presupuesto por programas de la agricultura:

PRESUPUESTO POR PROGRAMA PRODUCTIVO		
PROGRAMAS	**Monto en USD**	**Área en Ha**
FORESTAL	**15 945 158,22**	**14688,9**
FRUTALES	**4 847 507,34**	**2657,8**
GANADERO	**14 115 322,00**	**22756,3**
TOTAL	**34 908 287,56**	**40103,0**

MATERIALES Y MÉTODOS

- ✓ *Diagnóstico de los sitios de intervención.*
- ✓ *Los 6 Módulos pre establecidos por el Proyecto.*

RESULTADOS Y DISCUSIÒN

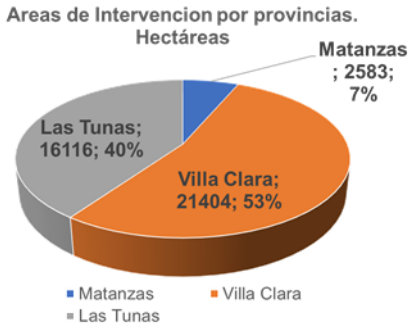
- ✓ *Diagnóstico de los sitios de intervención.*

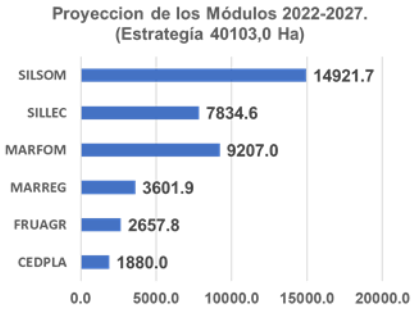
Partiendo de escenarios deprimidos desde el punto de vista social y económico y de muy baja productividad, especialmente en el sector agrícola, lo que se debe, entre otras razones, a la escasez de agua (sequías más frecuentes y prolongadas), fenómenos meteorológicos extremos como huracanes, intrusión de agua salada y cuencas subterráneas.

La implementación se realiza en 7 municipios (Amancio, Jobabo y Colombia en la Provincia de Las Tunas, Corralillo, Quemado y Santo Domingo en la Provincia de Villa Clara y Las Arabos en la Provincia de Matanzas) de los 169 municipios del país, son seleccionados por presentar los daños más severos en materia de Cambio Climático en Cuba.

Áreas de Intervención:







Transformar **35 mil 734** hectáreas, en módulos agroforestales **15 mil 545** hectáreas y en silvopastoriles **20 mil 189** hectáreas.

Resultados Esperados y Acciones Realizadas

- Intervenir 35 mil 734 hectáreas, de ellas afectada por marabú 28 mil 854,8 hectáreas (Tarea Vida, PSAN,ODS). Se crearon las UEBIST y la primer MiPymes Estatal con equipos para prestar servicios técnicos y preparación de tierra; erradicadas de marabú más de 8 300 ha y en implementación más de 9 200 ha.
- beneficiar 3 mil 092 ha con riego por goteo (Tarea Vida, PSAN,ODS); ya con proyectos ejecutivos y en proceso de compra.
- Restaurar más de 20 mil ha para la ganadería (Tarea Vida, PSAN,ODS); en proceso de limpia y siembra de arboles.
- Impactar a 156 formas productivas (CCS 63, CPA 23, UBPC 40, UEB 21, Granjas 6, IPA 2, INIVIT 1y Estación de pastos y forrajes 2 Tunas y Villa Clara, 7 Empresas Agroindustriales y 3 Empresas Agroforestales (Tarea Vida, PSAN,ODS); creada la Infraestructura de Datos Espaciales (IDE) para el control de los avances de las formas productivas en 1242 parcelas.
- Incrementar el patrimonio forestal con siembra intercalada de granos, vianda, frutales y la producción de maderas (Tarea Vida, PSAN,ODS); producidas más de 2500 toneladas de alimentos, más 900 000 litros de leche y 350 t de carne.
- Beneficiar a más de 51 mil personas de forma directa y 240 mil de modo indirecto, de ellas 125 mil mujeres como parte de la estrategia de género (PAM, Tarea Vida, PSAN,ODS); hoy se benefician más de 19700 personas y de ellas el 35 % mujeres.

SILVOPAT – 2025 | ICA | ISBN: 978-959-7171-88-1 | Cu-ID: https://cu-id.com/book/978-959-7171-88-1



- Crear 17 escuelas de campo, capacitando a más de 15 mil 549 agricultores (PAM, Tarea Vida, PSAN,ODS); establecidas 18 aulas de campo, capcitadas mas de 7000 personas más de 39 % mujeres.
- Incrementar la producción de posturas forestales, frutales y plantas proteicas a partir del montaje de siete viveros de alta tecnología de tubetes (PAM, Tarea Vida, PSAN,ODS); en montaje 3 viveros de alta tecnología.
- Mejorar los servicios ambientales como: la captura de carbono, la disminución de plagas, incremento de la biodiversidad, corredores biológicos, conservación de suelo e incremento de la calidad de las aguas subterráneas y superficiales (Tarea Vida, PSAN,ODS); se observa ya un incremento de la biodiversidad.
- Es necesario crear un fondo de resiliencia del paisaje (PAM, Tarea Vida, PSAN,ODS); Propuesta del Fondo de Resilencia del Paisaje.
- Se necesita un estudio hidrológico por la Agencia GAMMA del CITMA, que permite determinar la existencia de agua subterránea que es posible utilizar para el riego por goteo.

Gran parte de los territorios agrícolas de los 7 municipios se vieron sensiblemente afectados por el cambio de uso de la tierra, al disminuir o eliminarse drásticamente la industria azucarera, la agricultura cañera y, por tanto, el soporte económico e histórico-cultural, provocando la desaparición de empleos tradicionales, el abandono y deterioro de la infraestructura hidráulica, del transporte ferroviario y la pérdida en general de la calidad de vida de los pobladores. (Informe Gramma, 2022)

Podemos concluir sobre el estudio hidrológico e hidrometeorológico lo siguiente:

1. En términos de solución a la problemática de riego y/o abasto planteada, sin comprometer la seguridad hídrica de los territorios:
2. El **potencial hídrico** determinado en los territorios seleccionados, es capaz de satisfacer las demandas del proyecto, sin comprometer la capacidad de los gobiernos locales de proteger el acceso sostenible al agua para el sostenimiento de los medios de vida, el bienestar y el desarrollo socioeconómico.
3. Se arribaron a conclusiones sobre las **proyecciones del balance hídrico** y la satisfacción de la demanda de agua para los escenarios 2030, 2050, 2070, así como los impactos del cambio climático en los cultivos y en la ganadería vacuna.
4. Bajo los **escenarios del cambio climático,** el análisis del potencial hídrico disponible expresa que, aún cuando el escenario más crítico muestra descensos considerables en los volúmenes de agua, es posible satisfacer tanto la demanda del proyecto, como el de otras actividades socio económicas.
5. Metodológicamente y de manera específica, la propuesta de estudio incluyó el análisis de los procesos involucrados en el ciclo hidrológico, permitiendo la estimación y proyecciones del potencial del recurso hídrico.
6. Así mismo, el cálculo la evapotranspiración de referencia y la evapotranspiración de cultivos y especies forestales previstas, utilizando las metodologías recomendadas por la FAO y la demanda de agua de los cultivos, incluyendo la demanda de agua de la ganadería, según las normativas cubanas al respecto.
7. El estudio permitió la estimación y proyecciones del potencial del recurso hídrico, el cual garantiza la implementación de las actividades agropecuarias y forestales previstas en el Proyecto IRES y su alcance sienta las bases para el diseño de los proyectos de riego y abasto específicos, hasta el nivel de las formas productivas y de cada productor involucrado.
8. Fueron identificadas 31 subregiones o zonas específicas de cálculo, 18 en la región central y 13 en la región oriental, sobre la base del criterio de agrupaciones por cuencas, por tipo de formas productivas, módulos, según presencia y densidad de la infraestructura hidráulica más cercana, potencialidades de los acuíferos, y otros aspectos técnicos.
9. El detalle logrado para cada zona estudiada, ofrece bases de cálculo sólidas para la conformación de los proyectos específicos de riego y/o abasto.
10. Se logró una actualización sobre la construcción y/o mantenimiento de reservorios y sistemas de riego por goteo por la norma dispuesta como solución para el riego y abasto.
11. Pero, en todo caso se trata de un cálculo preliminar y de carácter teórico, en tanto se debe complementar y en algunas regiones sustituir, a partir del mejoramiento de las condiciones de acceso a los recursos regulados, partiendo del rescate de infraestructuras hidráulicas desatendidas y/o subutilizadas, teniendo en cuenta la hiperanualidad de diseño.
12. Esta afirmación en términos económicos se estima no supere el costo, respecto a los volúmenes de ejecución previstos en el primer estudio.
13. Para cubrir las necesidades de riego y abasto del proyecto en períodos de déficit hídrico, las aguas subterráneas constituyen un recurso importante a tener en cuenta para reforzar,

14. combinar o complementar el uso de fuentes superficiales.
15. Esta afirmación tiene un mayor peso en la Región Central por el predominio del drenaje subterráneo, sobre el superficial. En algunos municipios y zonas en especifico, el método predominante de obtención de agua será explotando las reservas y potencialidades de los acuíferos no comprometidas con la demanda ya establecida.
16. Los recursos materiales más importantes a demandar en ambas regiones, estarían centrados en:

la construcción y/o mantenimiento de reservorios,

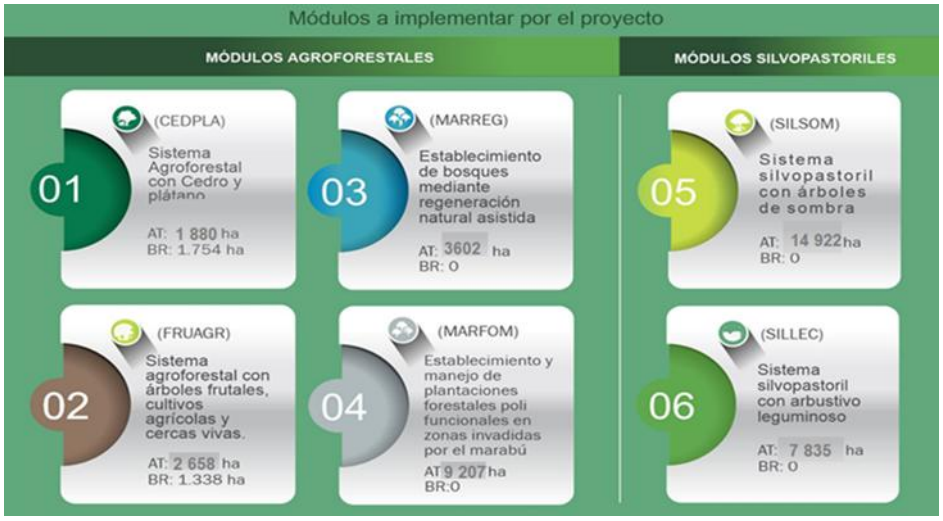
en la reparación y /o mantenimiento de infraestructura hidráulica existente

y en los medios necesarios para la extracción, conducción, riego y /o abasto desde fuentes superficiales y subterráneas.

17. La consideración de nuevos cultivos con bajos requerimiento de agua, además de los inicialmente previstos en el módulo de sistema agroforestal con árboles frutales, cultivos agrícolas y cercas vivas (FRUAGR) son los siguientes: ñame (*Dioscoreas pp.*), quimbombó (*Abelmoschus esculentus*), calabaza (*Cucurbita moschata Duchesne*) y guayaba cimarrona (*Psidium guineense*).
18. En los sistemas silvopastorilesse propone incorporar el pasto estrella (*Cynodon nemfuensis*), la cratylia (*Cratylia argéntea*) y como especies arbóreas endémicas del trópico y Cuba que favorecen la diversificación, alimentación de ganado, sombra y la captura de carbono y que hoy están en zonas ganaderas con buenos resultados las siguientes: Jobo (*Spondias mombin*); guáimaro (*Brusimum alicastrum*); ramón de caballo (*Trophisra cemosa*) y Chote (*Parlamentiera acuelata Seemann*).
19. Ninguno de estos cultivos y especies tiene propuesto utilizar riego por lo cual no varía la demanda en la cosecha de agua y su siembra se adecuará a las diversas condiciones de cada municipio y alternándose con algunas de las ya aprobadas en el módulo con anterioridad.

- ✓ *Los 6 Módulos pre establecidos por el Proyecto.*

Los módulos productivos resumidos en este documento, no han sido altamente promovidos en el país debido a diversas consideraciones, entre las cuales se encuentran la escasez de recursos esenciales para implementarlas, la falta de capacitación que se lleva a cabo en el sector agrícola y forestal y la resistencia al cambio por parte de administradores, técnicos, agricultores y administradores de tierras en general.



IRES
RESILIENCIA CLIMÁTICA EN LOS ECOSISTEMAS AGRÍCOLAS DE CUBA

Nuevo paradigma: sistemas productivos resilientes y sostenibles









IRES
RESILIENCIA CLIMÁTICA EN LOS ECOSISTEMAS AGRÍCOLAS DE CUBA

MÓDULO CEPLA.

Sistema Agroforestal cedro y plátano.
1 880 ha y de ellas bajo riego 1 754 bajo riego.

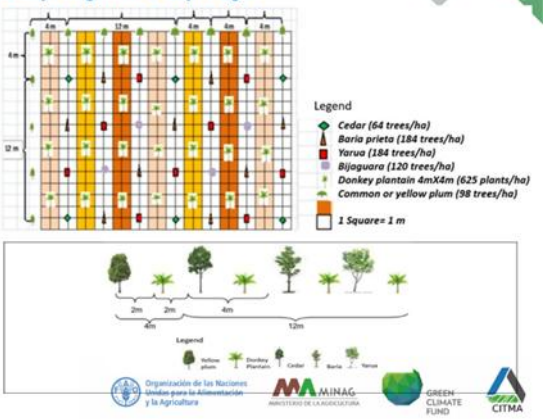
Agrosilvicultura con Cedrela odorata (cedro) intercalados con otras especies forestales, el plátano, cercas vivas en el perímetro y cortinas rompevientos.

El ataque de Hypsipyla grandella (barrenador de las meliaseas en plantaciones jóvenes

Destino de producción: madera en rollo.

Cadena de valor:

- El Cedro para la exportación del tabaco, hoy se gasta de 2,5 a 3 millones de usd, (CITES).
- El plátano para la alimentación.
- Miel de abejas, y servicios ecosistémicos.



IRES
RESILIENCIA CLIMÁTICA EN LOS ECOSISTEMAS AGRÍCOLAS DE CUBA

MÓDULO MARREG.

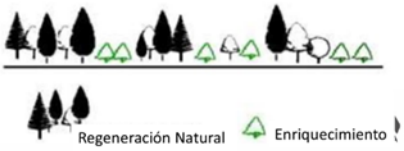
Establecimiento de bosques mediante
la regeneración natural asistida. 3 601,9 ha.

Fomentar bosques, mediante la regeneración natural asistida, con una alta biodiversidad de especies nativas en todos los estratos con mayor capacidad de adaptación y mitigación al cambio climático.

- Establecimiento de bosques a través de la regeneración natural asistida en áreas infestadas de marabú.
- Identificación y selección de árboles jóvenes y regeneración natural de especies de árboles nativos, manejo de la sucesión natural hacia un bosque natural, mediante tratamientos silvícolas y plantaciones de enriquecimiento o restauración de bosques.
- Se utilizan más de 20 especies valiosas y nativas



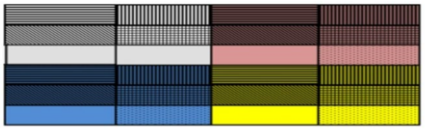
Cadena de valor: Madera en bolo de diferentes surtidos, leña, miel, y servicios ambientales.



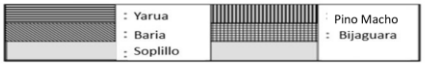
MÓDULO MARFOM.

Establecimiento y manejo de plantaciones **forestales polifuncionales** en zonas invadidas por marabú. 9 207 ha.

Establecer bosques multifuncionales mediante una combinación de especies forestales, donde predominan las nativas sobre las exóticas y se ofrecen importantes servicios ecosistémicos de los que podrán beneficiarse las comunidades rurales de su entorno.



Leyenda



Especies forestales a utilizar:

- Pino macho (Pinus caribaea)
- Baría (Cordia gerascanthus),
- Bijáguara (Colubrina arborescens)
- Yarúa (Caesalpinea violacea)
- Soplillo (Lysiloma bahamensis)

Especies frutales y de otros usos como:

- Marañon (Anacardium occidentale)
- Hicaco (Chrisobalanus icaco)
- Mango (Mangifera indica)
- Mamey de Santo Domingo (Mammea americana)

Se utilizarán otras especies nativas o endémicas cubanas según el suelo, su ecología y estudios que lo demuestre.
La siembra en bloque responde: diversidad de especies para evitar plagas y enfermedad, evitar incendios

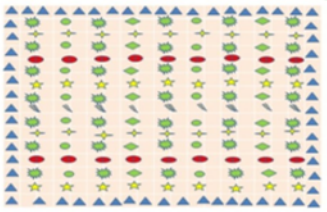
Cadena de valor: Madera en bolo de diferentes surtidos, leña, miel, y servicios ambientales.

MÓDULO FRUAGR.

Sistema Agroforestal con **árboles frutales** y cultivos agrícolas. 2 657,8 ha de ellas con riego 1 338 ha .

Fomentar el policultivo de frutales y cultivos agrícolas intercalados de alta demanda poblacional, con un uso más eficiente del agua (goteo), para ofrecer la seguridad alimentaria en las comunidades rurales.





Para ello, utilizará variedades citrícolas (56 árboles/ha) y mango u otras especies frutales y variedades (64 árboles/ha) en dependencia del suelo, el interés del campesino y asociado al desarrollo local, en combinación con la rotación de cultivos, que incluyen yuca, boniato, maíz, frijoles y otras especies de cercas vivas.

Cadena de valor: Frutas, cultivos varios, miel de abejas, y servicios ambientales.

Especies	Marco de plantación (m)	Número de planta / ha
Mango	12 x 12	64
Cítrico	6X24	32
Mandarina	6X24	24
Ciruela común o amarilla, almacigo	4 m entre plantas	266
Frijol		
Boniato		
Yuca		
Maíz		

MÓDULO SILSOM.

Sistemas silvopastoriles **con árboles de sombra.** 14 921,7 ha

Se propone aumentar la resiliencia de las comunidades y los hogares al cambio climático mediante el establecimiento de prácticas silvopastoriles que mejoren los bajos rendimientos de la producción animal (leche y carne) de 3 l a 7 l /vaca/día y garanticen la generación de fuente estable de empleo. Alcanzar niveles adecuados de calidad de vida de personas y familias. El uso múltiple de la tierra, así como la presencia del componente arbóreo de especies como el (Samanea saman, algarrobo) (para finalmente dejar 50 arboles/ha aproximadamente) en los pastizales en la fase inicial, permite enfrentarse en mejores condiciones biofísicas y socio-físicas al cambio climático.

Samanea saman (algarrobo del país , 100 arboles * ha

Guazuma ulmifolia (guácima):

Bursera simaruba (semillero o indio desnudo en América Central) ***Spondias purpurea*** (ciruela común o amarilla):

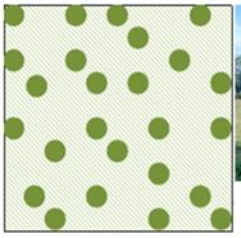
Estrato herbáceo:

Brachiaria Brizantha *(marandu)*

Banco de forrajes de especies proteicas.

Morus sp. (Mora) Moringa oleífera (Moringacortos.

Banco de forrajes con especies energéticas: el 15 % del área total **Saccharum officinarum**





Cadena de valor:

- Leche , carne, queso, cuero, miel de abejas, y servicios ambientales.

SILVOPAT – 2025 | ICA | ISBN: 978-959-7171-88-1 | Cu-ID: https://cu-id.com/book/978-959-7171-88-1





En el caso de los Módulos Silvopastoriles constituyen el 70 % con mas de 20 000 ha, del las 35 000 ha en total a implementar.

Ya desde el 2008 en el trabajo, Evaluación de especies arbóreas para sistemas silvopastoriles, de Febles y Ruiz del ICA se trabaja en estudiar arboles y arbustos para la alimentación del ganado. Se valora la esencia de la evaluación y de su ubicación no absoluta en la cadena productiva de los árboles y arbustos (Febles y Ruiz, 2008).

Los SSP brindan una alta disponibilidad de biomasa comestible, superior a 30 t de MS/ha/año, de la cual el pasto representa el 75-90 % y el follaje de la arbórea el 10-25 % (Colectivo Autores Indio Hatuey)

En la implementación del proyecto se observa mejorías de producción y ambientales en los sitios ya con resultados como pronostica el profesor Chara; La mayor demanda de alimentos de origen animal se debe suplir, en gran medida, por los sistemas de producción animal de los países tropicales, ya que tienen las mejores condiciones para aumentar de forma significativa la producción de alimentos, a partir de su capacidad para generar biomasa (Chará et al., 2015).

Ya se observa en los sitios implementados incrementos en servicios ecosistémicos y en los paisajes agrícolas lo que ratifica hoy ante el cambio climático la siguiente cita; Por consiguiente, la conversión de las granjas ganaderas convencionales en SSP permite recuperar la diversidad biológica y mantener la integridad de varios procesos ecológicos que son esenciales para el funcionamiento de las áreas que se usan para la ganadería, lo cual trae consigo no solo beneficios ambientales, sino también el incremento de la productividad y los retornos financieros para los granjeros (Murgueitio et al., 2009).

Sin dudas los profesores e investigadores nombrados y muchos que han realizado investigaciones sobre los SSP coinciden y aciertan en la necesidad de la implementación de estos sistemas ganaderos ante el cambio climático, y la necesidad de seguir investigando en esta dirección.

CONCLUSIONES

- ✓ Recomendamos la implementación de estos módulos, en especial las 20 000 ha de sistemas silvopastoriles, logrando mayor resiliencia ante el cambio climático.
- ✓ Incremento de las producciones y mayor diversidad, en una misma área en sistemas silvopastoriles y agroforestales.
- ✓ Mayores ingresos y empleo para la familia y mujeres, comunidad.
- ✓ Manejo sostenible del suelo, agua y bosque.
- ✓ Mayor bienestar animal, biodiversidad y la conectividad.
- ✓ Ejemplo de sostenibilidad del paisaje agrícola.

BIBLIOGRAFÍA

Álvarez, 2011.Segunda Comunicación Nacional Cubana a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático.

Colectivo de autores, INAF. Sistemas Agroforestales en Cuba.

Colectivo de autores: Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey - Universidad de Matanzas. Ministerio de Educación Superior. Central España Republicana, CP 44280, Matanzas, Cuba

Chará, J.; Murgueitio, E.; Uribe, F. & Montoya, S. 2015. Carne sostenible con bienestar animal. Sistemas de carne. Cali, Colombia: Fundación CIPAV.

Gaceta Oficial 2012. Decreto Ley 300, Entrega de Tierras Estatales Ociosas en Usufructo, Gaceta Oficial Extraordinaria No 43 de 9 de octubre del 2012.

Decreto Presidencial 1998-2021, Programa de Adelanto de la Mujer Objetivo de Desarrollo Sostenible, Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey - Universidad de Matanzas. Ministerio de Educación Superior. Central, 2017.

Estudio Hidrológico para el Proyecto IRES, Gamma, 2022.

Febles, G. y Ruiz. T.E. 2008. ,Evaluación de especies arbóreas para sistemas silvopastoriles; ICA.

FAO. 2008. Informe sobre "Adaptación y vulnerabilidad de referencia para la implementación del proyecto.

Ley de Soberanía y Seguridad Alimentaria y Nutricional, 2022. Los sistemas silvopastoriles como alternativa para la producción animal sostenible en el contexto actual de la ganadería tropical

Murgueitio, E.; Barahona, R.; Chará, J. D.; Flores, M. X.; Mauricio, R. M. & Molina, J. J. 2015. Los Sistemas silvopastoriles intensivos en América Latina al- ternativa sostenible para enfrentar el cambio climático en la ganadería. Memorias. V Congre- so de producción animal tropical. La Habana, Cuba.

Objetivo de Desarrollo Sostenible, enero del 2016.

Programa de enfrentamiento al cambio climático en la República de Cuba, Tarea Vida, abril 2017.





BMA-44. Ganadería sostenible frente al cambio climático en el sur del Ecuador

Sustainable Livestock Farming in the Face of Climate Change in Southern Ecuador

R. Carrera[1]; N. Fierro[1]; L. Jiménez[1]; J. Lasso[1]; D. Capa Mora[1]

Universidad Técnica Particular de Loja, Ecuador

RESUMEN

En las últimas décadas, la intensificación de la producción agropecuaria y la ganadería bovina extensiva ha generado una fuerte presión sobre ecosistemas frágiles, provocando degradación de suelos, pérdida de biodiversidad y afectación de recursos hídricos; ante esta problemática, se planteó como objetivo promover la aplicación de buenas prácticas de ganadería sostenible que permitan enfrentar los efectos del cambio climático, garantizar la seguridad alimentaria y fortalecer las capacidades de los productores locales que abastecen de leche a la planta de lácteos Ecolac, además de evaluar los stocks de carbono almacenados en sistemas agrosilvopastoriles. Para ello, se implementó una metodología que combinó talleres teórico-prácticos en la Estación Agropecuaria de la UTPL, donde se abordaron temáticas como sistemas agrosilvopastoriles, manejo de suelos, nutrición, sanidad y reproducción animal, junto con prácticas de gestión empresarial y comercialización, complementadas con muestreos de suelos en diferentes sistemas productivos. Como resultado, se generó un impacto social al empoderar a 25 productores y 100 familias mediante la adopción de prácticas sostenibles que mejoraron su calidad de vida y fomentaron redes comunitarias resilientes; en el ámbito científico, se obtuvieron datos locales inéditos sobre stocks de carbono y materiales educativos para la formación técnica; en lo económico, se incrementó la productividad de leche y forrajes, optimizando ingresos familiares; y en lo político, se consolidaron alianzas estratégicas entre comunidades e instituciones que favorecieron la cooperación intersectorial hacia la sostenibilidad. En conclusión, la experiencia evidencia que la implementación de sistemas agrosilvopastoriles, la mejora en planes de fertilización orgánica y la formación de capacidades locales constituyen estrategias integrales para mitigar el impacto ambiental de la ganadería, conservar los suelos y aumentar los stocks de carbono, contribuyendo a una producción más resiliente y sostenible frente al cambio climático.

Palabras claves: *ganadería sostenible, cambio climático, sistemas agrosilvopastoriles, carbono orgánico, seguridad alimentaria.*

ABSTRACT

In recent decades, the intensification of agricultural production and extensive cattle farming has exerted strong pressure on fragile ecosystems, causing soil degradation, biodiversity loss, and impacts on water resources. In response to this problem, the project aimed to promote the application of sustainable livestock practices to address the effects of climate change, ensure food security, and strengthen the capacities of local producers who supply milk to the Ecolac plant, as well as to assess the carbon stocks stored in silvopastoral systems. To achieve this, a methodology combining theoretical and practical workshops was implemented at the UTPL Agricultural Station, covering topics such as silvopastoral systems, soil management, nutrition, animal health and reproduction, along with business management and marketing practices, complemented by soil sampling across different production systems. As a result, the project generated a social impact by empowering 25 producers and 100 families through the adoption of sustainable practices that improved their quality of life and fostered resilient community networks. Scientifically, it provided unprecedented local data on carbon stocks and educational materials for technical training. Economically, milk and forage productivity increased, optimizing family incomes, while politically, strategic alliances between communities and institutions were strengthened, promoting intersectoral cooperation toward sustainability. In conclusion, the experience demonstrates that the implementation of silvopastoral systems, the improvement of organic fertilization plans, and the development of local capacities constitute comprehensive strategies to mitigate the environmental impact of livestock, conserve soils, and increase carbon stocks, contributing to more resilient and sustainable production in the face of climate change.

Keyword: *Sustainable livestock, climate change, silvopastoral systems, organic carbon, food security*

BMA-45. Efecto del Índice Temperatura/Humedad (ITH), en las respuestas fisiológicas y productivas de vacas lecheras y Cebú en pastoreo

J. C. Valdivia Cruz; D. Vega Mujica[*]

Asociación Cubana de Producción Animal (ACPA) Filial Sancti Spíritus, Código Postal 60100 Sancti Spíritus, Cuba

[*]Correspondencia a: valdiviacruzjuancarlos@gmail.com

RESUMEN

La evaluación se realizó en la UEB "Dos Ríos", de la Pecuaria Managuaco, municipio Sancti Spíritus y la CPA Juan González del municipio de Cabaiguan con el objetivo de valorar la relación que existe entre la índice temperatura/humedad (ITH) con la temperatura rectal (TR), la frecuencia respiratoria (FR) y la producción de leche. Se utilizaron veinticinco vacas mestizas Siboney, de la Empresa Pecuaria Managuaco y 25 vacas Cebú de la CPA Juan Glez para evaluar el efecto del ITH con la TR y la FR. Los resultados sugieren que en horarios de la mañana las vacas se encontraban en zona termoneutral, mientras que en horario del medio día y la tarde se encontraron bajo estrés calórico medio y severo, respectivamente. Cuando el ITH es medio o severo, la FR en vacas lactando gestantes se incrementa en 1.96 y 2.0 %, respectivamente al compararla con la FR de vacas lactando no gestantes; en el caso de la TR solo se encontró incremento de la misma en las vacas lactando gestantes con el ITH severo. La respuesta fisiológica al ITH, según grupo de ordeño indicó que la TR las vacas del grupo de alta presentaron los valores más altos en comparación a las vacas del grupo de media. El efecto de la sombra natural en la sala de espera en el ordeño de la tarde, arrojó que se reduce el valor del ITH en 9.74 unidades, lo que provoca una reducción en 8.11 y 1.0 por ciento la FR y TR, respectivamente, en comparación a vacas sin sombra. En el caso de la producción láctea se incrementa en 15.23 por ciento con la sombra natural. En las vacas Cebú se pudo comprobar que el efecto el ITH no tiene afectaciones severas en los animales, en el ordeño de la mañana.

Palabras clave: *ganado Cebú, parámetros genéticos, relación clima producción de leche.*

ABSTRACT

The Evaluation was carried out in the eub Dos Ríos, of the Livestock Managuaco, municipality Sancti Spíritus and the Juan González cpa of the municipality of Cabaiguan with the objective of asssesing the relationship between the temperature/moisture index (iSi) with the rectal temperature (tr) Respiratory Rate (Fr) and the Production of Milk. Twenty -Five Siboney Mestizo COWS WERE USED, from the Livestuaco Company Managuaco and 25 Cebu Cows of the Juan Glez CPA to Evaluate The Effect of the I a iti with the tr and the fr. The results suggest that in the morning schedules the cows were in Thermoneutral Zone, While at Noon and the Afternoon they were under medium and severe Caloric Stress, respective. When the iTi is medium or severe, The Fr in Breastfeeding Cows Increases by 1.96 and 2.0 %, respective when when comparing it with the fr of nursing non -Pregnant Cows; In the case of the tr, It Only Found an increased in it in the cows breastfeeding pregnant women with the severe. The Physiological Response to the ITI, According to Grupo de Mardaño Indicated That the Tr the Cows of the Alta Group presented the Highest Values Compared to the cows of the average Group. The Effect of the Natural Shadow in the Waiting Room in the Milking of the Afternoon, Showed That the Value of the Iti is reduced by 9.74 units, which causes a reduction by 8.11 and 1.0 Percent the FR AND TR, respectively, share to cows without shadow. In The Case of Dairy Production, it Increasses by 15.23 Perent With The Natural Shadow. In cebu cows it could be verified that the ihh effect has not severe efforts on animal, in the morning milking.

Keywords; *Zebu cattle, genetic parameters, climate, milk production relationship.*

INTRODUCCIÓN

Un serio problema que se presenta en la ganadería cubana, es la baja eficiencia del ganado lechero debido por un lado a problemas en la alimentación y el manejo y por otro lado a las condiciones climáticas, fundamentalmente por las altas temperatura y humedades relativas (Álvarez, 2006 y Córdova et al., 2007).

La capacidad de termorregulación de la vaca en condiciones calurosamente altas es insuficiente, lo cual ocasiona un incremento en su temperatura corporal (Córdova, 2007, O'brien et al., 2009), provocando de esta manera estrés calórico. Esto se refiere a que el animal hace frente a las condiciones ambientales del lugar utilizando sus capacidades fisiológicas de adaptación a su medio ambiente.

Algunos investigadores sostienen que los factores de estrés llegan a tener un efecto perjudicial sobre el organismo de las vacas lecheras si ocurre a menudo. (Borell 2010).



Las alteraciones del comportamiento fisiológico sirven como indicadores para medir y supervisar el grado de estrés en el que se encuentra el ganado. Sin embargo, el estrés calórico, por sí mismo puede afectar su confort, incluso cuando las muestras de este no son obviamente visibles.

El término "estrés" se utiliza hoy en un sentido mucho más amplio para la aplicación del bienestar animal (Borell 2010).

A partir de 25 ºC se pueden apreciar los efectos del estrés calórico en la producción lechera de las vacas. No obstante, hay que tener en cuenta también la humedad relativa del aire, con una temperatura y humedad relativa alta, incrementa el estrés calórico en el ganado y dificulta la evaporación del sudor generando un estado de incomodidad.

Existe un índice compuesto que relaciona la temperatura ambiental y la humedad relativa del aire, denominado ITH, que indica los valores de estrés calórico en función de los parámetros ya mencionados.

$ITH = 0{,}81*T^a + HR*(TA-14{,}4) + 46{,}4.$ Ecuación 1 Utilizada en Avendaño (2009 a y b)

En sentido general se considera que valores del ITH menores a 72.0 unidades, no existe estrés calórico o los animales se encuentran en condiciones de termoneutralidad, valores entre 72.0 y 79.0, se considera estrés ligero, de 80.0 a 89.0 se considera estrés medio; de 90.0 a 99.0 se considera estrés severo y valores superiores el estrés es grave incluso puede limitar la vida de los animales.

Descripción del problema: Se desconoce en el territorio el efecto que puede tener los valores del ITH en la respuesta fisiológica y productiva de vacas Siboney de Cuba y del Cebú Cubano.

Objetivo General

Evaluar el efecto del ITH en algunos indicadores fisiológicos y productivos de vacas mestizas Siboney de Cuba en la UEB Dos Rios y en vacas Cebú Cubano de la CPA Juan Glez, según estado productivo.

Objetivos Específicos.

1) Valorar el efecto del ITH en vacas mestizas Siboney de Cuba en indicadores fisiológicos, temperatura rectal y frecuencia respiratoria, según estado productivo.

2) Conocer el efecto de la sombra natural en los indicadores fisiológicos, frecuencia respiratoria y temperatura rectal y productiva en vacas lecheras y Cebú en producción de leche.

3) Determinar el impacto económico por el efecto del ITH, en vacas lecheras.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para este trabajo se utilizaron vacas 25 vacas en cada vaqueria del total de las vacas en ordeño mestizas Holstein x Cebú, pertenecientes a las vaquerias # 9 y 17 de la UEB Dos Rios, de la Empresa Pecuaria Managuaco y 25 vacas Cebú Cubano de la CPA Juan Glez. La edad de las vacas osciló entre cuatro a seis años y estaban en diferentes estadios de lactancia. Se trabajaron en tres grupos, dos con 8 vacas y el grupo de bajas con 9, tanto en la Empresa pecuaria Managuaco como en la CPA Juan Glez, teniendo en cuenta la producción de leche, grupo de alta, media y baja, sabiendo el estado de gestación en que se encontraba. Todas las hembras tenian su identificación, durante la observación se mantuvieron sin la sombra en la sala de espera para el ordeño en la vaqueria 17 y a la sombra en la vaqueria 9 y en ordeño tradicional en vaqueria de las vacas Cebú Cubano, en la sala de espera para el ordeño, que se efectuó en diferentes dias, en horas de la mañana y la tarde, consiguiéndose condiciones variadas de temperatura y humedad relativa del aire (HR) y la respuesta del ritmo respiratorio (RR) y la temperatura rectal (TR).

La temperatura rectal se determinó por la introducción de un termómetro clinico de máxima en la ampolla rectal, libre de materias fecales, hasta la profundidad de ocho cm; la lectura se realizó al cabo de cuatro minutos.

La frecuencia respiratoria se obtuvo mediante la observación y conteo de los movimientos de los flancos del animal durante un minuto.

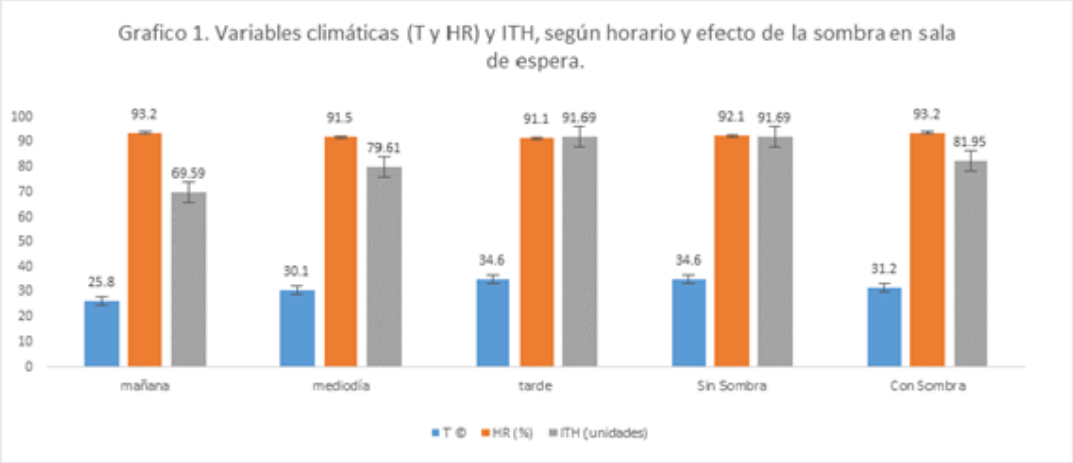
Las mediciones de frecuencia respiratoria y temperatura rectal se realizaron en el momento del ordeno donde se estaba realizando los pesajes de leche cada 15 dias.

Se realizó análisis de varianza según modelo lineal general con efecto anidado, donde se anida la gestación (que se tomó de la tarjeta de cada animal según su diagnóstico rectal) dentro de cada lugar. También se anida los grupos de ordeño dentro del lugar. Se aplicó la dócima de Duncan (1955) en los casos necesarios. Se muestra el efecto principal tratamiento y las medias del efecto anidado cuando resulta significativo.

Para la producción de leche se realizó análisis de varianza según modelo multiplicativo, para la gestación y grupo de ordeño respectivamente. Se aplicó la dócima de Duncan (1955) para $P<0{,}05$ en los casos necesarios. El paquete estadístico empleado fue el InfoStat versión 2012 (Di Rienzo et al., 2012).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las condiciones ambientales (Grafico 1), fundamentalmente la temperatura, registradas tanto en los cuartones en la mañana (7:30 a 9:00 am), en las naves de sombra al mediodía (11:00am a 12:30pm) como en la sala de espera del ordeño en la tarde (3:00 a 4:30pm) son típicas en este periodo en la provincia, es decir, relativamente bajas en la mañana (25.80C), se elevan al mediodía (30.10C) y altas en la tarde (34.60C), que combinadas con la alta humedad (promedio de 91 a 93%) durante todo el periodo de trabajo, conducen a valores de ITH de 69.59 ±1.59 unidades (valores bajos), 79.61 ±1.26 unidades (valores moderados) y 91.69 ±1.24 unidades (valores severos), para la mañana, mediodía y tarde, respectivamente, Los estudios para analizar el efecto del sombrado natural en la sala de espera del ordeño, durante la tarde, nos arrojó que la temperatura ambiente disminuyó en unos 3.4 0C y aunque la humedad relativa se incrementó en 1.1%, posibilitó que los valores del ITH disminuyeran en 9.74 unidades, lo que nos confirma que se logró pasar de un ITH con valores severos para el ganado lechero a moderado.



En la Tabla 1 se observa la interacción del ITH con la temperatura rectal de vacas lecheras en producción, que resultó ser altamente significativa (P=0,0003), indicando que en valores del ITH bajo (menores a 72.0 unidades) no se observan afectaciones en esta respuesta fisiológica en las vacas de los tres grupos de ordeño, pero a valores de ITH moderados y severos las vacas del grupo de alta presentaron valores de temperatura rectal más altos que las del grupo de media, mientras que el grupo de baja no difiriere de las del grupo de alta y de media producción. Igualmente se puede observar que ITH con valores moderados o severos superiores, todos los animales presentaron valores en la frecuencia respiratoria superiores a los normales establecidos para la especie.

La interacción del ITH con la frecuencia respiratoria en vacas lecheras lactando gestantes o no, arrojo ser altamente significativa (P=0,0003), indicando que en valores del ITH por debajo del 72.0 unidades no se observa afectaciones en esta respuesta fisiológica de las vacas, pero a ITH superiores las vacas gestantes presentaron mayores frecuencias respiratorias en 1.9 y 2.0 porciento que las no gestantes para los ITH de moderados y severo, respectivamente, además se puede observar que a partir de valores del ITH superiores a 72.0 unidades todos los animales presentaron valores en la frecuencia respiratoria superiores a los normales establecidos para la especie.

Esta reducción de los valores del ITH, por el efecto del sombreado de la sala de espera para el ordeño en la tarde, posibilita que las vacas disminuyan (P<0,0001) en 0.38 0C su temperatura rectal y en 6.14 la frecuencia respiratoria; de igual forma se apreció un incremento (P<0,0001) de las producciones individuales en 15.2 porciento al compararlas con las vacas sin sombra natural.

Se han reportado reducción de hasta el 25 por ciento en la producción láctea de vacas Holstein, cuando la temperatura ambiental supero los 28 °C, en nuestro estudio la temperatura ambiental promedio en la tarde 31.2 y 34.6 °C, para el sombreado y no respectivamente y la producción de leche disminuyó alrededor del 15.2 por ciento, representando esto una pérdida económica de $6.84 pesos por vaca día.

En el caso del estudio del Cebú se realizó una estandarización de la temperatura en el horario de la mañana y la tarde, poder tener los picos de altas temperaturas, para poder medir el efecto en el ganado Cebú en producción de leche, Tabla No. 2

Tabla 1. *Interacción entre el ITH y el grupo de ordeño en la temperatura rectal, frecuencia respiratoria y producción de leche en vacas lecheras lactando.*

Indicador	ITH Indicadores	Bajo	Moderado	Severo	Significación
		38, 76a	39,89^{c}	40,58^{e}	
	Alta	±0,05	±0,05	±0,05	
Temperatura					P=0,0003
rectal		38, 86^{a}	39,73^{b}	40,37^{d}	
	Medio	±0,05	±0,05	±0,05	
		38, 83^{a}	39,82^{bc}	40,51^{de}	
	Baja	±0,06	±0,06	±0,06	
		53, 27a	75,95^{b}	91,70^{e}	
Frecuencia Respiratoria	Gestantes	±0,28	±0,45	±0,27	P=0,0003
	No	53, 15a	74,49^{c}	89,90^{d}	
	gestantes	±0,27	±0,27	±0,28	
				(9,98) ($-6.84	
Prod. leche	Sin sombra			perd.)	
kg/v/d **(1)**				±0,02	P<0,0001
			11,50) (+		
	Con		1,52 Lt)		
	sombra		±0,03		

a, b, c, d, e. Medias con letras distintas difieren a P<0,05, Duncan (1955)

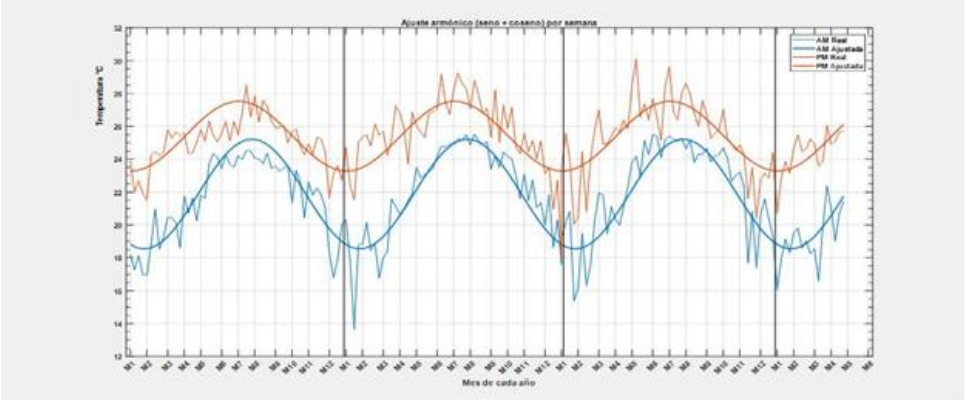


Tabla 2 *estandarización de las Temperaturas*

Observándose como se muestra en la tabla No. 3 que la producción de leche disminuye en el horario de la mañana cuando las temperaturas en la tarde hacen los mayores picos de afectación.

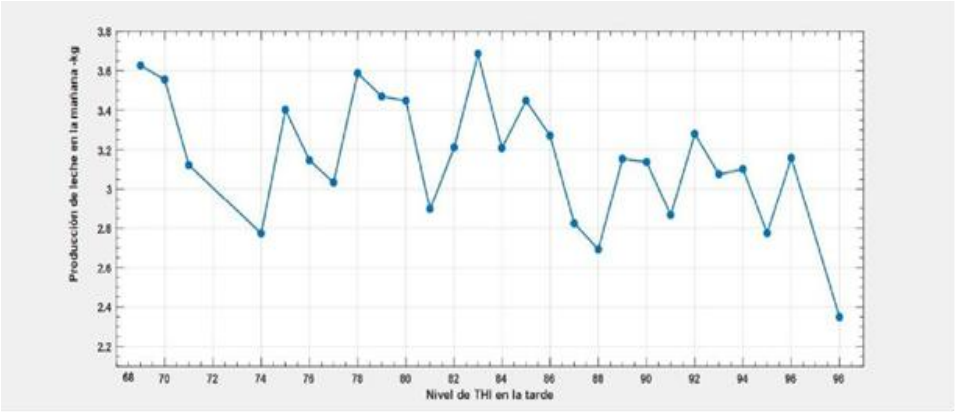


Tabla 3, *producción de leche según afectación del ITH en la tarde.*

Por lo que podemos decir que el índice de ITH, en el ganado Cebú Cubano, no afecta tan severamente esta raza y mantiene producciones estables durante toda su lactancia.

Basado en los resultados obtenidos, se puede afirmar que el estrés calórico en los horarios de mayor temperatura causa efectos negativos en la fisiología y productividad de las vacas lecheras, indicando la importancia de contar con estrategias ambientales para evitar la reducción en producción de leche durante los meses de altas temperaturas.

CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos en este trabajo, se concluye que:

- En la mañana las vacas se encontraban dentro de su zona termo neutral, al medio día y la tarde se encontraron bajo estrés calórico medio y severo, respectivamente.
- El efecto del ITH en los indicadores fisiológicos estudiados se hace perceptible a valores medios o superiores, con una influencia mayor en las vacas del grupo de alta y en las gestantes lactantes.
- Los estudios demostraron que el uso de la sombra natural, posibilita disminuir el efecto del ITH, lo que se refleja en una disminución de los indicadores fisiológicos estudiados e incremento de la producción láctea.
- Las pérdidas económicas por el concepto del estrés severo, pueden valorarse en alrededor del 15.2 por ciento de la producción diaria, lo que se traduce en pérdidas de $6.84 pesos por litro que se deja de producir por cada vaca.

BIBLIOGRAFÍA

Álvarez, A. 2006. Análisis regional de la cadena de lácteos en Querétaro. VII Congreso Latino-americano de sociología rural. Noviembre 2006. Quito. Ecuador.

Borell Von E. H. 2010. The biology of stress and its application to livestock housing and transportation assessment.

Córdova-Izquierdo Alejandro, Víctor Manuel Xolalpa Campos, Mary Silvia Córdova Jiménez, Crisitian Alejandro Córdova Jiménez y Juan Eologio Guerra Liera. 2007 Factores que predisponen a enfermedades causantes de abortos en vacas lecheras.

Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. InfoStat versión 2012**.** Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL http://www.infostat.com.ar.

O'Brien M.D., R.P. Rhoads, S.R. Sanders, G.C. Duff, L.H. Baumgard 2009. Metabolic adaptations to heat stress in growing cattle.



BMA-46. Impacto del estrés térmico en ganadería bovina y porcina en climas tropicales

Effects of heat stress on bovine and porcine livestock in tropical climates

G.L. Sieiro Miranda[1], D. Portal Castillo[2], M. Quintana Sanz[3], O. Delgado González[4], M. Márquez Hernández[5], F. Medinilla Nápoles[6] y O. Ceballo Melendres[7]*

[1] Centro Meteorológico Provincial Sancti Spíritus. Comandante Fajardo final s/n, Sancti Spíritus.

[2] Centro Meteorológico Provincial Sancti Spíritus. Comandante Fajardo final s/n, Sancti Spíritus.

[3] Centro Meteorológico Provincial Sancti Spíritus. Comandante Fajardo final s/n, Sancti Spíritus.

[4] Centro Meteorológico Provincial Sancti Spíritus. Comandante Fajardo final s/n, Sancti Spíritus.

[5] Centro Meteorológico Provincial Sancti Spíritus. Comandante Fajardo final s/n, Sancti Spíritus.

[6] Centro Meteorológico Provincial Sancti Spíritus. Comandante Fajardo final s/n, Sancti Spíritus.

[7] Subdelegación de Medio Ambiente, Delegación Provincial CITMA Sancti Spíritus.

[*]Correspondencia a: gsieiromiranda@gmail.com

RESUMEN

El objetivo de la investigación es analizar el bienestar higrotérmico del ganado vacuno y porcino en la provincia de Sancti Spíritus (Cuba), mediante el Índice de Temperatura-Humedad (ITH). La ecuación del ITH se aplicó con niveles específicos de estrés térmico para cada tipo de ganado según los rangos propuestos en la literatura para el período 1981-2020. La representación cartográfica de las zonas críticas se realizó utilizando QGIS 3.28 con el método de interpolación inverso de la distancia. El ganado bovino para leche se clasificó como óptimo para todo el territorio, mientras que las razas de carne presentaron estrés leve en las zonas costeras. En cuanto a los cerdos, el 59,3% del área no presentó estrés, mientras que las áreas restantes presentaron estrés leve asociado a temperaturas máximas inferiores a 32 °C. Las recomendaciones de manejo incluyen la implementación de sistemas de ventilación y sombreado natural o artificial en áreas con estrés leve a moderado, el ajuste de los horarios de alimentación y trabajo para reducir la carga térmica, y el monitoreo de la humedad relativa y la temperatura en los establos, especialmente durante la temporada de lluvias. El ITH demostró que, si bien Sancti Spíritus cuenta con condiciones favorables para la ganadería, el estrés térmico en el ganado vacuno y porcino requiere medidas de mitigación para optimizar su rendimiento. La zonificación bioclimática propuesta sirve como herramienta para la planificación territorial sostenible.

Palabras clave: *bienestar animal, ganadería tropical, ITH, zonificación bioclimática*

ABSTRACT

The objective of the research is to analyze the hygrothermal welfare of cattle and swine livestock in Sancti Spíritus province (Cuba), using the Temperature-Humidity Index (THI). The THI equation was applied with specific heat stress levels for each type of livestock according to ranges proposed in the literature for the period 1981–2020. The cartographic representation of critical zones was performed using QGIS 3.28 with the inverse distance weighting interpolation method. Dairy cattle were classified as optimal for the entire territory, while beef breeds presented mild stress in coastal areas. Regarding pigs, 59.3% of the area showed no stress, while the remaining areas displayed mild stress linked to maximum temperatures below 32°C. Management recommendations include implementing natural or artificial shade and ventilation systems in areas with mild to moderate stress, adjusting feeding and working schedules to reduce heat load, and monitoring relative humidity and temperature in barns, especially during the rainy season. The THI demonstrated that although Sancti Spíritus has favorable conditions for livestock farming, heat stress in beef cattle and swine requires mitigation measures to optimize performance. The proposed bioclimatic zoning serves as a tool for sustainable territorial planning.

Keywords: *animal welfare, tropical livestock farming, THI, bioclimatic zoning*

INTRODUCCIÓN

En las regiones tropicales, el estrés térmico representa uno de los principales desafíos para la producción ganadera, afectando significativamente el bienestar animal, la eficiencia productiva y la rentabilidad económica de los sistemas pecuarios (Zazueta *et al.*, 2021).

La provincia Sancti Spíritus, ubicada en la región central de Cuba, presenta condiciones climáticas caracterizadas por un clima lluvioso tropical, el mes más frío tiene una temperatura superior a los 18 ºC, estación seca en invierno y la

temperatura media del mes más cálido supera los 22 ºC. Estas circunstancias convierten el territorio en un área de interés para el estudio del impacto del estrés térmico en la ganadería.

El índice de temperatura-humedad (ITH) es una herramienta ampliamente utilizada para evaluar las condiciones higrotérmicas en animales, ya que integra los efectos combinados de la temperatura ambiental y la humedad relativa (Cruz y Urioste, 2009). En ganado bovino, valores de ITH superiores a 75 pueden inducir estrés calórico, reduciendo la ingesta de alimento, la producción de leche y la eficiencia reproductiva (Hernández *et al.*, 2023). Por su parte, los cerdos son particularmente sensibles a altas temperaturas debido a su limitada capacidad para disipar el calor corporal, lo que afecta su crecimiento y rendimiento (Gómez *et al.*, 2022).

Este estudio tiene como objetivo analizar el bienestar higrotérmico del ganado bovino (leche y carne) y porcino en Sancti Spíritus mediante el uso del ITH, identificando áreas y períodos críticos que requieran intervenciones de manejo para mitigar los efectos adversos del clima tropical.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio es la provincia Sancti Spíritus, situada en la región central de Cuba, entre los 21°32′, 22°27′ de latitud norte y los 78°56′, 80°07′ de longitud oeste. Se utilizaron datos meteorológicos medios mensuales y anuales de temperatura y humedad relativa correspondientes al período 1981 – 2020, de seis estaciones meteorológicas: Trinidad, Topes de Collantes, El Jíbaro y Sancti Spíritus, de la provincia Sancti Spíritus; Caibarién, de la provincia Villa Clara y la estación Camilo Cienfuegos en Ciego de Ávila.

El índice de temperatura - humedad se computó a partir de la ecuación: $ITH = (0{,}81 * TM) + ((HR/100) * (TM - 14.4)) + 46.2$; donde ITH: Índice de temperatura – humedad, TM es temperatura media y HR es humedad relativa (Rodríguez *et al.*, 2014). Los rangos de clasificación del ITH para cada tipo de ganado se definieron según las categorías de estrés (Tabla 1).

Tabla 1. *Niveles de estrés higrotérmico según el ITH para ganado bovino y porcino*

Clasificación	Bovino para leche	Bovino para carne	Porcino
	ITH		
Sin estrés	< 75	< 78	< 75
Estrés leve	75 - 78	78 - 81	75 - 79
Estrés moderado	78 - 84	81 - 86	79 - 83
Estrés severo	84 - 98	86 - 98	83 - 93
Muerte del animal	≥ 98	≥ 98	≥ 93

Fuente: Rodríguez et al., 2014

Los resultados se procesaron cartográficamente utilizando el software QGIS 3.28 mediante el método de interpolación inverso de la distancia (IDW), clasificando las áreas según las categorías de estrés térmico, mientras que las variaciones temporales se analizaron a partir de series mensuales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Ganado bovino

La zona de neutralidad térmica en el ganado bovino en términos de temperatura ambiente es entre 18 y 25 ºC, temperaturas superiores provocan estrés calórico y temperaturas inferiores ocasionan fallas en el trasporte de gametos (Hernández *et al.*, 2023). El estado de confort térmico de los bovinos se altera cuando la combinación de factores climáticos es desfavorable, por ello la recomendación del uso de sombras que ayuden a mitigar el efecto de la temperatura ambiental mayor de 25 °C y el efecto de la humedad relativa superior a 40% (Zazueta *et al.*, 2021).

En Sancti Spiritus, ambos tipos de ganado bovino encuentran condiciones satisfactorias para su desarrollo. En el caso de los bovinos de leche es óptimo (ITH < 75), sin estrés térmico en promedio para el período de estudio (Figura 1).

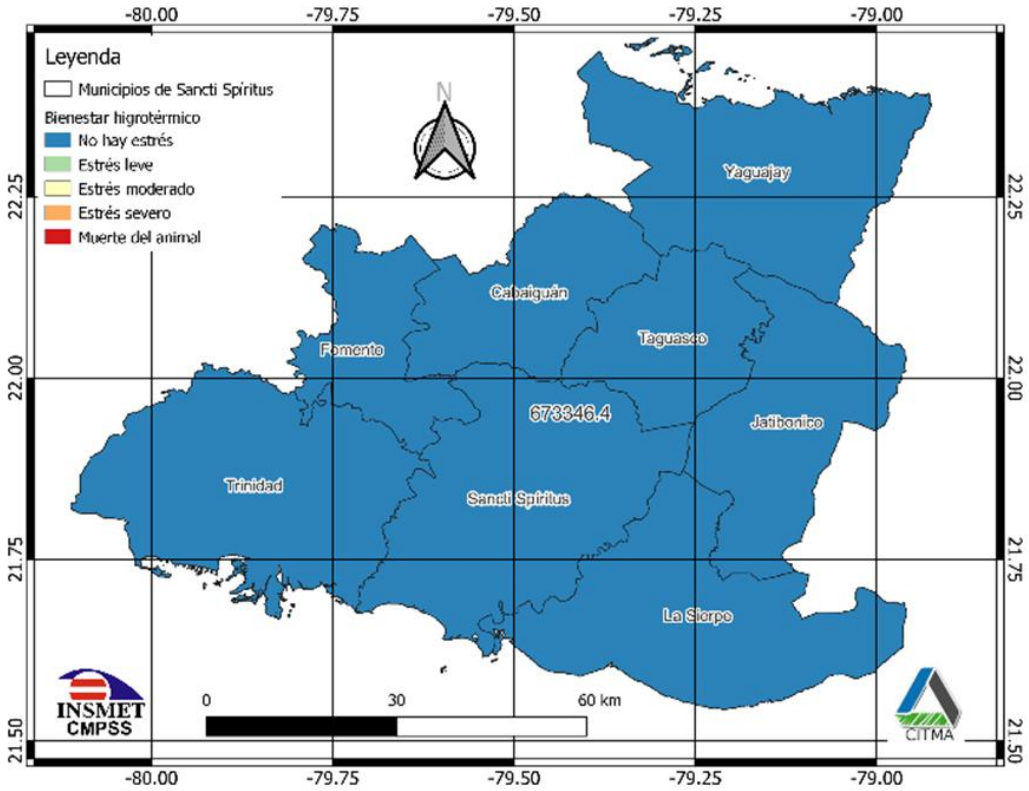


Figura 1. *Bienestar higrotérmico de la provincia Sancti Spíritus para el ganado bovino para leche.*

Esto sugiere que las temperaturas y la humedad no limitan la producción lechera en la región. No obstante, al analizar las razas de leche sufren mayor estrés calórico en los meses de junio a septiembre y llegan a padecer estrés moderado en la costa sur (Tabla 1).

Tabla 1. *Índice de temperatura – humedad mensual para las razas bovinas para leche*

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
78337	71,16	71,77	72,52	74,66	76,70	78,59	78,99	79,11	78,59	77,21	74,75	72,58
78341	69,49	69,98	70,96	73,21	75,43	77,48	77,84	77,91	77,38	76,03	73,08	70,81
78342	63,27	64,12	64,99	67,31	69,42	68,37	72,05	72,33	71,78	69,97	66,87	64,75
78347	70,67	71,20	72,10	74,29	75,70	77,19	77,45	77,39	77,05	76,31	73,95	71,82
78348	70,48	71,07	71,80	73,79	75,83	77,94	78,70	78,81	78,16	76,88	74,27	72,06
78349	68,84	69,66	70,61	72,77	74,75	76,76	77,19	77,25	76,69	75,39	72,47	70,38

Aráuz *et al.* (2009) mencionan que las razas lecheras, muestran trastornos fisiológicos debido a la adaptación al clima. El estrés calórico impacta en el comportamiento productivo de este tipo de ganado durante la lactancia. También existe antagonismo entre la tolerancia al calor y la producción de leche acumulada (Suárez *et al.*, 2021).

Para los bovinos de carne, el 85% del área provincial se clasificó como sin estrés (ITH<78). Se observaron áreas subóptimas con estrés leve (ITH 78-81) en zonas costeras (Figura 2), fundamentalmente entre junio y septiembre (Tabla 2), según la zona de neutralidad térmica planteada por Hernández *et al.* (2023).

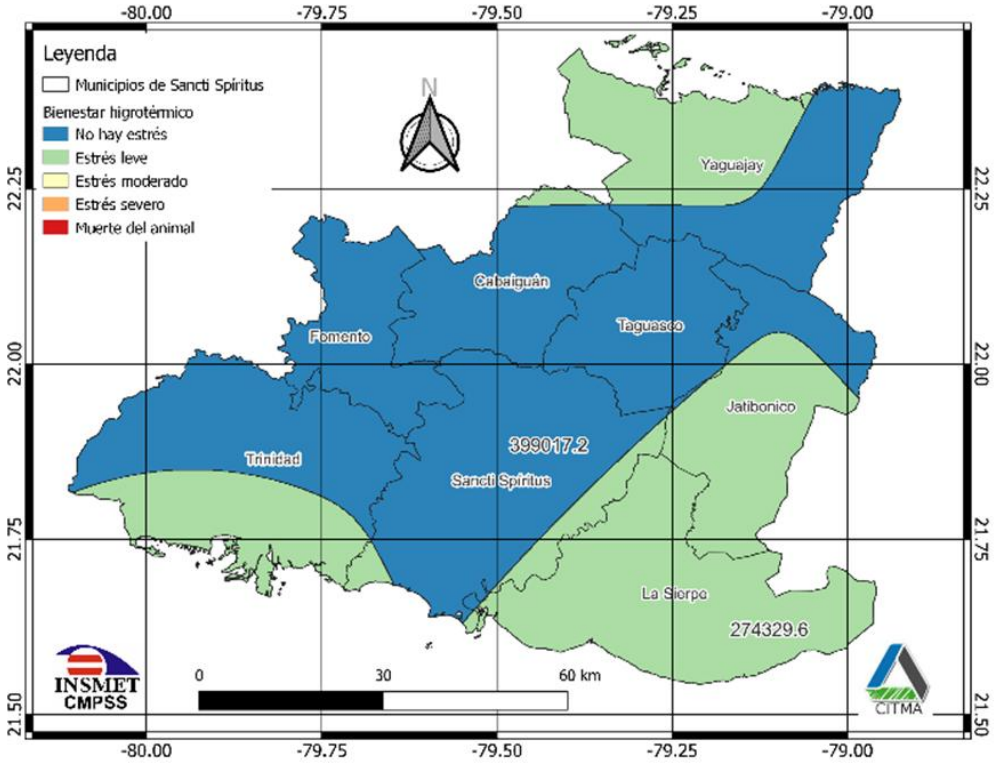


Figura 2. *Bienestar higrotérmico de la provincia Sancti Spíritus para el ganado bovino para carne.*

Tabla 2. *Índice de temperatura – humedad mensual para las razas bovinas para carne*

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
78337	71,16	71,77	72,52	74,66	76,70	78,59	78,99	79,11	78,59	77,21	74,75	72,58
78341	69,49	69,98	70,96	73,21	75,43	77,48	77,84	77,91	77,38	76,03	73,08	70,81
78342	63,27	64,12	64,99	67,31	69,42	68,37	72,05	72,33	71,78	69,97	66,87	64,75
78347	70,67	71,20	72,10	74,29	75,70	77,19	77,45	77,39	77,05	76,31	73,95	71,82
78348	70,48	71,07	71,80	73,79	75,83	77,94	78,70	78,81	78,16	76,88	74,27	72,06
78349	68,84	69,66	70,61	72,77	74,75	76,76	77,19	77,25	76,69	75,39	72,47	70,38

Aunque para las razas de carne en la provincia los niveles de estrés calórico son leves durante el período estival esto significa una pérdida de la productividad esperada. Generalmente la productividad del ganado vacuno se empieza a ver afectada cuando la temperatura ambiental promedio se aproxima a los 24 ºC (Barajas, 2015). En el período lluvioso, fundamentalmente de junio a septiembre, se debe optimizar el manejo de los animales con el fin de reducir los niveles de disconfort. Estos resultados son coincidentes con los informados por Ruiz y Osorio (2023).

Ganado porcino

Por su parte, los cerdos prefieren climas templados, donde las temperaturas anuales oscilen entre los 16 – 22 ºC, con mínimas temperaturas que no estén por debajo de 5 ºC y temperaturas máximas por debajo de 32 ºC, en cuanto a la humedad esta deberá ser media, principalmente en los lechones donde se pueden presentar diversas y variadas enfermedades de tipo respiratorias.

SAG (2019) plantea que el estrés provocado por la combinación de altas temperaturas y elevada humedad reduce la ganancia de peso, disminuye la tasa de concepción y aumenta la susceptibilidad a enfermedades. El ganado porcino mostró condiciones óptimas (ITH < 75) en el interior de la provincia, mientras que las áreas costeras registraron estrés leve (ITH 75-79) debido a mayores valores de temperatura y humedad (Figura 3).

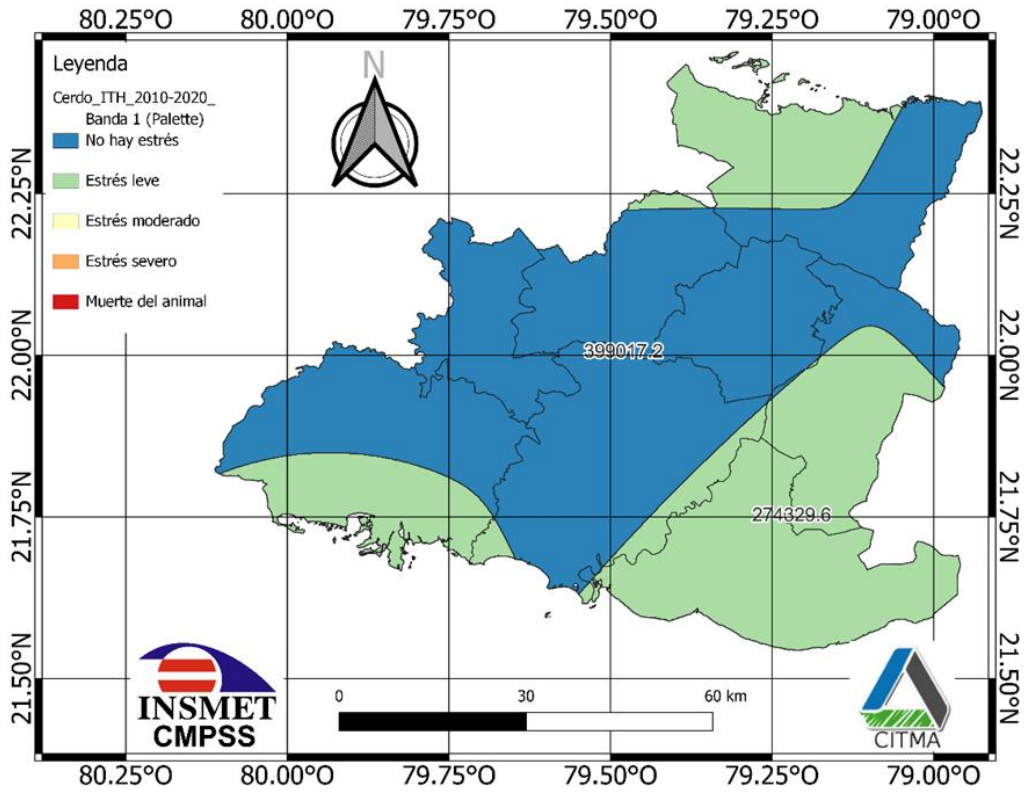


Figura 3. *Bienestar higrotérmico de la provincia Sancti Spíritus para el ganado porcino*

Estos resultados coinciden con estudios previos que indican que los cerdos son sensibles a climas cálidos-húmedos, lo que puede afectar su crecimiento y reproducción (Centurión *et al*., 2014; SAG 2019). Para este tipo de ganado en el territorio provincial, el estrés por la combinación de los efectos de la temperatura y la humedad se manifiesta en el período mayo – octubre (Tabla 3).

Tabla 3. *Índice de temperatura – humedad mensual para el ganado porcino*

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
78337	71,16	71,77	72,52	74,66	76,70	78,59	78,99	79,11	78,59	77,21	74,75	72,58
78341	69,49	69,98	70,96	73,21	75,43	77,48	77,84	77,91	77,38	76,03	73,08	70,81
78342	63,27	64,12	64,99	67,31	69,42	68,37	72,05	72,33	71,78	69,97	66,87	64,75
78347	70,67	71,20	72,10	74,29	75,70	77,19	77,45	77,39	77,05	76,31	73,95	71,82
78348	70,48	71,07	71,80	73,79	75,83	77,94	78,70	78,81	78,16	76,88	74,27	72,06
78349	68,84	69,66	70,61	72,77	74,75	76,76	77,19	77,25	76,69	75,39	72,47	70,38

Los resultados demuestran que Sancti Spíritus ofrece condiciones generalmente favorables para la ganadería tropical. Sin embargo, la presencia de estrés térmico leve en bovinos de carne sugiere que razas bovinas especializadas podrían requerir ajustes en su manejo durante el verano. Las condiciones ambientales de cría de ganado porcino influirán directamente en el estado de bienestar y sanitario de los animales. En este sentido, Gómez *et al*. (2022) explican que mantener la temperatura ambiente dentro de los límites de confort es la base del manejo y varía con la edad y fase reproductiva de los animales.

Las diferencias espaciales en cuanto a la distribución de las categorías higrotérmicas reflejan la necesidad de estrategias diferenciadas por zona. En las áreas óptimas se puede mantener el manejo convencional; mientras que en las zonas costeras se recomienda la utilización de sombras artificiales, sistemas de nebulización y ajustes en los horarios de alimentación

CONCLUSIONES

Se concluye que:

- El ganado bovino en Sancti Spíritus opera predominantemente en condiciones higrotérmicas óptimas, con estrés térmico limitado a áreas específicas durante los meses más cálidos.
- El ganado porcino enfrenta estrés leve, particularmente en regiones costeras, lo que sugiere la necesidad de medidas de mitigación como sombreado y ventilación.
- La zonificación basada en ITH es una herramienta efectiva para evaluar el bienestar animal y planificar estrategias de manejo adaptadas a las condiciones tropicales.

Bibliografía

Aráuz D., Briceño C., Taylor R., & Russo R. 2009. Evaluación climática y edafológica de un sistema silvopastoril y una pastura convencional. Materiales de Enseñanza. Programa de Investigación de la Finca Pecuaria Integrada, Universidad EARTH. https://doi.org/10.13140/RG.2.2.35245.59364.

Barajas (2015). En: Borbolla J.E., Taylor J.J., Gaxiola S.M., Romo J.A., Arvizu L., Quintero I., & Lomelí J.J. (editores). 2015. Impacto del cambio climático en el bienestar y la producción animal. Universidad Autónoma de Sinaloa. ISBN: 978-607-737-084-0.

Centurión, R.A.O.; Caldara, F.R.; Moi, M.1B; Almeida Paz, I.C.L.; Garcia, R.G.; Nääs, I.A.; Alves, M.C.F.; Zeviani, W.M. y Seno, L.O. 2014. Ambiente térmico y bienestar de los cerdos en el período de descanso previo al sacrificio. Arch. Zootec. 63 (242): 239-249

Cruz, G.; Urioste, J. I. 2009. Variabilidad temporal y espacial del Índice de Temperatura y Humedad (ITH) en zonas de producción lechera de Uruguay. Agrociencia 13(2): 37- 46.

Gómez, E., Rauw, W.M., & Gómez, L. 2022. Control de la temperatura ambiental en lechones y cerdos de cebo. Ganadería, 38-40.

Hernández, J.; González, R.; Mejía, I. 2023. Efecto del clima sobre la respuesta superovulatoria, calidad y estadio del desarrollo embrionario en ganado bovino del trópico. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal, 31 (1): 57-60.

Rodríguez, A.; Agramonte, A.M.; Pérez, I. 2014. Índice de temperatura humedad y el estrés calórico en el ganado bovino de leche en Guáimaro. Revista Cubana de Meteorología, 20(1):10-15.

Ruiz, P.J., & Osorio, R. 2023. Propuesta metodológica para el análisis de confort térmico animal en zonas apartadas de Colombia. Ingeniería, 33(1). http://dx.doi.org/10.15517/ri.v33il.51737

SAG. 2019. Manual de Buenas Prácticas sobre Bienestar Animal en Sistemas de Producción Industrial de Cerdos. 1a edición. Ministerio de Agricultura. Servicio Agrícola y Ganadero. Santiago de Chile. 90 pp.

Suárez, M., Rodríguez, M., Cos, Y., Lamothe, Y., Guerra, M., & Martínez, M. 2021. Caracterización climática de la EPG "Manuel Fajardo" y su relación con las pruebas de comportamiento en ganado Criollo cubano. Revista de Producción Animal, 33(1).

Zazueta, C.; Castro, I.; Estrada, A.; Portillo, J.; Urías, D.; Ríos, F. 2021. Valoración del confort térmico de bovinos productores de carne en finalización intensiva en clima cálido. Rev. Inv. Vet. Perú; 32(5): e19301.



BMA-47. Curvularia kusanoi L7 in the bioconversion of plant biomass for animal feed: a new altrnative for mitigating and adapting to climate change

Curvularia kusanoi L7 en la bioconversion de biomasa vegetal para alimentacion animal: una nueva alternativa para la mitigación y adaptación al cambio climático.

M. Alberto Vazquez [1], L. Rodrigo Saa [2**], E. Valiño [1], Livio torta [3**] and Armando Laudicina [3]*

[1]Institute of Animal Science (ICA), San José de Las Lajas, Mayabeque, Cuba.

[2]Department of Biological and Agricultural Sciences, Faculty of Exact and Natural Sciences, UniversidadTécnica Particular de Loja, Ecuador.

[3]Università degli Studi di Palermo, Dipartmento di Scienze Agrarie, Alimentari e Forestali, Italy.;

[*]Correspondence to: mvazquez@ica.edu.cu

[**]Correspondence to: lrsaa@utpl.edu.ec

[***]Correspondence to: ltorta@unipa.it; maryne4e@gmail.com Tel.:+5353352125

ABSTRACT

The complex structure of the plant cell wall makes it difficult to use the biomass produced by biosynthesis. For this reason, the search for new strains of microorganisms capable of efficiently degrading fiber is a topic of interest. For these reasons, the present study aimed to evaluate both the microbiological and enzymatic characteristics of the fungus *Curvularia kusanoi* L7strain. For this, its growth in different culture media was evaluated. Wheat straw mineralization was evaluated by gas chromatography assisted by infrared spectroscopy. The production of endo- and exoglucanase, laccase and peroxidase enzymes in submerged solid fermentation of wheat and sugarcane bagasse were characterized. The strain efficiently mineralized raw wheat straw, showing a significant decrease in signals associated with cellulose, hemicellulose and lignin in the infrared spectra. High enzyme productions were achieved in submerged solid fermentation of both substrates, highlighting the high production of endoglucanases in sugarcane bagasse (2.87 IU/mL) and laccases in wheat (1.64 IU/mL). It is concluded that C. kusanoi L7 is an ascomycete with a versatile enzyme production that allows it to exhaustively degrade complex fibers such as raw wheat straw and sugar cane bagasse, making it a microorganism with great potential in the bioconversion of plant biomass.

Keywords: *fungi; cell wall degrading enzymes, carbon mineralization, fiber modification*

INTRODUCTION

The cell wall of plants has biopolymers of high structural complexity, most of which are highly resistant to degradation [1]. However, in nature there are microorganisms that are capable of modifying these structures thanks to the production of highly specific enzymes such as: cellulases, xylanases, laccases and peroxygenases [2]. These biomolecules are used as useful tools in various biotechnological processes due to their numerous technical and economic advantages [3].

Among the most well-known fungal species for these purposes are basidiomycetes, which include white rot fungi (eg Panaerochete chrysosporium) and brown rot fungi (eg Fomitopsis palustris) [4]**.** On the other hand, several studies that use ascomycete microorganisms for this purpose are also found in the literature. Some of the best results are presented in microorganisms such as *Trichoderma ressei, Aspergillus niger* and some species of the genus *Penicillium* [5]. However, there is another great variety of fungi with high degradative power and therefore can be potentially useful in the production of enzymes and in the degradation of lignocellulosic biomass. According to reports in the scientific literature, few have thoroughly studied the enzyme production of the genus Curvularia despite these fungus is being considered an important plant pathogen, which causes serious damage to a large number of crops. Within this genus, *Curvularia lunata* occurs as one of its most representative species [6].

Nevertheless, there are many species that hasn´t been studied deeply like *Curvularia kusanoi*, that is why the objective of this research is to evaluate the enzymatic and microbiological characteristic of the isolated strain *Curvularia kusanoi* L7.

MATERIALS AND METHODS

Microorganism: *Curvularia kusanoi* L7 strain, isolated from lemon tree, with number of nucleotide sequences registered in the GenBank, and accession number KY795957.

Curvularia kusanoi L7 growth`s on different culture media: To evaluate the morphological characteristics of the fungus C. kusanoi L7, three culture media (Biolife), PDA (potato agar), CYE (Czapeck agar) and AMA (malt agar) were evaluated. From the pure culture of this strain on PDA, a 1mm fragment of mycelium was punctured in each plate and where incubated in complete darkness at 25 and 30ºC. The diameter of the colonies was measured with a ruler at 3, 6, and 9 days of mycelia growth. The distinctive features of the conidial structures were determined at 9 days in water-Agar.

Growth on 2% cellulose agar : For the qualitative evaluation of the cellulolytic activity, the methodology proposed by Teather and Wood [7] was used. The strain was processed through streaking in petri dishes containing 2% microcrystalline cellulose and base agar as culture medium (Biolife). The cultures were incubated in complete darkness in an incubator for 7 days at 30 °C. The appearance of degradation halos around free colonies was taken as a positive test response; the extent of degradation was visually evaluated.

Growth on tannic acid: The C. kusanoi L7 strain was seeded in Nobles medium [8] with tannic acid as the sole carbon source by a 1mm of the pure culture of 5 days of growth on PDA. The plates were incubated at room temperature in complete darkness for 7 days and the power index of the diffusion halos was evaluated as the relationship between the areas of fungal growth and degradation of tannic acid. The experiments were carried out in triplicate.

Determination of *Curvularia kusanoi* L7 carbon mineralization of raw wheat straw by gas spectroscopy – Total Attenuated Reflection Infrared Spectroscopy with Fourier Transform (ATR-FT-IR) assisted: To evaluate the ability of the strain to degrade high fiber substrates, the carbon mineralization of raw wheat straw was evaluated by gas spectroscopy. 3 g of substrate were placed in 200 mL glass bottles closed with pierceable rubber stoppers, minimal salt medium was added and 1cm^2 of the mycelium grown in PDA of the C. kusanoi L7 strain was inoculated. The production of CO_2 was monitored through aliquots of the gas product of the fermentation, by puncturing the caps and injection into a gas chromatograph (Trace GC, Thermo Electron) equipped with a thermal conductivity detector. The degree of degradation of the raw wheat straw at the end of the test was evaluated by Total Attenuated Reflection Infrared Spectroscopy with Fourier Transform (ATR-FT-IR), in a Pelkin Elmer equipment with ATR diamond base and MCT/A detector. The scans were carried out from 4000 to 400 cm^{-1} [2].

Experimental design and statistical analysis: A completely randomized design was used. The measurement was performed at three-day intervals for one month. Arithmetic means and standard deviation were calculated and the differences between the means were established according to Duncan [9] with the help of the InfoStat statistical program [10].

Lignocellulolytic capacity of the *Curvularia kusanoi* L7 strain in solid submerged fermentation of sugarcane bagasse and in wheat bran: The *C. kusanoi* L7 strain was inoculated from the pure culture in PDA at a rate of 3 cm^2 in flasks containing 4 g of sugarcane bagasse, and 100 mL of citrate buffer (50 mM, pH 5.0) and in flasks containing 3g of Allbran-Kellogg's cereal based on wheat bran and 100 mL of citrate buffer (50 mM, pH 5.0). The flasks were incubated on an orbital shaker at 120 rpm for a period of 10 days at 30 °C. Fermentation samples were taken every 24 hours, the content of each flask was filtered through a Büchner funnel, the resulting liquid was centrifuged (4ºC, 10,000 rpm, 3 min) [11].

Cellulase, laccase and lignin peroxidase activity were determined in the supernatants from the fermentation (enzymatic extract). Endo-1,4-β-glucanase (CMCase) where determined on carboxymethylcellulose 2.2% (w/v) in 50 mM sodium citrate buffer, pH 5. The exo-1,4-β-glucanase (PFase) activity was quantified on Whatman No. 1 filter paper (50 mg) in 0.6 M sodium acetate buffer, pH 6.0. All reactions were incubated at 50 ºC for 30 min and the content of reducing sugars released was determined by 3,5-dinitrosalicylic acid (DNS) method [12], and enzyme activities where expressed as micromoles of glucose released per minute [13]. Laccase activity was determined by degradation of syringaldazine (5 mM in ethanol). The substrate oxidation was monitored for 1 minute under aerobic conditions at 530 nm. One unit of laccase activity (U) was considered as the amount of enzyme that catalyzes the conversion of 1.0 µmol of syringaldazine per minute [14]. The lignin-peroxidase activity was determined by the H_2O_2-dependent oxidative dimerization of 2,4-dichlorophenol at 20 °C. A unit of enzyme activity was considered as the amount of enzyme that can increase 1.0 unit of absorbance per minute [15].

Statistical analysis: The data of each enzyme production kinetics were processed according to simple variance analysis in order to evaluate the effect of time on their production, with the help of the InfoStat statistical package [10]. Duncan's test [9] was used when necessary to discriminate differences between the means.

RESULTS

Curvularia kusanoi L7 growth`s on different culture media

The macroscopic characteristics in different culture media of the fungus *C. kusanoi* L7 are shown in Figure 1. The greatest mycelial growth was found in CYE agar, although the strain also grows rapidly in AMA, but not in PDA medium, where it presented less growth. Particular differences were observed in terms of the morphology of the strain depending on the culture medium evaluated. In general, the colonies presented velvety to woolly surfaces, with young white mycelium becoming different over time in terms of color depending on the medium.

The results can be related to the different composition of the media used in the study. In the case of CYE (a medium that is used mainly for the maintenance of strains and taxonomic studies), sucrose (~ 30g / L) is found as the main sugar. In the case of AMA (medium indicated for the growth of fungi and yeasts), glucose is the predominant sugar (~ 20g / L). Lastly, in the case of PDA (a medium that stimulates mycelium sporulation for isolation and identification studies), dextrose (~ 20g / L) is found as the main sugar.The macroscopic characteristics of fungal cultures also depend on the Carbon-Nitrogen (C/N) relationship, which is different in each culture medium evaluated [16].

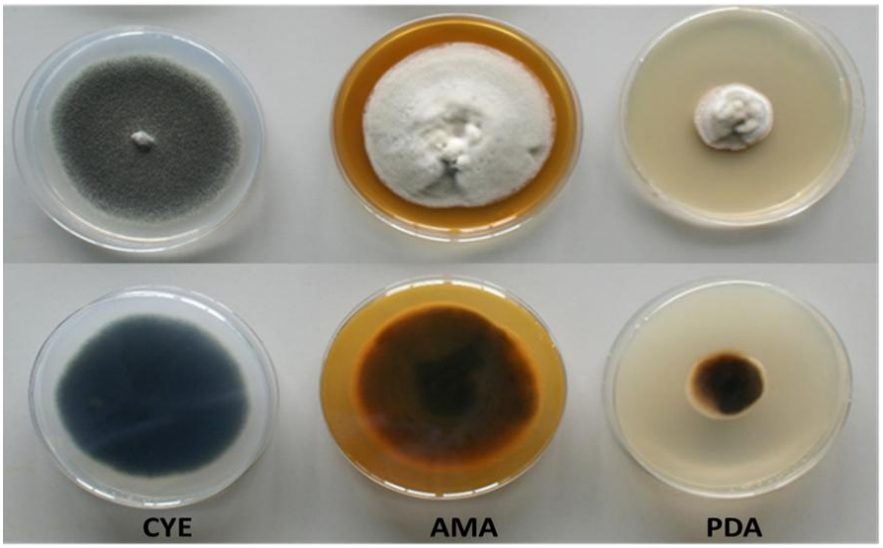


Figure 1. *Growth of the fungus C. kusanoi L7 in different culture media (7 days, 30ºC). CYE (Czapeck agar), AMA (malt agar), PDA (Potato agar). Panel A: front of plate, Panel B: back of plate*

It is known that a certain fungal species can present a different adaptation to different nutritional conditions, directly affecting its development [17]. Elements such as carbon, nitrogen, sulfur, iron and other minerals are essential for the growth and enzymatic production of fungi, where carbon is the most important nutrient. Compounds such as ammonium chloride, peptone, and malt extract are used as nutritional nitrogen supply [17]. According to studies by Torres et al. [18] the carbon-nitrogen relationship is another determining factor that affect the formation of the mycelium and the fruiting body of higher fungi. On the other hand, temperature has a significant effect on the development of microorganisms [19]. In the specific case of fungi, an optimal growth temperature of 30ºC is reported for the vast majority of them. In the present investigation, a greater mycelial development was evidenced at 30ºC than at 25ºC in all the culture media evaluated. Regarding the microscopic characteristics of the cultures, it is necessary to point out that the fruiting bodies were not visualized in any of the evaluated media. The distinctive features of the conidial structures were determined by sowing the microorganism in a simpler culture medium (Agar-water) (figure 2), which is reported in this study as a new characteristic for the strain under evaluation.

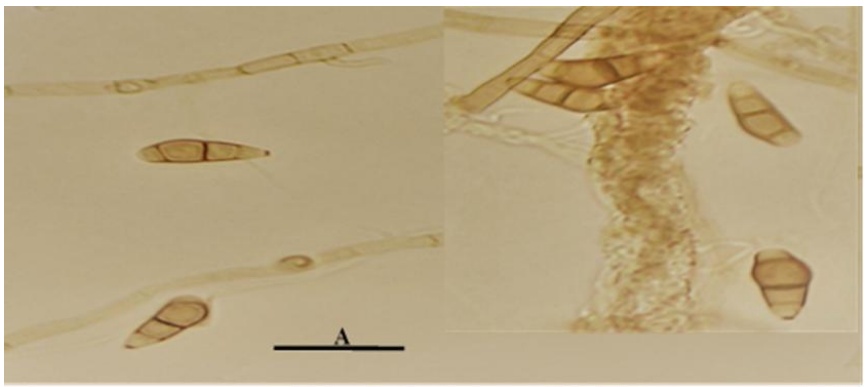


Figure 2. *Microscopic characteristics of C. kusanoi L7 fruiting bodies in water agar, 10-day-old colonies. Bar A = 20µm*

Conidia formation is a response to unfavorable growing conditions, such as nutrient deficiencies or nutritional depletion. The latter is an adverse condition of vegetative growth; however, nutrient-poor media with a low carbon and nitrogen source favor the formation of chlamydospores with suppression of vegetative growth as a function of nutritional stress [20]. For these reasons, the fruiting bodies could be visualized in water agar since their contribution of nutrients is zero compared to the rest of the media used in the study. The fruiting bodies observed presented the distinctive characteristics of the *Curvularia* genus, which is characterized by curved, spindle-shaped, ovoid or ellipsoidal fragmoconidia, brown in color with a typically wider central cell and darker in color, as well as simple conidiophores and in some branched cases [21]. Similar conidial characteristics can also occur in other genders such as Bipolaris. According to Piontelli [21]., *Cochliobolus*, *Bipolaris* and *Curvularia* make up a complex of taxonomically confusing species. Due to the constant changes in the nomenclature of some of their asexual members (*Bipolaris* and *Curvularia*), which differ mainly based on the morphology of their conidia, a situation that is sometimes very difficult due to the fact that in both genera, some species have similar conidial characteristics. Similar results to the present study were found for other microorganisms [22], who evaluated the growth of the microorganisms *Duddingtonia flagrans* (CG768), *Actinella robusta* (I31) and *Monacrosporium thaumasium* (NF34A) in different commercial culture media, where Agar-water was the medium that allowed the observation of conidial structures in all cases.

Growth of *Curvularia kusanoi* L7 in medium with 2% cellulose and on tannic acid : *C. kusanoi* L7 strain developed in a medium with 2% cellulose a rapid growth and notable degradation halos (10 ± 5 mm). According to Rosyidaa et al. [23], the incidence of species capable of using native cellulose is high when starting from soil isolates, as this ecosystem constitutes a promising source of cellulolytic organisms. However, isolates from plant material allow us to obtain specificity of action of fungi on the substrate [24]. In this way, the natural habitat conditions of the species are maintained and the obtaining of strains with greater degradative power is guaranteed.

Regarding the growth in tannic acid as a derivative of higher molecular weight of lignin, it is a very useful test to evaluate if the microorganism is capable of producing ligninolytic enzymes. In the present study it was possible to detect the presence of diffusion zones or dark halos around the colony, for a potency index of 4. This result is in agreement with the potency indexes reported for basidiomycetes fungi with great ligninolytic character, which indicates that this strain, despite being an Ascomycete fungus, is capable of expressing enzymes that can split lignin. The secretion capacity of oxidase enzymes is only present in a small number of microorganisms given the high structural complexity of lignin [25]. For these reasons, the growth and appearance of degradation halos in a medium where tannic acid is the only carbon source can be associated with the ability of the strain to express specific enzymes that modify phenolic compounds with a structure similar to lignin.

Determination of *Curvularia kusanoi* L7 carbon mineralization of raw wheat straw by gas spectroscopy – ATR-FT-IR assisted

The results of the mineralization study of raw wheat straw (highly complex fibrous substrate resistant to degradation) by the action of the lignocellulolytic fungus *C. kusanoi* L7 is shown in figure 3.

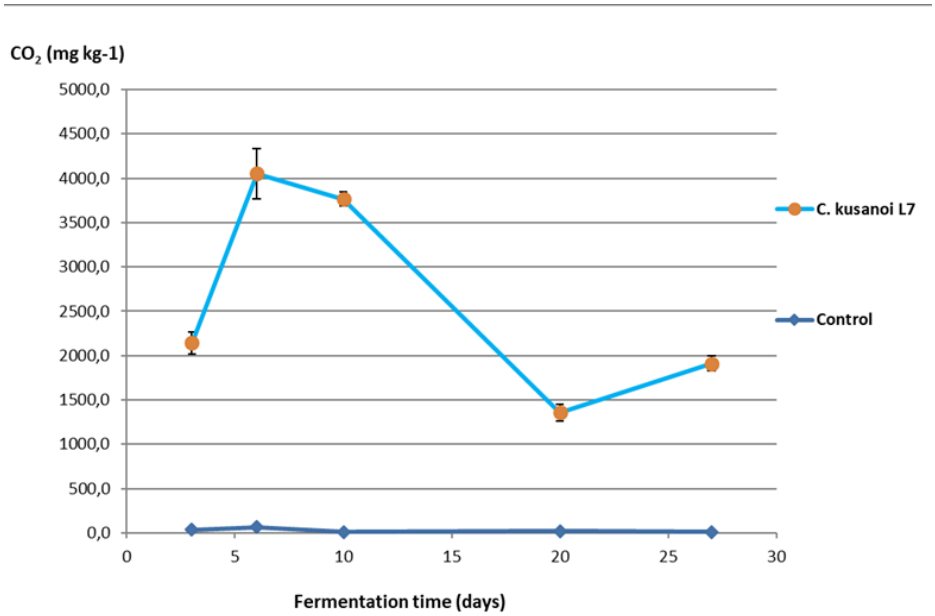


Figure 3. *Curvularia kusanoi L7 carbon mineralization of raw wheat straw.*

From the tenth day of fermentation, a drastic decrease in CO_2 production was observed, which may be related to the decrease in the nutrients that are more easily accessible and the beginning of the degradation of the most complex components of the plant cell wall.

However, from day 20 of fermentation, the mineralization levels of the substrate begin to increase again at the expense of the degradation of more complex compounds such as lignin. In the ATR-FT-IR study (figure 4) it can be observed that there is not only degradation of structures belonging to the carbon skeleton of cellulose fibers (signals 1-4) but also of structures associated with the carbon skeleton of lignin (signals 5-7), therefore the decrease in the intensity of these bands indicates their structural modification. In the present study, the decrease in the intensity of these signals corroborates the previous approaches that suggest the expression of enzymes that modify lignin and allow a more exhaustive degradation of the plant wall in the treatments with *C. kusanoi* L7.

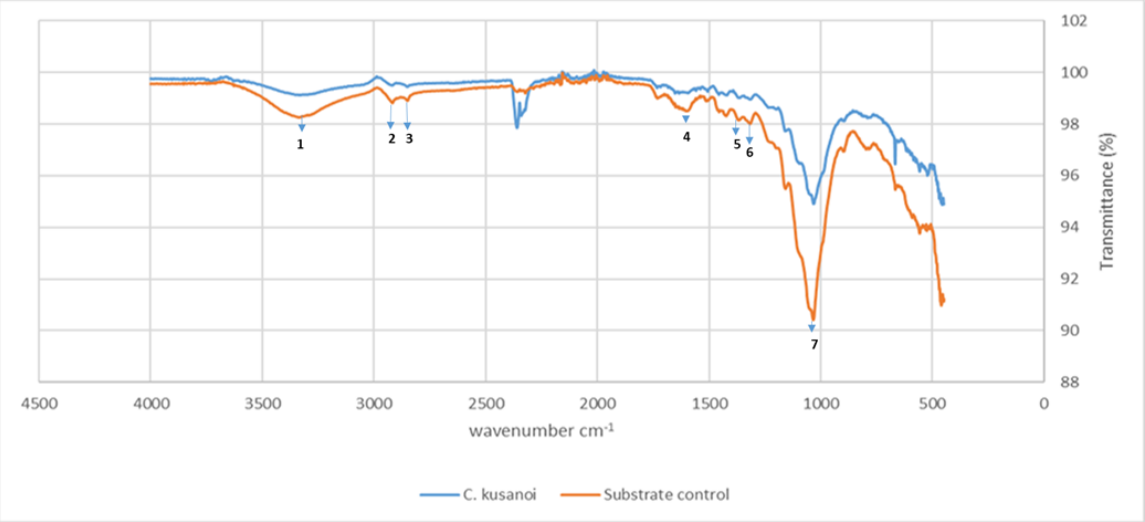


Figure 4. *ATR-FT-IR spectrum of carbon mineralization of raw wheat straw by C. kusanoi L7. Substrate control: wheat straw. Study range from 4000 to 400 cm^{-1}. [1-7] correspond to the main groups affected by the fungal degradation. [1] Band at 3400 to 3200 cm^{-1}: Stretching vibration of O-H groups phenolic and aliphatic. [2] Band at 2930 cm^{-1}: CH_3 and CH_2 stretching vibration of C-H bonds. [3] Band at 2850 cm^{-1}: OCH_3 groups vibration. [4] Band at 1610 cm^{-1}: aromatic C=C double bonds. [5] Band at 1420 cm^{-1}: vibrations of lignin phenylpropane aromatic skeleton. [6] Band at 1333cm^{-1}: aliphatic C–H bonds vibrations (CH or CH_2 groups). [7] Band at 1035 cm^{-1}: O-CH_3 bonds vibrations of guaiacyl and syringyl type units*

Lignocellulolytic capacity of the Curvularia kusanoi L7 strain in solid submerged fermentation of sugarcane bagasse and in wheat bran

The determination of the enzymatic activity of *C. kusanoi* L7 in both types of substrates are shown in tables 1,2,3,4. Table 1 and 2 showed the cellulolytic capacity of the strain when producing the main enzymes of the cellulase complex (endo-1,4-β-glucanase and exo- 1,4-β-glucanase). Another important aspect was the higher enzyme activity values obtained during the first 24 to 48 hours of fermentation, a fundamental aspect for fermentation processes candidate strains.

The ligninolitic activity in both substrates (tables 3 and 4) showed that besides having the same kinetics where the maximum potential for laccase production is reached at seven days of fermentation and at the fourth day for peroxidase, the values are higher when the microorganism is degrading wheat bran.

In general, the lignocellulolytic capacity of this microorganism is sufficient to assess its use in fiber pre-treatment processes, and its high production of laccase makes it interesting from a biotechnological point of view as a strain with potential to obtain this type of enzymes of great industrial application.

Table 1. *Cellulolytic activity (endo-1,4-β-glucanase and exo-1,4-β-glucanase) of the C. kusanoi L7 strain in sugarcane bagasse*

Cellulolytic activity (UI/mL)	Fermentation time (Hours)							
	24	48	72	96	120	144	168	SE and Signf.
endo-1,4-β- glucanase	2.87^{g}	2.11^{e}	2.41^{f}	1.90^{d}	1.28^{c}	1.13^{b}	0.977^{a}	±0.22 P=0.0004
exo-1,4-β- glucanase	0.35^{b}	0.90^{d}	0.61^{c}	0.018^{a}	0.008^{a}	0.003^{a}	0.0006^{a}	±0.36 P=0.0021

$^{a, b, c, d, e, f, g}$ *Means with different letters in each row differ at P <0.05 (Duncan, 1955)*

Table 2. *Cellulolytic activity (endo-1,4-β-glucanase and exo-1,4-β-glucanase) of the strain C. kusanoi L7 in submerged solid medium of wheat bran*

Cellulolytic activity (UI/mL)	Fermentation time (Hours)							
	24	48	72	96	120	144	168	EE y Signf.
endo-1,4-β-glucanase	0,608^{e}	0,402^{d}	0,921^{f}	0,185^{c}	0,098^{b}	0,035^{a}	0,029^{a}	±0,022 P=0.0003
exo-1,4-β- glucanase	0,55^{c}	0,24^{b}	0,20^{b}	0,08^{a}	0,07^{a}	0,07^{a}	0,03^{a}	±0,011 P=0,045

$^{a, b, c, d, e, f}$ *Means with different letters in each row differ at P <0.05 (Duncan, 1955)*

Table 3. *Ligninolytic activity (Laccase and peroxidase) of the strain C. kusanoi L7 in sugarcane bagasse*

Ligninolytic activity (UI/mL)	Fermentation time (Hours)							
	48	72	96	120	144	168	192	SE and Signf.
Laccase	-	0.13^{a}	0.30^{b}	0.38^{b}	0.51^{d}	0.84^{e}	0.49^{c}	±0.61 P=0.0012
Peroxidase	-	-	0.21^{c}	0.11^{b}	0.002^{a}	-	-	±0.36 P=0.043

a, b, c, d, e Means with different letters in each row differ at P <0.05 (Duncan, 1955)

Table 4. *Ligninolytic activity (Laccase and peroxidase) of the strain C. kusanoi L7 in submerged solid medium of wheat bran*

Ligninolytic activity (UI/mL)	Fermentation time (Hours)							
	48	72	96	120	144	168	192	SE and Signf.
Laccase	-	0.24^{a}	0.46^{b}	0.53^{c}	0.81^{d}	1.64^{e}	0.6^{c}	±0.44 P=0.0023
Peroxidase	-	-	0.18^{c}	0.06^{b}	0.002^{a}	-	-	±0.36 P=0.0034

a, b, c, d, e Means with different letters in each row differ at P <0.05 (Duncan, 1955)

CONCLUSIONS

The characteristics of the *Curvularia kusanoi* L7 strain, its ability to grow in different culture media, efficiently mineralize carbon and express a versatile enzymatic battery in complex high-fiber substrates, make it an Ascomycete with great lignocellulolytic potentialities to evaluate in processes of bioconversion of plant biomass.

BMA-48. Evaluación del movimiento de Carbono en módulos silvopastoriles del Proyecto IRES con programa EX−ACT v9.

Assessment of carbon movement in silvopastoral modules of the IRES Project using the EX-ACT v9 program.

A. Avila García[1], Z. Mezquía Mesa, A. Avila Mezquía[3], I. Avila García[4], H. Avila Mezquía[5]*

[1,2,4,] Grupo Agroforestal Cuba, Proyecto IRES, calle 174 No 1723 entre 17B y 17C Siboney Playa, La Habana, Cuba

[3] Centro Universitario José Antonio Echeverria, La Habana, Cuba

[5] Universidad de la Habana (UH), La Habana, Cuba

[*]Correspondencia a: armandoavilagarcia9@gmail.com

INTRODUCCIÓN

El cambio climático constituye en uno de los más serios desafíos para la humanidad, debido a las consecuencias como el aumento de la temperatura media del planeta, crecimiento del nivel del mar, deshielo de los casquetes polares y los glaciares, los cambios en las corrientes oceánicas y en los patrones del clima (Hartmann et al., 2013). La producción animal es fuente importante de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en todo el mundo. La alimentación del ganado en el trópico es principalmente a base de forrajes con bajos contenidos de proteína cruda, carbohidratos solubles y alta concentración de fibra. Como consecuencia, el consumo por los rumiantes genera pérdida de energía, lo cual aumenta la producción de calor e incrementa gas metano (CH4), mismo que contribuye al calentamiento global. La contribución del ganado a las emisiones mundiales de los GEI antropogénico representan entre el 7 Gt de CO2-eq/año o el 18 % de las emisiones totales (FAO, 2013). En otro sentido la conversión de tierras forestales a pastizales para establecer la pastura es otra fuente importante de emisiones de CO2 en el sector ganadero, especialmente por la pérdida de biomasa arbórea y carbono orgánico del suelo (COS). En México, la conversión de tierras forestales a pastizales representa una pérdida de 31 a 52% de COS dependiendo el clima y tipo de vegetación nativa (Aryal et al., 2018).

En este contexto los sistemas silvopastoriles (SSP), representan una alternativa de adaptación y mitigación al cambio climático, ya que se logra el almacenamiento de carbono en biomasa aérea y suelo y es un sistema que promueve la diversidad de especies en un mismo espacio, situación que combina simultáneamente la alimentación de los rumiantes aumentando la digestibilidad ruminal y de esta manera se reduce las emisiones de CH4 entérico (Nair, 2012). El almacenamiento de carbono en ecosistemas naturales, así como en los sistemas agroforestales, se da mediante el proceso de fotosíntesis. Durante este proceso, el CO2 se transfiere de la atmósfera al tejido vegetal y luego con senescencia hacia el suelo (Chapin et al., 2006)

El sector pecuario representa una fuente significativa de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en todo el mundo, al generar dióxido de carbono (CO2), metano (CH4) y óxido nitroso (N2O) a lo largo del proceso productivo. El ganado contribuye con el cambio climático al emitir GEI, bien sea directamente (P. ej., a través de la fermentación entérica o el estiércol) o indirectamente (P. ej., por las actividades desarrolladas durante la producción de piensos y la conversión de bosques en pastizales). Se ha calculado, con base en el análisis del ciclo de vida (ACV), que el sector emite aproximadamente 7.1 Gt de CO2-eq/año, o cerca del 18 por ciento del total de las emisiones de los GEI antropogénicas (Steinfeld et al., 2009)

Las emisiones de metano entérico representan el 30% de las emisiones mundiales de metano. Debido a que el metano es un contaminante climático de vida corta, la reducción de las emisiones de metano entérico puede ayudar a mitigar el cambio climático dentro de nuestro actual tiempo de vida (FAO, 2018).

La intensificación ganadera con generación de servicios ambientales debe emplear principios agroecológicos. Se busca elevar al máximo la eficiencia de varios procesos biofísicos esenciales como son la fotosíntesis en tres o cuatro estratos de vegetación; la fijación de nitrógeno y el reciclado de nutrientes con la finalidad de aumentar la producción de biomasa e incrementar el contenido de materia orgánica del suelo. Los insumos o entradas de los sistemas silvopastoriles proceden en forma principal de procesos biológicos y no de combustibles fósiles o compuestos sintéticos (Murgueitio et al., 2013)

El incremento en la productividad primaria del agroecosistema ganadero al tener más árboles, arbustos forrajeros, arvenses y pastos contribuye a mitigar el cambio climático a través de varios mecanismos (Murgueitio et al., 2013)

En América Latina, existen sistemas de producción que demuestran la importancia de tener sistemas ganaderos tropicales compatibles con los conceptos del desarrollo sostenible (Ibrahim et al., 2006), que sean amigables con el manejo de la diversidad biológica.

El potencial de los SSP2 (suelos y biomasa) para almacenar carbono puede variar entre 20 y 204 t ha-1, estando la mayoría de este carbono almacenado en los suelos, pudiendo incluso tener incrementos de C anual que pueden variar entre 1.8 y 5.2 t ha-1 (Ibrahim et al., 2005).

Lok (2006), menciona que los árboles en sistemas silvopastoriles cumplen funciones ecológicas de protección del suelo y disminuyen los efectos directos del sol, el agua y el viento. También pueden modificar su estructura (por la adición de hojarasca, raíces y tallos) e incrementar los valores de materia orgánica, la capacidad de intercambio catiónico y la disponibilidad de N, P y K (Betancourt et al. 2005).

En América Latina y el Caribe, se estima que más del 68 % de los suelos presentan algún tipo de deterioro edáfico, asociado al cambio de uso del suelo (Pennock & McKenzie, 2015). Estos procesos de deterioro están vinculados a procesos antropogénicos, entre ellos, los sistemas de producción agropecuarios, debido a la necesidad de suplir la demanda de alimentación, en la creciente población, lo que ha conllevado a la transformación de sistemas boscosos en áreas de pastoreo (McGroddy et al., 2015). Este escenario ha planteado el desarrollo de diversas acciones que promueven sistemas de producción ganaderos sostenibles (ambiental y económico), como una alternativa de alimentación animal, reducción de los procesos degradativos del suelo, aumento del carbono acumulado, disminución de la deforestación y adaptabilidad a los cambios generados por la variabilidad y cambio climático (Contreras-Santos et al., 2021)

Los sistemas silvopastoriles (SSP) capturan y almacenan el carbono atmosférico, fundamental en la mitigación del cambio climático (Oliva et al., 2017). Una parte importante del carbono presente en la atmósfera puede ser almacenado de forma natural por las plantas en la biomasa aérea, mediante los procesos de fotosíntesis, y otra parte en el suelo, a través de la acumulación de materia orgánica (Contreras-Santos et al, 2021; Lok et al., 2013), al considerarse el mayor reservorio de carbono (López-Santiago et al., 2019).

El proyecto IRES (Incremento de la Resiliencia climática en ecosistemas Agrícolas de la república de Cuba) se implementa en 7 municipios de los más vulnerables a los efectos del cambio climático en la Provincia de Matanzas (los Arabos), en Villa Clara (Santo domingo, Quemado de Güines y Corralillo) y al Sur de las Tunas (Jobabo, Amancio Rodríguez y Colombia) Ver Fig.1, donde se transformaran más de 35 mil ha a sistemas agrícolas con módulos agroforestales y silvopastoriles, aplicando la ciencia y la técnica, insertando a la mujer, los jóvenes, las comunidades, elevando el conocimiento medio ambiental de los productores y sus familias, hacia la soberanía alimentaria y nutricional.

Las áreas de intervención del proyecto son las siguientes:



Fig. 1. *Sitios de intervención del Proyecto IRES en Cuba.*

El presente trabajo evalúa el movimiento de carbono en los módulos silvopastoriles desde el comienzo del proyecto en el 2021 hasta 30 junio de 2025 utilizando el programa EX–ACT v9 que constituye una herramienta esencial recomendada por la FAO para esta actividad.

MATERIALES Y MÉTODOS

1. Realizar el balance de carbono para los módulos Silvopastoriles con el uso del programa EX–ACT v9

Resultados:

Para el trabajo con la herramienta de trabajo EX−ACT v9 es necesario realizar un levantamiento por módulos de los datos a introducir y que provienen de los sitios de intervención del Proyecto en los 7 municipios de las actividades desarrolladas durante el periodo, que se reportan a continuación.

Datos para el cálculo del Carbono

Total, de área: 8689.0 Ha

Clima Tropical Húmedo

Tipo de suelo: Suelo Arcilloso de alta actividad

Fase de implementación 6 año

Fase de capitalización 14 años

Duración total de la contabilidad 20 años

Potencial de calentamiento Global: CO_2 =1 (Dióxido de Carbono), CH_4 = 34 (Gas Metano) y N_2O = 298 (Óxido de Nitrógeno) Fuente 100 años de cambio climático.

Reserva de carbono Orgánico del suelo de referencia: 44 Tn /ha

Banco de proteína (morera y/o Moringa):330.0 Ha

Banco forraje energético (caña): 1159.0 Ha

Silvo pasturas (Área con pastos mejorados y árboles en potrero (30 árboles/ha):6684.5 Ha

Cercas vivas (guácima, ciruela y almacigo): 515.0 Ha

Diesel 18.5 Tn

Gasolina 1.2 Tn

Electricidad. 1.0 MWh

Total, de ganado 13583 de ellas ganado lechero 10866 y otras categorías en desarrollo 2716

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Fig.2 A se representa el balance de Carbono en toneladas de dióxido de carbono equivalente (tCO_2-e) donde se aprecia el volumen correspondiente a los Pastizales, al ganado, a los cultivos perennes, el valor al banco de forraje y proteínas para los periodos de mayor sequía, los 4 representan valores como sumideros ya que almacenan o captan carbono, 2 B representa los valores de la Proporción de saldo por Gases Efecto Invernadero en el dióxido de carbono que corresponden a la biomasa y al suelo, así como el metano que corresponde al ganado resultando valores negativos o sea sumideros de carbono algo que resulta positivo para la implementación y elevar la resiliencia del ecosistema.

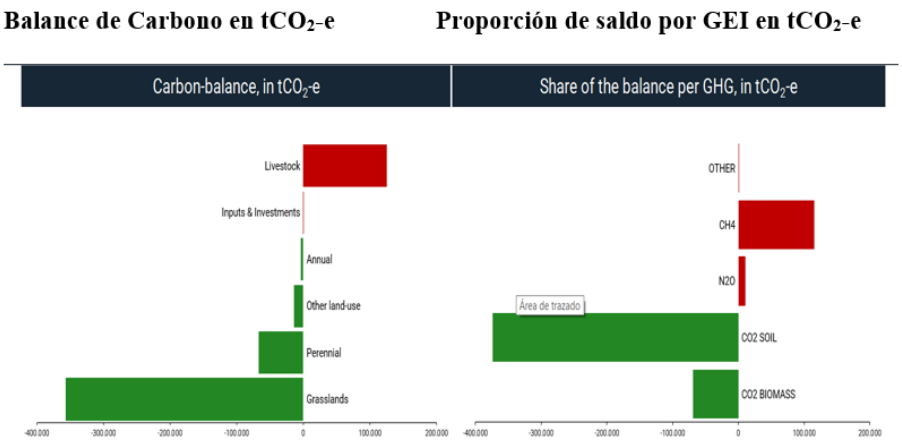


Fig.2 *A, Balance de Carbono y B, Proporción de saldo por GEI*

En la figura 3 aparecen los resultados que corresponden al Balance anual de Carbono para 20 años, que se expresa en tCO_2-e, el programa EX−ACT v9 confeccionada su plantilla para el proyecto comprende 7 años de implementación del proyecto y otros 13 de capitalización para un total de 20 años, nos encontramos calculando el año 6 en la tabla, el resto corresponden a la capitalización que son 17 años.

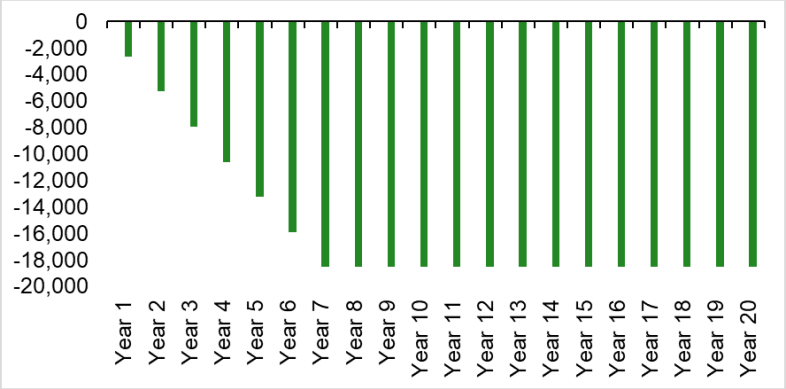


Figura 3. *Balance anual de Carbono en tCO_2-e (20 años)*

Flujos netos.

En la figura 4 se representan los valores netos de los flujos de tCO_2-e donde se puede apreciar el comportamiento con Proyecto y sin Proyecto, donde se observa que con las medidas aplicadas por el proyecto en el ecosistema se disminuye la emisión de dióxido de carbono dando como resultado un balance favorable de captación en el ecosistema.

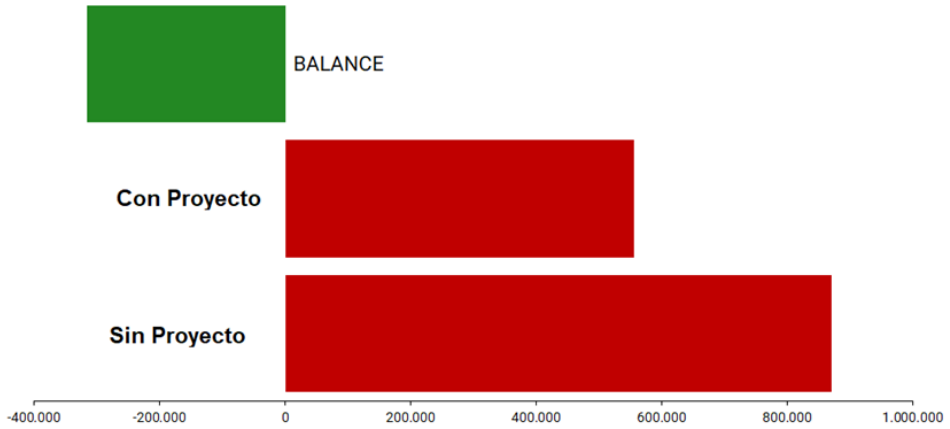


Fig.4. *Flujos netos tCO_2-e*

Como resultado final en los módulos silvopastoriles tenemos un valor Potencial de Mitigación: -315146.0 tCO_2 -eq para las 8689.0 Ha implementadas hasta la fecha como se observa en la figura 5

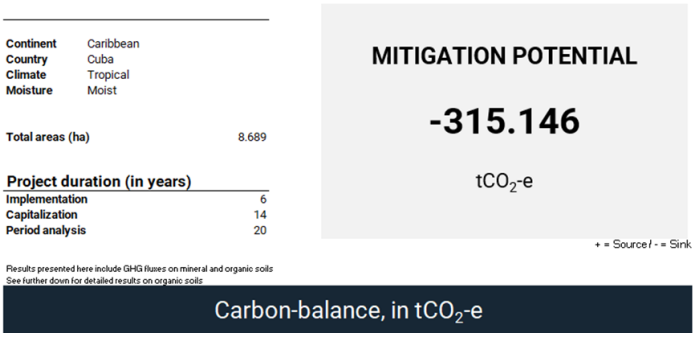


Fig. 5. *Mitigación potencial*

Coincidiendo con algunas investigaciones que reafirman los resultados obtenidos:

Las múltiples interacciones entre los componentes arbóreos, pasto, suelo y animal, fueron fundamentales para aumentar la cantidad de biomasa acumulada (C fijado) en sistemas silvopastoriles (Jiménez Ruíz et al., 2019).

Los SSP permiten asociar en una misma área el cultivo arbóreo con la actividad pecuaria. El componente arbóreo puede producir madera, forraje, frutos, otros productos industriales y servicios ambientales (conservación del suelo, ciclaje de nutrientes, sombra), mientras que la actividad ganadera (carne, leche o lana) mejora los ingresos del sistema productivo (Alonso 2004). Además, los SSP contribuyen en la captura de carbono (CO2), la generación de menores emisiones de óxido nitroso (N2O) y la mitigación de la emisión de gas metano (CH4) por los rumiantes. Todos estos gases son responsables del calentamiento de la atmósfera g

El metano (CH4) es producido por los microorganismos ruminales durante la fermentación anaeróbica de los carbohidratos solubles y estructurales consumidos por los rumiantes. Esta situación hizo que la ganadería esté acusada de contaminar el medio ambiente. Sin embargo, los rumiantes no son los culpables sino el sistema de alimentación que el hombre ha diseñado en las últimas décadas; fundamentalmente, el monocultivo de gramíneas mejoradas que fueron seleccionadas para una alta demanda de fertilizantes químicos y la elevada suplementación de cereales, así como los sistemas extensivos con baja digestibilidad y conversión con base de gramíneas (Alonso 2004)

En la atmósfera, el metano tiene la capacidad de almacenar calor veinte veces superior a la del dióxido de carbono (CO2), debido a ello los rumiantes se han relacionado con la contribución de gases de efecto invernadero. Otro efecto adverso de las emisiones de metano se refiere a la pérdida energética que experimentan los animales, lo cual afecta negativamente su desempeño productivo. La producción de este gas representa, en promedio un 8% de la energía bruta consumida, variando entre el 5,5 y 13%. Por tanto, las emisiones de metano no sólo constituyen un problema ambiental, sino una pérdida energética que juega contra la competitividad del sector ganadero (Posada Ochoa et al. 2014)

Los sistemas silvopastoriles son una modalidad de los agroforestales en los que se desarrollan, conjuntamente, árboles y pasturas que se explotan para la producción animal. El objetivo de estos sistemas es incrementar la productividad de forma sostenible, además de alcanzar otros beneficios. Los sistemas silvopastoriles son también una opción para revertir los procesos de degradación de los pastizales, al aumentar la protección física del suelo y contribuir a la recuperación de la fertilidad con la intervención de leguminosas que fijan el nitrógeno al suelo y de árboles de raíces pivotantes que aprovechan las capas profundas y reciclan los nutrientes (Carranza y Ledesma, 2009).

Los sistemas silvopastoriles juegan un papel importante en el secuestro de carbono en los suelos y en la biomasa leñosa (Beer et al. 2003). Según Nair et al (2009) estos sistemas aportan dos beneficios principales para conservar el carbono. Primero, contribuyen al almacenaje directo de carbono a corto y mediano plazo (décadas hasta siglos) en los árboles y el suelo y segundo reducen, indirectamente, la emisión de los gases invernadero causada por la deforestación y la agricultura migratoria. Sistemas silvopastoriles bien manejados pueden mejorar la productividad, mientras secuestran carbono (Andrade el at. 2002), además del beneficio económico que representa para los productores. El carbono total en los sistemas silvopastoriles varía entre 68 a 204 t/ ha, mucho de este carbono se encuentra almacenado en el suelo

Navas (2010) indica que la utilización de árboles en sistemas silvopastoriles genera sombra y microclimas en las áreas de pastoreo que el ganado aprovecha para reducir el estrés calórico producido por las altas temperaturas en las horas más calientes del día mejorando así el bienestar animal y la productividad animal.

El pastoreo bajo dosel arbóreo contribuye al confort térmico de los animales, ya que previene o reduce el estrés calórico, lo que repercute en la eficiencia de producción (Lacorte et al. 2009). Se registra una menor pérdida de energía para disipar el calor en meses estivales y menor consumo de energía para elevarla en invierno (Pérego 2002, Lacorte et al. 2003).



CONCLUSIONES

3. El proyecto IRES se encuentra incrementando la resiliencia de los ecosistemas silvopastoriles de Cuba con la implementación de sus módulos.
4. El Programa EX−ACT v9 constituye una herramienta muy eficaz y efectiva para calcular el movimiento de carbono en los sistemas Silvopastoriles.
5. El potencial de Mitigación de los módulos silvopastoriles es de -315146.0 tCO2 -eq para las 8689.0 Ha implementadas

BIBLIOGRAFÍA

Aryal DR, Gómez-Castro H, Del Carmen-García N, 2018b. Carbon storage potential in forest areas within a livestock system. Revista Mexicana de Ciencias Forestales 9 (48): 150-180

Andrade, C; Carneiro, J; Valentim, J. 2002. Efeito do sombreamento sobre as taxas de acumulação de matéria seca de quatro gramíneas forrageiras. Anais da Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia 39.

Alonso, J. 2004. Factores que intervienen en la producción de biomasa de un sistema silvopastoril leucaena (Leucaena leucocephala) guinea (Panicum maximun). La Habana, Cuba. 120 p

Beer, J.; Harvey, C.; Ibrahim, M.; Harmand, J.M.; Somarraba, E. y Jiménez F. 2003. Servicios Ambientales de los Sistemas Agroforestales. Agroforestería de las Américas, Vol. 10 No 37-38. CATIE, Turrialba, Costa Rica. p. 80-87

Betancourt, P., González, J., Figueroa, B. y González, F. 2005. Organic Matter and soil characterization during restoration processes with cover crop on temperate areas of México.

Carranza C. y Ledesma M. (2009) 'Bases para el manejo de sistemas silvopastoriles'. XIII Congreso Forestal Mundial. Buenos Aires, Argentina.

Chapin F. S., G. M. Woodwell (2006). Reconciling Carbon-cycle Concepts, Terminology, and Methods. Ecosystems 9:1041–1050.

Contreras-Santos, J. L., Martínez-Atencia, J., Raghavan, B., López-Rebolledo, L., & Garrido-Pineda, J. (2021). Sistemas silvopastoriles: mitigación de gases de efecto invernadero, bosque seco tropical - Colombia. Agronomía Mesoamericana, 32(2), 901–919. https://doi.org/10.15517/am.v32i3.43313

FAO, 2018. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura. Soluciones ganadera para el cambio climático. Folleto técnico. Fleischner, L. T. 1994. Ecological cost of livestock grazing in Western North America. Conservation Biology 8(3): 629-644

FAO, 2013. Directrices sobre el cambio climático para los gestores forestales. Estudio FAO Montes N º 172. Roma, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

Hartmann, D.L.et al 2013: Observations: Atmosphere and Surface. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Jiménez Ruiz, E. R., Fonseca González, W., & Pazmiño Pesantez, L. (2019). Sistemas Silvopastoriles y Cambio climático: Estimación y predicción de Biomasa Arbórea. La Granja, 29(1), 44–55. https://doi.org/10.17163/lgr.n29.2019.04

López-Santiago, J. G., Casanova-Lugo, F., Villanueva-López, G., Díaz-Echeverría, V. F., Solorio-Sánchez, F. J., MartínezZurimendi, P., Aryal, D. R., & Chay-Canul, A. J. (2019). Carbon storage in a silvopastoral system compared to that in a deciduous dry forest in Michoacán, Mexico. Agroforestry Systems, 93, 199–211. https://doi.org/10.1007/s10457-018-0259-x

Lok, S. 2006. Estudio y selección de indicadores de estabilidad del sistema suelo-planta en pastizales en explotación. Tesis Doctoral en Ciencias Agrícolas. ICA, La Habana, Cuba. 120

McGroddy, M. E., Lerner, A. M., Burbano, D. V., Schneider, L. C., & Rudel, T. K. (2015). Carbon stocks in silvopastoral systems: A study from four communities in Southeastern Ecuador. Biotropica, 47(4), 407–415. https://doi.org/10.1111/btp.12225

Montagnini, F., Somarriba, E., Murgueitio, E., Fassola, H., & Eibl, B. (2015). Sistemas agroforestales: funciones productivas, socioeconómicas y ambientales. https://bit.ly/38My0xk

Murgueitio E, Chara J ,Solarte A, Uribe F, Zapata C, Rivera J. 2013.Agroforestería Pecuaria y Sistemas Silvopastoriles Intensivos (SSPi) para la adaptación ganadera al cambio climático con sostenibilidad. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, 26: 313-316.

Nair. P. K. R. 2012. Carbon sequestration studies in agroforestry systems: a reality-check. Agroforestry Systems 86: 243–253.

Navas A. 2007 'Sistemas silvopastoriles para el diseño de fincas ganaderas sostenibles'. Asociación Colombiana de Médicos Veterinarios y Zootecnistas, Revista ACOVEZ.

Oliva, M., Culqui Mirano, L., Leiva, S., Collazos, R., Salas, R., Vásquez, H., & Maicelo Quintana, J. L. 2017. Reserve of carbon in a silvopastoral system composed of Pinus patula and native herbaceous. Scientia Agropecuaria,149–157. https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2017.02.07

Pennock, D., & McKenzie, N. (2015). Estado mundial del recurso suelo (Resumen Técnico). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. http://www.fao.org/3/a-i5126s.pdf

Pérego, J.L. 2002. Reunión del grupo técnico en forrajeras del cono sur zona campos, XIX Memorias. I.N.T.A. E.E.A. Mercedes.* E.E.A. INTA Mercedes, Corrientes.

Posada Ochoa,S.L; Ramírez Agudelo, J.F y Rosero Noguera, R. 2014. Producción de metano y digestibilidad de mezclas kikuyo (Pennisetum clandestinum) y papa (Solanum tuberosum). Agronomía Mesoamericana 25(1):141-150.ISSN:2215-3608.

Steinfeld, H. Gerber P. Wassenaar, T, Castel, V., Rosales, M. y de Haan, C. 2009. La larga sombra del ganado problemas ambientales y opciones. Roma, Italia, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.



BMA-49. Factor volumétrico de forma do fuste na espécie *Julbernardia paniculata* Benth (Onduco) na localidade da Lomanda, comuna do Quipeio, município da Ekunha.

Volumetric shape factor of the stem in the species *Julbernardia paniculata* Benth (Onduco) in the locality of Lomanda, commune of Quipeio, municipality of Ekunha.

André Kapingala Imbo Ndjamba [1]; Yobanis Osório Bornot [2]; Verena Torres Cárdenas [3]; Osvaldo Miguel Manuel Fruta [2]*

[1] Instituto Politécnico da Universidade Cuito Cuanavale. Angola;

[2]Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade José Eduardo dos Santos. Angola;

[3] Instituto de Ciência Animal. San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

[*]**Correspondência para**: principendjamba72@gmail.com

RESUMO

A Julbernardia paniculata Benth é uma das espécies de maior importância e uso na floresta natural de Miombo do planalto central, encontrando-se em conjunto com outras espécies também importantes dos géneros *Brachystegia, Isoberlínea* e *Julbernardia,* abrangendo maior percentagem da superfície florestal. Não obstante, o conhecimento referente às estimativas de seu volume comercial é limitado. O presente trabalho teve como objectivo determinar o factor volumétrico de forma para estimativa do volume do fuste da espécie *Julbernardia paniculata* Benth, na floresta de Miombo da localidade da Lomanda, comuna do Quipeio, município do Ekunha. Foram analisados e processados os dados colectados utilizando o programa computacional SPSS, versão 23.0, para a avaliação do melhor factor de forma a partir da comparação do coeficiente de determinação ajustado, erro padrão da estimativa e o sesgo médio. A partir dos cálculos do volume real total (soma de volumes calculados em cada secção) e volume cilíndrico, com dados de 52 árvores derrubadas para o aproveitamento florestal, foram determinados os factores volumétricos de forma para o fuste com e sem casca (0,64 e 0,63) sem agrupar por classe diamétrica e o factor de forma com casca agrupado por classe diamétrica (0,58). O factor volumétrico de forma recomendado para estimar o volume comercial e total por secção dos fustes é de 0,58, para o tipo florestal e espécie estudados.

Palavras-chave: *Miombo de Angola - Huambo, estimativa*.

ABSTRACT

Julbernardia paniculata Benth is one of the most important and widely used species in the natural Miombo woodland of the central plateau, found together with other important species of the genera *Brachystegia, Isoberlínea*, and *Julbernardia,* covering a large percentage of the forest area. However, knowledge regarding estimates of its commercial volume is limited. This study aimed to determine the volumetric shape factor for estimating the stem volume of *Julbernardia paniculata* Benth in the Miombo woodland of Lomanda, Quipeio commune, Ekunha municipality. The collected data were analyzed and processed using SPSS version 23.0 to evaluate the best shape factor by comparing the adjusted coefficient of determination, standard error of the estimate, and the mean bias. Based on calculations of the total real volume (sum of volumes calculated in each section) and cylindrical volume, using data from 52 trees felled for forestry use, the volumetric shape factors for the stem with and without bark (0.64 and 0.63) were determined without grouping by diameter class, and the shape factor with bark grouped by diameter class (0.58). The recommended volumetric shape factor for estimating the commercial and total volume per section of the stems is 0.58, for the forest type and species studied.

Keywords: *Miombo of Angola - Huambo, estimate*.

INTRODUÇÃO

De acordo com Scolforo & Thiersch (2004), a obtenção de estimativas precisas de produtividade em formações vegetais tropicais é um pré-requisito importante no estabelecimento de acções de maneio. Porém, tal como afirma Gonçalves (2016), para a vegetação Miombo, devido principalmente, à diversidade de espécies, estudos de tais estimativas ainda são escassos.

Quando se deseja avaliar a qualidade de uma determinada floresta, é necessário que se façam levantamentos das variáveis de interesse e de entre elas o volume é uma das mais importantes (Both *et al.,* 2016).

Estimar o volume das árvores é, na maioria das vezes, a principal finalidade dos levantamentos florestais, quando se trata de povoamentos destinados para fins comerciais (Conceição, 2004).

De acordo com Atanazio (2018) as variáveis diâmetro à altura do peito e altura permitem calcular o volume da árvore, uma vez que assim se calcula o volume de um cilindro perfeito. Porém sabe-se que os indivíduos arbóreos apresentam conicidade, característica de cada espécie e dependente do habitat natural. A partir disso, surge a necessidade de corrigir o volume do cilindro para o volume da árvore e, nesse sentido, o factor de forma, segundo Francez *et al.* (2010), permite corrigir o volume do cilindro para o volume da árvore em pé.

Explica-se a variação na forma do fuste pela redução sucessiva dos diâmetros, da base ao topo da árvore. Após o diâmetro e a altura, o factor de forma constitui a terceira variável, em ordem de importância, na determinação volumétrica (Finger, 2006).

A volumetria trata, fundamentalmente, de uma avaliação de subconjuntos para se obter o volume de madeira em uma unidade de área, geralmente 1 hectare. Primeiramente se considera as árvores de uma espécie, depois se pode formar um subconjunto com espécies que apresentam similaridades de forma e tamanho, e assim por diante. Árvores em florestas naturais apresentam-se com características mais complexas e complicadas que árvores plantadas, assim como árvores coníferas apresentam fustes mais regulares que árvores folhosas. (Prodan, 1965)

De acordo com Soares *et al.* (2006), o volume real de uma árvore pode ser considerado como uma percentagem do volume de um cilindro, cuja definição se dá pelo DAP (diâmetro a altura do peito medido a 1,3 m do solo) e pela altura total ou comercial das árvores. Assim, essa relação entre os volumes é chamada de factor de forma. Ainda segundo o mesmo autor, o volume de uma árvore pode ser estimado multiplicando-se o volume cilíndrico por um factor de forma médio apropriado para a espécie.

A determinação do volume do fuste e por conseguinte do respectivo factor de forma é de grande relevância para as florestas tropicais e particularmente para o Miombo, uma vez que devido principalmente às queimadas que se registam anualmente, as espécies arbóreas iniciam a ramificação de forma precoce.

Problema de investigação: escassez de informações dendrométricas e dasométricas das principais espécies arbóreas da floresta do Miombo da localidade de Lomanda, particularmente da espécie *Julbernardia paniculata* Benth, o que propicia um deficiente maneio florestal.

Hipótese: se se caracterizar as variáveis dendrométricas e dasométricas da espécies do Miombo de Angola mais facilmente serão determinadas as existências em termos de volume e concomitantemente será melhorado o sistema de maneio destas florestas.

Objectivo geral

Determinar o factor volumétrico de forma da espécie *Julbernardia paniculata* Benth, para estimativa de volume do fuste na floresta de miombo na localidade da Lomanda, comuna do Quipeio, município do Ekunha.

Objectivos específicos

1 - Caracterizar o estado dasométrico da espécie *J. paniculata* nas áreas de Miombo da localidade da Lomanda.

2 - Determinar o factor volumétrico de forma recomendado para estimar o volume comercial e total por secção dos fustes da espécie *J. paniculada* na localidade da Lomanda.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área de estudo

A localidade da Lomanda esta situada na Comuna do Quipeio no município da Ekunha província do Huambo, com aproximadamente 2 km do Quipeio, limitado a Norte e Oeste pelo rio Sandive, a Sul pelo rio Cuíto e pelo Leste por rio Cossesse. Suas coordenadas geográficas são: 12° 26´ 57,8´´ de latitude Sul e os 15° 29´ 35,4´´ de longitude Este.

No aspecto florestal é de referir que a mata natural de Miombo na localidade da Lomanda, que primitivamente ocupava toda a sua extensão territorial, cedeu lugar em grande parte, a comunidades vegetais savanizadas por práticas de agricultura de subsistência e abastecimento de lenhas e carvões. Caetano (2012) afirma que a floresta aberta de Miombo, em Angola, está dispersa por vastas zonas, incluindo as províncias de Huila, do Cuando Cubango, Moxico, Bié, Huambo, Malanje, Benguela e Kwanza-Sul. Apresenta inúmeras associações dominantes, onde a mais frequente é constituída pelos géneros *Isoberlínea, Brachystegia e Julbernardia*. É de média produtividade em termos de madeira comercial. Mas, detém um alto valor social em termos de combustível lenhoso, materiais de construção, produtos alimentares e plantas medicinais.

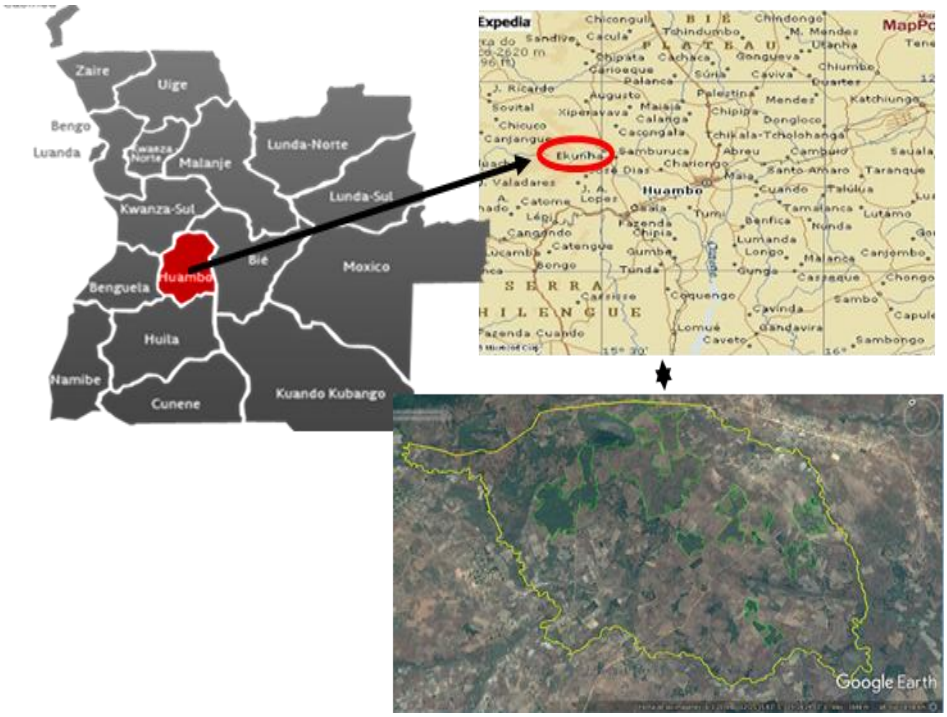


Figura 1. *Localização da área de estudo*

Materiais e base de dados empregues no estudo

Foram utilizados equipamentos de medição florestal e de posicionamento geográfico, bem como materiais cartográficos obtidos do Google Earth Pro. Para a localização e levantamento das unidades de amostragem, entre os quais estão: GPS, Forcípula ou Suta, Fita diamétrica e métrica, Hipsómetro Blume Leiss, Bússola e mapas. Também utilizou-se o machado, motosserra, estaca de 50 cm para seccionar o fuste e uma régua para medição da espessura da casca. Além disso realizou-se um inquérito aos aldeões para conhecer as diferentes etapas da exploração e os nomes vulgares das espécies da área de Miombo em estudo. Tiveram-se em conta informações dos aldeãos circundantes à área objecto de estudo a fim de localizar e identificar as espécies florestais aproveitadas por eles, bem como as áreas das manchas florestais de Miombo com o fim da avaliação das mesmas.

Para avaliar as características dendrométricas e dasométricas, bem como o grau de ocupação e a produtividade da espécie foram levantadas, primeiramente, 22 parcelas circulares de 500 m^2 (0,05 hectares) com raio de 12,62 m, conforme mostra a figura 2. Para que a área da parcela corresponda aos 500 m^2 num terreno com declive, o raio da mesma foi corrigido para o valor que corresponde à sua medida num plano horizontal. Para isto foi utilizada a fórmula:

$$R_h = R_i \cos \alpha$$

Onde:

R_h= Raio na linha horizontal;

R_i= Raio na linha em declive;

α = Valor da pendente medida em grau;

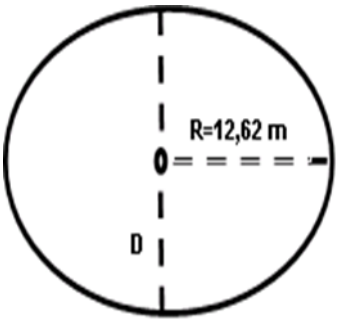


Figura 2. *Forma e dimensão da parcela de amostragem (fonte: Gonçalves, 2016)*

Procedimento para o cálculo do tamanho da amostra

A amostragem prévia de 22 parcelas serviu de base para o cálculo do tamanho definitivo da amostra visando atingir um limite de erro de ±10% com uma probabilidade de 95% para toda a área de 176,0 ha, usando para o efeito uma amostragem estratificada, utilizando o volume como variável.

Para o efeito a população foi dividida em 3 estratos: estrato I - de 0 a 4 m^3/ha; estrato II - de 4,1 a 8 m^3/ha, e o estrato III - acima 8 m^3/ha, como ilustrado no quadro 1.

Quadro 1. *Número de parcelas correspondente a cada estrato formado com base no volume em m^3 por hectare.*

Nº. de parcelas	ESTRATO I	Nº. de parcelas	ESTRATO II	Nº. de parcelas	ESTRATO III
3	1,5	19	6,5	6	9,5
1	0,0	7	4,1	15	8,2
10	2,1	4	5,4	5	14,3
11	0,0	2	5,8	9	14,5
8	0,1				
17	0,0				
14	0,9				
21	0,0				
13	0,0				
16	3,0				
20	0,0				
18	1,1				
22	0,2				
12	3,2				
Σ	12,2		21,8		46,5

Determinou-se também se a população era finita ou infinita, mediante o cumprimento dos seguintes pressupostos: se $1 - f \geq 0{,}98$ a população é infinita e se $1 - f < 0{,}98$ a população é finita.

Onde:

$f = \frac{na}{A} = ou\ também = \frac{n}{N} =$ Fracção de amostragem da população

$A = 176\ hectares = Área\ total\ da\ população$

$a = 0{,}05\ hactere = area\ da\ parcela\ de\ amostragem$

$N = \frac{A}{a} = Número\ total\ de\ parcelas\ de\ 0{,}05\ hectare\ na\ população$

$n = 22 = número\ total\ de\ parcelas\ préviamente\ amostradas.$

Sendo que $1 - f = 0{,}99375 \geq 0{,}98$ a população é infinita.

A determinação do tamanho da população (N) ou o número total de unidades de amostragem de 0,05 ha foi feita utilizando a seguinte forma: $N = \frac{176\ .ha}{0{,}05\ .ha} = 3520$ Parcelas circulares de 500 m^2.

Quadro 2. *Parâmetros estatísticos para calcular o tamanho da amostra na amostragem estratificada*

Estrato	N_h	W_h	$\bar{X}_h$	S_h	S_h^2	$W_h S_h$	$W_h S_h^2$	$\frac{W_h S_h^2}{N}$	$W_h \bar{X}_h$
I	2240	0,63	0,9	1,16	1,35	0,21	0.24	6,34E-05	0,123817
II	640	0,18	5,5	0,8	0,75	0,71	0,71	0,000185	3,967375
III	640	0,18	11,6	2,8	7,9	0,58	1,90	0,000495	2,115153
Total	3520	1				1,52	2,86	0,00	6,21

Segundo Chacko (1965), a intensidade da amostragem ou fracção da amostra (f) do inventário piloto que é a razão entre o número de unidades da amostra (n) e o número total de unidades da população (N):

$$f = \frac{22}{3520} = 0{,}00625$$

Quando $1 - f = 1 - 0{,}00625 = 0{,}99375 > 0{,}98$ então a população é infinita, desta forma para calcular o tamanho da amostra deve ser utilizada a fórmula da população infinita.

Método de colecta de dados das árvores derrubadas

Mediram-se os diâmetros há diferentes secções da altura de árvores derrubadas, utilizando 52 árvores para o cálculo dos factores de forma. A variável diâmetro foi medida na base do fuste das árvores a 0,30 m, a 1,30 m, a 1.50 m e desta até ao extremo a cada 0,50 m. Além destas foram medidas outras variáveis tais como: comprimento total da árvore, comprimento comercial até a base da copa, diâmetro à metade da altura total ($d_{0.5H}$) e espessura da casca (como se mostra na figura 3).



a b c

Figura 3. *procedimento de medição de variáveis dendrométricos; a) medição do comprimento do fuste; b) determinação do diâmetro em diferentes secções do fuste; c) medição da espessura da casca.*

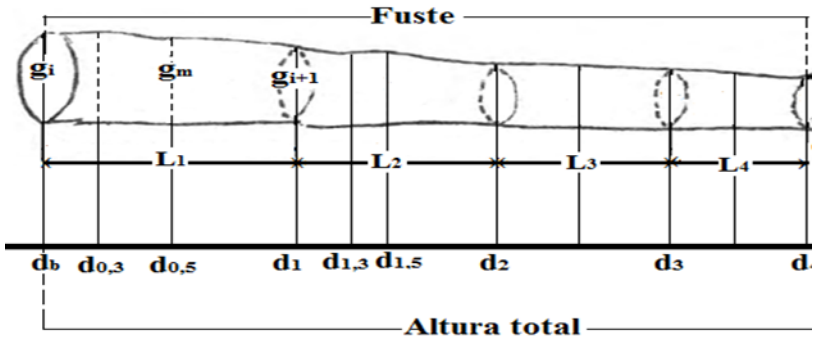


Figura 4. Esquema do procedimento de medição dos diâmetros na árvore derrubada.

O método utilizado foi o de secções absolutas e o volume foi calculado através da fórmula descrita por Newton:

$$V_i = \frac{1}{6}(g_i + 4g_m + g_{i+1}) * L_i$$

Onde:

V_i = Volume da secção *i*

g_i = Área da secção do extremo maior

g_m = Área na metade da secção.

g_{i+1} = Área da secção do extremo menor

L_i = Comprimento da secção.

Escolha do modelo para o factor de forma das árvores

No cálculo do factor de forma foi seleccionada a equação que expressa a relação do volume real da árvore e o respectivo volume do cilindro, cuja altura é a mesma que a da árvore, ou seja:

$$V = V_c * f_{1,3} = \frac{\pi}{4} d_{1,3}^2 * h * f_{1,3}$$

Daí resulta o factor de forma:

$$f_{1,3} = \frac{V}{\frac{\pi}{4}(dm_{1.3})^2 * h} = \frac{V}{V_c}$$

Segundo Prodan (1965) em geral se define ao factor de forma como:

$$f_{1,3} = \frac{V}{V_c}$$

Foi realizada a cubicagem rigorosa de cada uma das 52 árvores mediante a fórmula de Newton e com o volume do seu respectivo cilindro calculou-se o factor de forma para cada árvore amostrada.

Foram calculados os factores de forma médios para o fuste. A partir da razão entre o volume real obtido na cubicagem rigorosa pelo volume cilíndrico com o DAP (diâmetro na altura do peito), foi calculado o factor de forma individual das árvores. Após a obtenção dos factores de forma individuais, obteve-se o factor de forma médio do povoamento a partir da média aritmética dos factores de forma individuais.

Também foram criados gráficos de correlação do factor de forma com o diâmetro com casca a 1.30 m do solo, sem e agrupados por classes diamétricas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização do estado dasométrico da espécie *Julbernardia paniculata* Benth nas áreas de Miombo da Lomanda

Validação da intensidade ou tamanho da amostra

Calculou-se a média estratificada $\overline{X}_{st} = 3{,}62\ m^3.ha^{-1}$ e a variância estratificada $S_{st}^2 = 1{,}11\ m^3.ha^{-1}$. Como o limite de erro está em percentagem, foi convertido em valor absoluto e obtive-se: $E = 0{,}362\ m^3.ha^{-1}$.

Como $n = 22$, então o valor de (t) para 95% de probabilidade então: $t_{(0{,}05;21)} = 2{,}080$, o tamanho da amostra para o inventário definitivo é: $n_1 = \frac{(2{,}080)^2 * 1{,}11}{0{,}362^2} = 14{,}3 \approx 14$ parcelas; $t_{(0{,}05;14)} = 2{,}145\ n_2 = \frac{(2{,}145)^2 * 1{,}11}{0{,}362^2} = 15{,}37 \approx 15$ parcelas; $t_{(0{,}05;14)} = 2{,}145\ n_3 = \frac{(2{,}145)^2 * 1{,}11}{0{,}362^2} = 15{,}16 \approx 15$**,** o que indica que as 22 parcelas levantadas iniciamente eram suficientes para a espécie.

Finalmente comprovou-se a quantidade de parcelas que deviam ser levantadas por estrato $n_h = W_n * n$ (intensidade de amostragem por estrato), seguindo uma distribuição proporcional da amostra, o seguinte número de parcelas: para o **estrato I**, 9 parcelas, **estrato II**, 3 parcelas, e o **estrato III**, 3 parcelas, totalizando assim 15 parcelas necessária para alcançar a precisão desejada.

Como pode-se observar o tamanho necessário da amostra para obter uma precisão de ±10% é inferior ao número de parcelas medidas no inventário prévio e também é inferior ao número de parcelas medidas por estrato. Portanto o inventário prévio considerou-se como definitivo, a partir do qual foram feitos os cálculos para a caracterização do estado da espécie *Julbernardia paniculata* Benth nas áreas de Miombo da Lomanda.

Portanto, o tamanho necessário da amostra foram 15 parcelas, correspondendo a cada estrato. Estes resultados diferem com o Ndjamba (2015) que teve como amostragem prévia 32 parcelas, mas com o número de árvores por hectare como variável de interesse e o tamanho de amostra definitivo foi de 25 unidades amostrais.

Também difere de Gonçalves (2016) que calculou o tamanho da amostra para todas as espécies na área, usou 32 parcelas como amostragem prévia, como variável de interesse o volume por hectare e um tamanho da amostra de 18 parcelas.

Grau de ocupação dos estratos arbóreos da espécie Julbernardia paniculata Benth

Com a utilização do programa Microsoft Excel 2016 realizaram-se os cálculos das principais variáveis dendrométricas e dasométricas da espécie investigada sem qualquer agrupamento por classe de diâmetro, entre as quais estão: número de árvores por hectare (Nha^{-1}); diâmetro médio a 1,3 m do solo ($\bar{d}_{1.3}$); diâmetro a 0,3 m do solo ($\bar{d}_{0.3}$); altura média total ($\bar{h}_t$); altura média comercial ($\bar{h}_c$); área basal média em m^2 por hectare a 1,3 m do solo ($\bar{G}_{1.3}ha^{-1}$); área basal média em m^2 por hectare a 0,3 m do solo ($\bar{G}_{0.3}ha^{-1}$); o volume médio em m^3 por hectare a partir da área basal a 1,3 m do solo ($\bar{V}_{1.3}ha^{-1}$) e o volume médio em m^3 por hectare a partir da área basal a 0,3 m do solo ($\bar{V}_{0.3}ha^{-1}$).

Quadro 3. *Valores médios por hectare das variáveis dendrométricas e dasométricas na área florestal da localidade da Lomanda*

Nha^{-1}	$d_{1,3}$	$d_{0,3}$	h_t	$G_{1,3}ha^{-1}$	$G_{0,3}\ ha^{-1}$	$V_{(1,3)}\ ha^{-1}$	$V_{(0,3)}\ ha^{-1}$
1500	5,9	8,5	3,4	4,9	9,6	15,4	30,8

Observa-se no quadro 3 que os valores médios por hectare das principais variáveis dendrométricas e dasométricas são baixos, o que indica também a baixa produtividade do Miombo nesta localidade.

Estes resultados abrangem as 25 espécies identificadas na área de estudo, nas quais inclui-se também *Julbernardia paniculata* Benth. No quadro 4 estão os valores médios por hectare da *J. paniculata*.

Quadro 4 Valores médios por hectare das variáveis dendrométricas e dasométricas de *Julbernardia paniculata* Benth

$N\ ha^{-1}$	$d_{1,3}$	$d_{0,3}$	h_t	$G_{1,3}ha^{-1}$	$G_{0,3}\ ha^{-1}$	$V_{(1,3)}\ ha^{-1}$	$V_{(0,3)}\ ha^{-1}$
491	5,1	6,6	2,9	1,9	2,3	1,2	6,3

Como se pode observar no quadro 5 o grau de ocupação de *Julbernardia paniculata* Benth é baixo, pois $\bar{d}_{1.3}$, $\bar{d}_{0.3}$ e $\bar{h}_t$ são respectivamente 1,6; 1,5 e 1,4 vezes inferiores aos valores médios de todas as espécies inventariadas na área.

Uma análise comparativa dos parâmetros dasométricos médios Nha^{-1}, $G_{1,3}ha^{-1}$, G $0,3ha^{-1}$, $V_{1,3}$ha-1 e $V_{0,3}$ha-1 de *Julbernardia paniculata* Benth com os mesmos parâmetros da massa florestal mostra-se no quadro 5. Neste quadro observa-se que *Julbernardia paniculata* representa 32,8% do total de árvores por hectare médio registados no inventário das 22 parcelas ou unidades de amostragem levantadas na área objecto de estudo. Daí que pode-se dizer que *Julbernardia paniculata* Benth tem alto grau de ocupação quanto a Nha^{-1}.

Quadro 5. *Grau de ocupação de Julbernardia paniculata nas áreas florestais de Miombo na localidade da Lomanda.*

Índice	N ha^{-1}	$\bar{d}_{1.3}$ (cm)	$\bar{d}_{0.3}$ (cm)	$\bar{h}_t$ (m)	$\bar{G}_{1.3}$ (m^2ha^{-1})	$\bar{G}_{0.3}$ (m^2ha^{-1})	$\bar{V}_{1.3}$ (m^3ha^{-1})	$\bar{V}_{0.3}$ (m^3ha^{-1})
Massa florestal	1500	5,9	8,5	3,4	4,9	9,6	15,4	30,8
J. paniculata	491	5,1	6,6	2,9	1,9	2,3	1,2	6,3
%	32,8				38,7	23,9	7,8	20,5

Em geral na área objecto de estudo o número de árvores por hectare das classes diamétricas maiores de 15 cm é muito baixo. Valores iguais a estes obtiveram Jay (2014) em um estudo sobre a eficiência do método de Bitterlich na avaliação de parâmetros dasométricos na formação florestal do Miombo e Gonçalves (2016) em um estudo sobre afctor volumétrico e diamétrico de forma e perfil do fuste na espécie *Pericopsis angolensis* na área florestal de Calombo, Cuima, apresenta uma diferença na área e no número de árvores inventariadas.

Malengue (2014) reportou que esta espécie tem um alto valor energético pelo que é muito utilizada na produção de carvão vegetal e conforme aos dados anteriores representa um alto potencial quanto a estoque nas florestas irregulares do Miombo para o fabrico de carvão vegetal.

Factor volumétrico de forma do fuste da espécie *Julbernardia paniculata* Benth (Onduco)

Determinação do factor volumétrico de forma ou factor de forma do fuste

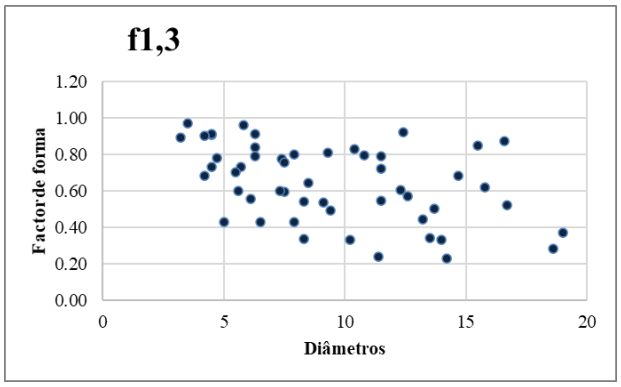
Foram calculados os valores das variáveis dendrométricas com casca e sem casca para cada uma das 52 árvores derrubada e cubicada de *Julbernardia paniculata* Benth., tendo-se obtido valores médios do factor de forma com casca e sem casca para a espécie *Julbernardia paniculata* sem qualquer tipo de agrupamento das árvores em classes de diâmetros de **0,64** e **0,63** respectivamente. Quer dizer que praticamente não há diferença entre o factor de forma com casca e sem casca.

Este factor de forma corresponde com os valores de factores de forma para o tipo dendrométrico do fuste de um parabolóide. Segundo Calderón *el al.* (2013) determinou para o Cilindro (0,653-1), parabolóide (0,497-0.653), cone (0,343-0.411) e neilóide (0.343).

Como se observa no parágrafo anterior, o factor de forma de um parabolóide é de 0,497-0.653, e o calculado para *Julbernardia paniculata* Benth foi de 0,64. Estes resultados concordam com Álvarez González *et al.* (2003) o valor do factor de forma do fuste varia entre 0 e 1 para os tipos dendrométricos, posto que o volume de qualquer das mesmas, ou de uma combinação de vários, é sempre menor ou igual o volume do cilindro (seria igual a um em caso de que o fuste fosse na realidade um cilindro).

Representação gráfica da correlação do factor volumétrico de forma com os diâmetros sem agrupar em classes diamétricas.

Na figura 5 aparece a distribuição dos factores de forma em função dos diâmetros das respectivas árvores. Observa-se uma leve tendência decrescente do factor de forma com o aumento dos diâmetros. Mas não se define exactamente a equação e o valor do coeficiente de correlação e o coeficiente de determinação.



Figur.5. *Correlação do factor de forma com casca respeito ao diâmetro das árvores individuais da espécie* Julbernardia paniculata *Benth*

Representação gráfica da correlação do factor volumétrico de forma com os diâmetros agrupados em classes de diâmetros.

No quadro 6 é apresentado o resumo dos valores médio do factor de forma ou factor volumétrico de forma ($f_{1.3}$) agrupado em classes diamétricas. No quadro se observa que não se pode definir uma clara tendência de decréscimo do factor de forma com o aumento dos diâmetros agrupados em classes.

Quadro 3.5. *Factor volumétrico de forma médio para a espécie* Julbernardia paniculata *Benth e por classes de diâmetros.*

Classes Diamétricas	Número de árvores amostradas por classe de diâmetro	Factores volumétricos de forma ($f_{1.3}$)
4	8	0,85
6	10	0,69
8	9	0,61
10	6	0,65
12	7	0,63
14	6	0,42
16	4	0,72
18	1	0,28
20	1	0,37
Soma/Media	**52**	**0,58**

No entanto, observa-se que nas classes de diamétricas 4, 6, 10 e 16 o valor médio do factor de forma é maior do que o factor de forma médio da espécie *Julbernardia paniculata* Benth sem agrupar, assim como a maior frequência de árvores em cada classe diamétricas são, 4, 6 e 8 nesta ordem.

A figura 6 apresenta a equação e a linha de tendência dos factores de forma da *Julbernardia paniculata* em correlação as classes diamétricas. Como mostra-se na figura, foi com a equação polinomial do segundo grau com a que se obteve maior correlação de pearson, ou seja, obteve-se um coeficiente de determinação de 0,6192, que apresenta uma correlação médio ou moderada.

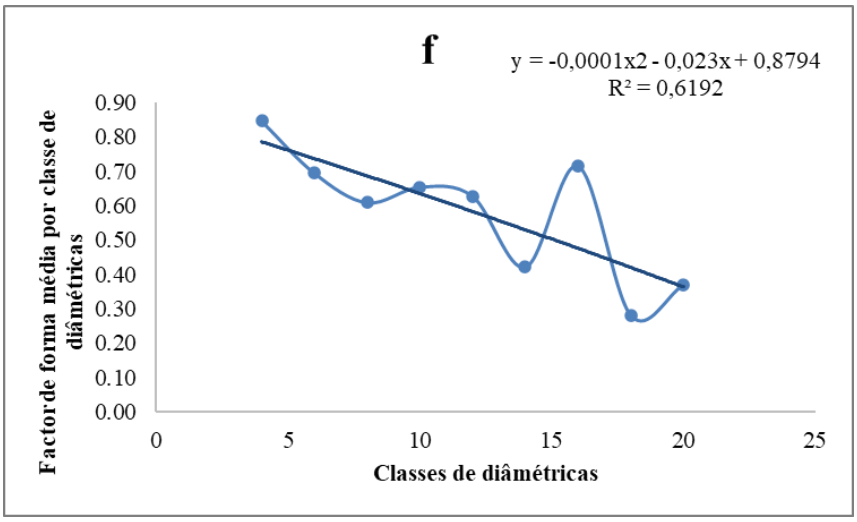


Figura 6. *Linha de tendência dos factore de forma de* J. paniculata *com respeito as classes diamétricas.*

CONCLUSÕES

1. A *J. paniculata* Benth (Onduco) está representada na área de estudo com 32,8% do número total de árvores por hectare, o 38,7% e 23,9% da área basal por hectare a 1,3 e 0,3 m do solo respectivamente, bem como o 7,8% e 20,5% do volume médio por hectare a 1,3 e 0,3 m do solo respectivamente. Do mesmo modo os diâmetros médios a 1,3 e 0,3 m do solo e altura média total são 1,6; 1,5 e 1,4 vezes inferiores aos valores médios de todas as espécies inventariadas na área. Desta forma as classes diamétricas com maior frequência estão entre á classe 2 a 14, mais as que apresentaram maior percentagem de árvores são as classes 2, 4 e 6 nesta ordem respectivamente.

2 - O valor médio do factor volumétrico de forma com casca e sem casca calculado sem qualquer agrupamento das árvores por classes diamétricas é de 0,64 e 0,63 respectivamente. Mas o factor volumétrico de forma com casca médio obtido com os dados agrupados em classes diamétricas é de 0,58.

3. O factor de forma mostra a tendência de diminuir com o aumento do **diâmetro**, ajustando-se a uma equação polinómica de segundo grau, mas o valor médio recomendável verifica-se quando as árvores agrupam-se em classes de diâmetros, isto é, 0,58.

BIBLIOGRAFIA

Atanazio, K. A. *et al.* 2018. *Fator de forma artifiial para Pinus taeda L. em um povoamento localizado em Enéas Marques, PR.* Acta Biológica Catarinense, 5 (1), p. 65-71.

Both, I. W., Carvalho, T. G. de & Dresher, R. 2016. *Determinação de fator de forma artifiial para Tectona grandis* Linn F. *em povoamento equiâneo situado em Monte Dourado*, estado do Pará, Brasil. Multitemas. 16(40), p. 61-74.

Caetano, T. P. 2012. *Perfil Florestal de Angola*. I Congresso dos Engenheiros de Língua Portuguesa, p. 24.

Calderón C. P.; Espinoza G. G. G.; Flores H. J. M.; Magaña J. J. G.; Ramos J. H.; Xavier, C. G. (2013). *Estimación de coeficientes y cocientes de forma para pinus montezumae lamb. en san juan nuevo, michoacan*. II Simposio Internacional en Producción Agroalimentaria Tropical y XXV Reunión Científica-Tecnológica. p. 8.

Chacko, V. J. A. 1965. Manual on sampling techniques for forest surveye. Dehra Dun (India), Statitician Forest Research Institute. 172 p.

Conceição, M. B. da. 2004. *Comparação de métodos de estimativa de volume em diferentes idades em plantações de Eucalyptus grandis* Hill ex – Maiden [Dissertação de Mestrado]. Curitiba: Universidade Federal do Paraná.

Álvarez González, J. G., Álvarez Taboada, M. F., Barrio Anta, M., Castedo Dorado, F., Dieguez Aranda, U., Rojo Alboreca , Á., Ruiz González, A. D. 2003. *Dendrometría.* México .D.F. Editorial Mundi-Prensa. p. 327.

Finger, C. A. G. 2006. *Biometria flrestal.* 3. ed. Rio Grande do Sul: Santa Maria; p. 283.

Francez, L. M. de B.; D. V. Souza; C. L. I. Takehana & P. L. C. 2010. Barros. Manual para análise de inventário florestal e equação de volume em projetos de manejo florestal sustentável – PMFS. Pará: Belém; 66 p.



Gonçalves, H. V. 2016. *Factores volumétricos e diamétricos de forma e perfil do fusteda espéciePericopsis angolenssis (Barker) Van Meeuwen (Omaco) na aldeia de Calombo.* Trabalho de Fim de Curso apresentado à Faculdade de Ciências Agrárias, junto ao Departamento de Engenharia Florestal, para a obtenção do grau de Licenciatura em Engenharia Florestal. p. 35-41.

Jay, N. F. P. 2014. *Eficiência do Método de Bitterlich na Avaliação de Parâmetros Dasométricos na Formação Florestal do Miombo.* Trabalho de Fim de Curso apresentado à Faculdade de Ciências Agrárias, junto ao Departamento de Engenharia Florestal, para a obtenção do grau de Licenciatura em Engenharia Florestal, p. 7-38.

Malengue, A. S. 2014. *Identificação e caracterização de algumas espécies do Miombo, na reserva florestal J. Brito Teixeira, Chianga Província de Huambo*. Agosto Científico 2014, Faculdade de Ciências Agrária.

Ndjamba, M. F. 2015. *Modelos de melhor ajuste para construção de tabelas dendrométricas e dasométricas com casca da espécie brachystegia boehmii Taub. (ussamba) na floresta do miombo na comuna do cuíma.* Trabalho de fim de curso apresentado para a obtenção do grau de Licenciatura em Engenharia Florestal na Faculdade de Ciências Agrária da Universidade José Eduardo dos Santos, Huambo. Angola.

Prodan, M. 1965. *Holzmesslehre*. Frankfurt am Mein: Sauerlanger's Verlag, p. 644.

Scolforo, J. R. S. & Thiersch, C. R. 2004. *Biometria florestal: medição, volumetria e gravimetria.* UFLA/FAEPE, Lavras. p. 285.

Soares, C. P. B., Paula Neto, F., Sousa, A. L. 2006. *Dendrometria e inventário Florestal*. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 276p.

BMA-50. Comportamiento agronómico del pasto *Axonopus catarinensis* Valls con diferentes niveles de sombra y aplicación de abono orgánico: especie con potencial para utilizar en sistemas silvopastoriles intensivos en el trópico alto

Agronomic performance of *Axonopus catarinensis* Valls with different levels of shade and application of organic fertilizer: a species with potential for intensive silvopastoral systems in the tropical highlands

J. J. Lopera-Marín[1]; J. Angulo-Arizala[2]; E. Murgueitio Restrepo[1]; L. Mahecha-Ledesma[2]*

[1]CIPAV Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria. Medellín, Colombia.

[2]GRICA Grupo de Investigación en Ciencias Agrarias. Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia.

*Correspondencia a: joaquin.angulo@udea.edu.co

RESUMEN

El objetivo fue evaluar el crecimiento y la calidad química de *A. catarinensis* bajo diferentes porcentajes de sombra y niveles variables de aplicación de fertilizante orgánico en las tierras altas tropicales. Se establecieron dieciocho parcelas de 16 m² cada una, y seis parcelas se asignaron al azar a cada nivel de pendiente (alta, media y baja) o bloque. Se utilizó un diseño experimental de parcelas divididas (parcela principal: porcentajes de sombra de 0 %, 35 % y 65 %; subparcela: aplicación de fertilizante orgánico -Sí -No-). La información fue analizada mediante un ANOVA. Las variables evaluadas en el pasto fueron morfométricas y de calidad química. La sombra afectó la radiación fotosintéticamente activa (PAR), mientras que la aplicación de compost afectó positivamente la mayoría de las variables morfológicas y agronómicas evaluadas. La proteína y los carbohidratos solubles aumentaron con el 65 % de sombra. Asimismo, la aplicación de fertilizante orgánico tuvo impactos en el porcentaje de MS, DIVMS, PC y fósforo soluble (PS), extracto etéreo (EE) y NSC. Estos resultados sugieren que A. catarinensis tiene potencial para su uso en sistemas silvopastoriles en los trópicos altos, con niveles de sombra de hasta un 65% sin fertilización. Bajo condiciones de fertilización con fertilizante orgánico, mantiene su producción y calidad de forraje con sombra moderada del 35%. Esta gramínea responde positivamente al fertilizante orgánico en términos de calidad composicional del forraje, lo que puede contribuir al desarrollo de modelos de producción sostenibles.

Palabras clave: *Calidad química, jesuita gigante, nitrógeno, parcelas*

ABSTRACT

The objective was to evaluate the growth and chemical quality of *A. catarinensis* under different shade percentages and varying levels of organic fertilizer application in the tropical highlands. Eighteen plots of 16 m^2 each were established, and six plots were randomly assigned to each slope level (high, medium, and low) or block. A split-plot experimental design was used (main plot: percentages of 0 %, 35 % and 65 % shade; sub-plot: application of organic fertilizer -Yes -No-). The information was analyzed using an ANOVA. The variables evaluated in the pasture were morphometric and chemical quality. Shade affected photosynthetically active radiation (PAR), while compost application positively affected most of the morphological and agronomic variables evaluated. Protein and soluble carbohydrates increased with 65% shade. Likewise, the application of organic fertilizer had impacts on DM percentage, DIVMS, CP, and soluble phosphorus (PS), ethereal extract (EE), and NSC. These results suggest that *A. catarinensis* has potential for use in silvopastoral systems in the high tropics, with shade levels of up to 65% without fertilization. Under conditions of fertilization with organic fertilizer, it maintains its forage production and quality with moderate shade of 35%. This grass responds positively to organic fertilizer in terms of forage compositional quality, which can contribute to the development of sustainable production models.

Keywords: *Chemical quality, giant jesuit, nitrogen, plots*



BMA-51. Determinación del efecto del Viusid® Agro en el porcentaje y número de brotes de yemas apical de los esquejes de morera (*Morus alba* Var. corazonada)

Determination of the effect of Viusid® Agro on the the percentage and number of shoots from apical buds of mulberry cutting (*Morus alba* Var. corazonada)

LE, Dihigo Cuttis[1]; C, Hernández Hustif; E, Lucas Vieito[1]; Y, Medina Elijarde[1]; A, León Matos[1]; Y, Peña Matos[1], J, Horta de la Masa[1] y Y, Alcalá Febles[1]*.

[1]Centro de Investigaciones para el Mejoramiento Animal de la Ganadería Tropical (CIMAGT), Avenida 101 # 6214 % 100 y 62. Loma de Tierra, Cotorro, La Habana, Cuba

[*]**Correspondencia**: dihigo297@gmail.com

ABSTRACT

The objective of this study was to determine the effect of the plant growth regulator Viusid®Agro on the percentage and number of shoots from apical buds in mulberry cutting (*Morus alva var corazonada*). A total de 80 mulberry cutting of 25 cm each were used, with an average of four buds. They were grouped into two experimental units each. All mulberry stems were planted in 500g polyethylene bags. Vuisid was used at 0.5 % every seven days; 25 ml of the product diluted in water was added to each bag after irrigation. Every 20 days, the sprouts and their number were counted, taking than 1 cm. An experimental design was used, completely randomized four by two, distributed with four replicates with ten experimental units each. Data were analyzed using the SSPS for Windows system A dynamic of bud activation was observed starting on day 6. No differences were observed between treatment on any of the days, the highest germination percentage was observed in mulberry cuttings, with values of 97.5 % and 100 %, respectively. Similarly, at 60 days, the number of shoots was 4.4 and 3.8 with and without the use of Viusid® Agro, respectively, with no differences found between treatments. It was shown that the use of the product Viusid® Agro had no effects on the sprouting percentage and number of apical buds in mulberry cuttings.

Palabras clave*: morera, brotes, esquejes y número de brotes*

Keyword: *mulberry, shoots, cuttings and number of shoots*

INTRODUCCIÓN

La morera es una planta que posee buenas características nutricionales con un contenido de proteína cruda en las hojas que puede alcanzar hasta 22,4 % (Polo y Moreno, 2023) y producción de biomasa de 10 -12 tms/ha/año (Martín-Martín *et al.* (2020), El conocimiento de su digestibilidad, es fundamental para proponer fórmulas dietéticas que posibilitan establecer los parámetros para su inclusión en la dieta para conejos, a través del método *in vitro* permite predecir de manera rápida y económica el valor nutritivo de los alimentos y en especial la digestibilidad de los nutrientes en los concentrados (Dihigo, 2007).

Según Boschini & Rodríguez (2002), el método fundamental de propagación de esta especie es asexual, con material vegetativo estandarizado en estacas de 25 a 30 cm de largo y al menos tres yemas en buen estado, de 1 a 1,5 cm de grosor, extraídas de ramas maduras con más de 120 días de edad. Esta vía de propagación es la más utilizada, ya que es una forma fácil y rápida de conservar las características de la planta madre. Dentro de este sistema existe la plantación de cultivos por siembra directa y por medio del trasplante del material enraizado al campo.

El producto Viusid® Agro actúa como biorregulador natural, aumenta en gran medida la productividad de las exportaciones agrícolas, con resultados satisfactorios desde los primeros días de aplicación. Se puede utilizar en todas las etapas de crecimiento vegetal y ayuda a fortalecer la planta que de forma natural producen sustancias antimicrobianas, evitando así la colonización por microorganismos dañinos (Catalysis, 2018).

Es por ello que el objetivo del presente trabajo fue determinar el efecto del uso del Viusid® en el porcentaje y número de brotes de yemas en los esquejes de morera.

MATERIALES Y MÉTODOS

Fuente de forraje: se utilizó la morera *(Morus alba* var. Corazonada) con ocho meses de establecida. Se usaron un total de 80 esquejes de 25 cm con un promedio de cuatro yemas, los mismos fueron agrupados en dos grupos experimentales y cuatro repeticiones con diez unidades experimentales cada una.

Estudio de brotación: todos los tallos de morera se sembraron en bolsas de polietilenos de 500g. El sustrato se preparó con un 50 % de tierra (suelo ferralítico rojo) y 50 % abono orgánico. Cada 20 días se realizó el conteo de los esquejes germinados y el número de brotes, teniendo como referencia que fueran mayor a un cm. El Viusid®Agro biorregulador

natural, uso al 0.5 % cada siete días se le adicionaron a cada bolsa después de riego 25 mL del producto diluido en agua.

Análisis estadístico. se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado cuatro por dos, distribuidas con cuatro replicas con diez unidades experimentales cada una. Los datos se analizaron en el sistema SPSS para Windows. En los casos necesarios, la comparación entre media se docimó según Duncan (1955).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

En la figura.1 se muestran los resultados de la brotación de la morera con el uso del Viusid®.

No se observaron diferencias significativas entre los valores de porcentaje de brotación de los esquejes de morera con o sin el uso del Viusid®. Se pudo observar al sexto día después de sembrada una dinámica de activación de las yemas. Estos resultados a los 20 días, están cercanos con los obtenidos por Villalta-Zúñiga *et al.* (2022), para estacas de Morera de 25 cm, donde se alcanzó un 40 % de brotación a los 21 días de plantación

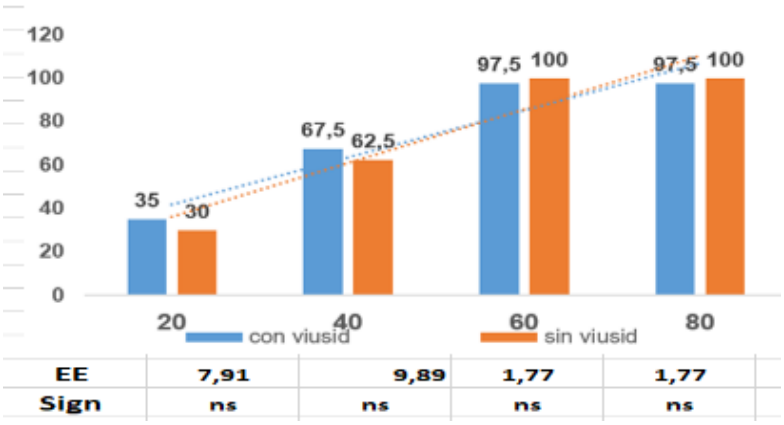


Figura. 1. *Porcentaje de brotación de las yemas foliares de morera con el uso o no del Viusid® cada 20 días.*

Transcurridos los 40 días se observó que más del 60 % de los esquejes presentaban brotación, independientemente del tratamiento. Dihigo et at, (2024) determinaron que a los 90 días con el uso de la sábila como enraizador y tallos de morera con un grosor de 17 mm un porcentaje de brotación de 93 y 81 %. Sin embargo, en el presente estudio se alcanzó los mayores porcentajes de brotación a los 60 días. Similares resultados fueros informado por Izquierdo *et al* (2024) al reportar valores de brotación de la morera a los 50 días de 97 %. El uso del producto Viusid® no tuvo influencia en el porcentaje de brotación de la morera.

De igual forma no se evidenciaron diferencias significativas en cuanto al número de brotaciones de la morera con el uso del producto Viusid (Tabla 1).

Tabla 1. *Efectos del Viusid® en el número de brotes de yemas foliares de los esquejes de morera.*

días Tratamiento	20	40	60	80
Con Viusid	1,075	2,425	4,375	3,75
sin Viusid	1,025	2,15	3,825	3,425
±EE	0,288	0,483	0,17	0,319
Sing	ns	ns	ns	ns

EE: Error estándar *ns- no significativo*



Se evidenció un aumento del número de rebrotes a partir de los 20 días de plantadas los esquejes de morera, independientemente del uso del producto Viusid®. Similares resultados fueron informados por Izquierdo *et al* (2024) con valores de 2.4 a los 50 días de plantados. El número de brotes por esqueje mostró resultados superiores a los obtenidos por Noda (2004), el cual, en investigación obtuvo, para la variedad Acorazonada, 2.1 brotes por esqueje a los 49 días de la plantación, mientras que son parecidos a los obtenidos para la variedad Criolla, que alcanzó 2,5 brotes por esquejes como promedio.

Los máximos números de brotación se observaron a los 60 días de plantados los esquejes de morera independientemente de los tratamientos.

CONCLUSIONES:

Se demostró que el uso del producto Viusid, concentrado de aminoácidos, no mostró efectos en el porcentaje de brotación y número de yemas apicales en los esquejes de morera. Se evidenció que a los 60 días de sembrada el esqueje de morera fue cuando se alcanzó el mayor porcentaje de brotación y número de rebrotes de las yemas apicales de los esquejes de morera.

BIBLIOGRAFÍA

Boschini, C. & Rodríguez, Ana María. 2002. Inducción del crecimiento en estacas de morera (Morus alba L) con ácido indol butírico (AIB). *Agronomía Mesoamericana*. 13 (1):19.

Catalysis.2018. VIUSID agro, promoter of growht. *Agricultural Science and Technolog*,.8, 157-167.

Dihigo, LE., Vieito, E; León, S; Alcalá F; Peña, Y y Medina, Y.2024. Efecto del grosor de los esquejes y de la sábila (*Aloe vera L.*) como enraizador en el porcentaje de brotación de morera (*Morus alba L. var. Corazonada*). Memorias de la VII Convención Internacional Agrodesarrollo 2024.

Dihigo., L.E. 2007. Caracterización físico-química de productos tropicales y su impacto en la morfofisiología digestiva del conejo. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Veterinarias.

Duncan, D.B.1955. Multiple range and multiple F tests. Biometrics 11:1

Izquierdo, D; Cepero, Gervasio y Rodríguez, S. 2024. Comportamiento de morera (*Morus alba* L.) Var. Yu-69 en establecimiento con diferentes marcos de plantación. *Revistas UNICA* https://revistas.unica.cu/index.php/uciencia/article/view/8506/5522.

Martín-Martín, G. J., Noda-Leyva, Y., Pentón-Fernández, G., González-Ybarra, N., Martínez-Peréz, M., Diaz-Solares, M., Savón-Váldes, L. L., Contino-Esquijerosa, Y., González García, E., Alpízar-Naranjo, A. … Ojeda, F. 2020. *Morus alba*, L. una planta multipropósito para la producción animal en Cuba. *Anales de la Academia de Ciencias de Cuba*, 7 (1), pp. 1-12. https://hal.inrae.fr/hal-02626227.

Noda, Y., Pentón, G. y Martín, G. 2004. Comportamiento de nueve variedades de Morus alba (L.) durante la fase de vivero. *Pastos y Forrajes*. 27(2), pp 131-138. https://payfo.ihatuey.cu/...%5D=787&path%5B%5D=289.

Villalta-Zúñiga, O. N., Elizondo-Salazar, J. A. y Russo, R. 2022. Propagación de estacas de morera (*Morus alba L.*) en condiciones de invernadero: comunicación. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*. 5 (2), pp. 2474-2483. https://ojs.brazilianjournals.com.br/...9702/37371.

BMA-52. Determinación del porcentaje de germinación y tamaño de las plantas de moringa con el uso del Viusid®Agro como estimulante del crecimiento.

Determination of germination percentage and size of moringa seedling using Viusid®Agro as a growth stimulant

C. Hernández Justiz[1]; L.E. Dihigo Cuttis[1]; E. Lucas Vieito[1]; Y. Medina Elijarde[1]; A. León Matos[1]; Y. Peña Matos[1], J. Horta de la Masa[1] y Y. Alcalá Febles[1]

[1]Centro de Investigaciones para el Mejoramiento Animal de la Ganadería Tropical (CIMAGT), Avenida 101 # 6214 % 100 y 62. Loma de Tierra, Cotorro, La Habana, Cuba

ABSTRACT

The objective of this study was to determine the germination percentage and size of moringa plants with the use of Viusid®Agro Agro as a growth stimulant. Moringa seeds were used and randomly distributed in 40 nylons bags.one group received 15 ml of Viusid® at 0.5 % and the other did not. Every ten days' germination and seedling size were counted. The germination energy (EG) was measured on day ten. No significant differences were observed on any of the days studied; however, after 30 days, 100 % of the seeds germinated with Viusid®. After ten days, the seedlings to which the product Viusid® was added had a greater height, with a difference of 3.11 cm. at 30 days, the same growth behavior was maintained with a different p000 and values of 15.58 and 19.85 cm for seeds without and with Viusid®, respectively. The germination energy of the seeds with Viusid® was 90 % compared to 80 % for those that were not added the product. It is concluded that the use of Viusid® had no effect on the germination percentage of the moringa seeds; however, the germination energy was higher in the treatments in which it was added, as well as a larger size of the seedlings.

***Keyword**: germination, Viusid, Size and germination energy*

***Palabra clave**: germinación, Viusid, tamaño, energía de germinación*

INTRODUCCIÓN

La moringa es una planta con un gran poder de adaptación a las condiciones climatológicas y de suelos de la región del Caribe y conserva e, incluso, supera las propiedades nutricionales de origen, lo que permite considerarla como una planta con un potencial importante (Del Toro *et al.*,2011) además, de poseer óptimas características nutricionales y de digestibilidad (Ramos *et al.*,2015). Las hojas se caracterizan por su elevado contenido de proteínas y bajo tenor de metabolitos secundarios (Kholif *et al*. 2018). Estudios previos reportan la utilización del follaje de moringa como fuente proteica en la alimentación de animales de interés económico tales como cabras (Yusuf *et al*. 2018).

La propagación de moringa, según Pérez *et al.* (2010), se puede realizar de manera sexual, con semillas gámicas y, vegetativamente, con estacas. Mediante este último método, las plantas presentan menor cantidad de raíces y con patrón de distribución fasciculado, lo que las hace propensas a ser derribadas por el viento y pueden presentar estrés por sequía y menor absorción de nutrimentos del suelo (Bernal *et al*. 2013).

El producto Viusid® es un compuesto con un contenido de aminoácidos y otros nutrientes, que pudiera influir de manera positiva en el porcentaje de germinación y tamaño de las plantas de moringa. Es por ello que el objetivo del presente trabajo fue determinar el porcentaje de germinación y tamaño de las plantas de moringa con el uso del Viusid® como estimulante.

MATERIALES Y MÉTODOS

Fuente de forraje: se utilizó las semillas de moringa (*Moringa oleífera* L. var, Corazonada). Se usaron un total de 40 bolsas de 200 g., los grupos se establecieron con la diferencia de que a un grupo se le aplicó 15 ml del Viusid® y al otro no.

Estudio de germinación: Las semillas se sembraron a 2 cm de profundidad en bolsas de polietilenos de 200g. El sustrato se preparó con un 50 % de tierra (suelo ferralítico rojo) y abono orgánico. Cada siete días se realizó el conteo de la germinación y el tamaño de las plántulas (fig 1). Esquema de distribución de las bolsas con las semillas de moringa.

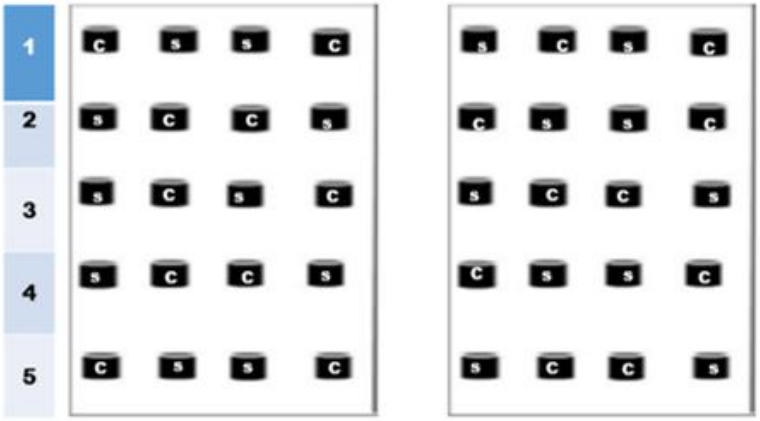


Figura 1. *Distribución de las bolsas con las semillas de Moringa oleifera, en dos tratamientos control y con el uso del Viusid®.*

El porcentaje de germinación (PG). Se hizo por conteo cada 10 días de semillas con emergencia de radícula y se utilizó la ecuación propuesta por Nouman et al. (2012) la cual se muestra a continuación:

$$PG = (NSR/ NSG)*100$$

donde:

NSR: número de semillas con emergencia de radicular

NSG: número de semillas colocadas a germinar

Energía de germinación= GA/n *100 (FAO, 1991)

GA: Germinación acumulada: es un conteo acumulado en el tiempo en que las semillas germinan.

N: número total de semillas en prueba.

Se tomó como referencia el día 10.

Análisis estadístico. Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado con cinco repeticiones y cuatro unidades experimentales. Se realizó un análisis de varianza y las diferencias se establecieron según Duncan (1955).

RESULTADOS Y DISCUSIÒN

En la figura 2 se observó el porcentaje de germinación cada 10 días de la moringa con y sin Viusid®. No se observó diferencias significativas en ninguno de los días, lo cual pudiera estar determinado por el número de muestras. No obstante, a los 10 días las semillas que se les adicionó el Viusid® el porcentaje de germinación fue mayor en 20 unidades porcentuales. Este comportamiento se mantuvo hasta los 30 días, en el tiempo que se pudo observar que todas las semillas de moringa germinaron.

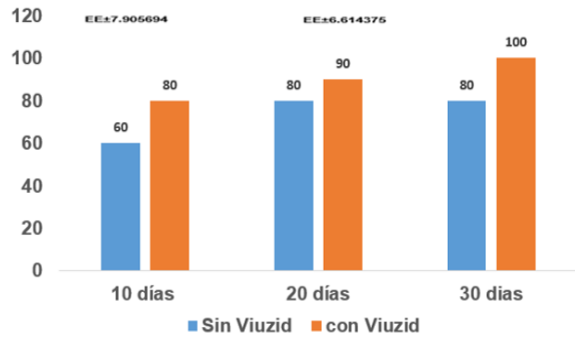


Figura 2. *Efecto del uso del Viusid® en el porcentaje de germinación de semillas de moringa, %.*

Las semillas de moringa pueden germinar rápidamente una vez que son sembradas y encuentran las condiciones necesarias de humedad y temperatura (Medina *et al.*,2007 y Mubvuma *et al.*,2013). De acuerdo con la figura 2, las semillas de moringa tuvieron mayor PG, cuando se le adicionó el Viusid® con valores muy superiores a lo reportado por Toral *et al.* (2013) y Martinez *et al* (2019) para las accesiones PKM-1 68%, Criolla-Granma 68%, Supergenius 69% y muy similares para las accesiones Plain 84%, Holguín-Mayarí 80% y Matanzas 78%.

Estudios realizados por Borraza (2017) determinó que embeber a las semillas de moringa en agua por períodos de 24, 48 y 72h no tenía efectos positivos en la germinación, obteniéndose valores más bajos que en los tratamientos en que no se embebieron las semillas. Al respecto, estudios desarrollados por Njehoya *et al.* (2014) mostraron que, con remojo de semillas en agua durante 12 horas, se pudo alcanzar 90% de germinación, mientras que con remojo durante 24 y 36 horas, se obtuvo solo el 15%.

En este estudio la hipótesis quedó demostrada, ya que a los 30 días en ambos tratamientos el PG superó los 80 % y en el caso de las semillas a las que se le continuó agregando el producto Viusid® fue del 100 %.

En la figura 3 se observó la altura de las plántulas de moringa post germinación a los 10 y 30 días.

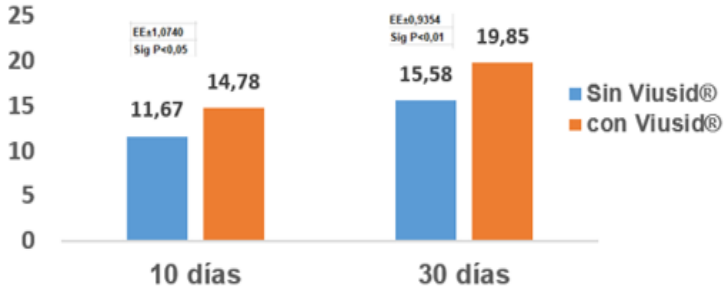


Figura 3. *Altura de las plántulas de moringa a los 10 y 30 días post germinación, Cm*

Se determinó que a los 10 días las plántulas a las que se les adicionó el producto Viusid® tuvieron una mayor altura (P< 0,05) con relación a las que no se le aplicó, con una diferencia de 3.11 cm. Esto resultados con el uso del Viusid® son muy superiores a los (10.7-11.2 cm), reportados por Medina *et al.*, (2007) con plántulas de 20 días de sembradas.

A los 30 días se mantuvo el mismo comportamiento en el crecimiento con diferencias en la altura a (P< 0,01) con 4.27 valores porcentuales con relación al control.

La energía de germinación es una medida de la velocidad de germinación, y por ello se supone que también lo es del vigor de la semilla y del germen que produce. El interés por la energía de germinación, se basa en la teoría de que seguramente sólo las semillas que germinan con rapidez y vigor en las condiciones favorables del laboratorio serán capaces de producir plántulas vigorosas en las condiciones que existen en el terreno. Estudios realizados por Aldhous, 1972, citado por FAO, (1991) planteó que una germinación débil o retrasada suele tener consecuencias fatales.

La energía de germinación es un parámetro muy útil que da una idea de la cantidad de semilla que rápidamente emergerá en el campo, minimizando las pérdidas de semilla por depredadores (Borrajo, 2006).

En el presente estudio se pudo determinar que la mayor energía de germinación ocurrió en los tratamientos en los que se adicionó el Viusid® con 10 unidades porcentuales superior a las que no se adicionó el producto. El envejecimiento es un factor que generalmente disminuye la viabilidad en las semillas (figura 4).

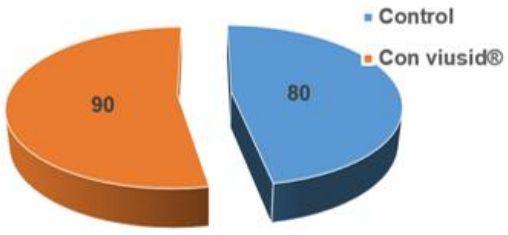


Figura 4. *Energía de germinación de las semillas de moringa, %*

Para los ensayos de la especie en estudio se determinó la *energía de germinación* al día 20 durante el periodo de germinación. Ante esto, el 80% de energía germinativa representaría 80 de las semillas germinadas en un medio determinado durante el primer tratamiento. En el segundo tratamiento, la energía germinativa para moringa fue de 90%, datos que representa una emergencia de 90 semillas, tomando en cuenta la adición del producto Viusid®. De acuerdo con Stanley y Butler (1961), el envejecimiento es un factor que generalmente disminuye la viabilidad en las semillas; en ocasiones, el cambio de estación de mayor precipitación a periodos de seca también afecta la viabilidad.

CONCLUSIONES

Se concluyó que el uso del producto Viusid®Agro no tuvo efectos en el porcentaje de germinación de las semillas de moringa, sin embargo, la energía de germinación fue superior en los tratamientos en los que se le adicionó el producto, así como un mayor tamaño de las plántulas.

BIBLIOGRAFÍA

Bernal, M.; Oquendo, G.; suárez, M.; rodríguez, E.; Vela, O. 2013. Evaluación del marco de siembra de *Moringa oleifera* Lam. Agr. Org. 19(2):23-27.

Borrajo, C. 2006. Importancia de la calidad de semillas: ed. Ea Mercedes, Centro Regional Corrientes. INTA. 4p. (En línea). Consultado 4 de marzo 2015. Disponible en https://www.google.com.ni/?gws_rd=cr.ssl&ei=PEdkV579BcmMjwSh75PYAg#q=borrajo+2006+energia+germinativa

Borraza, 2017. Germinación de semillas de moringa (*Moringa oleifera* Lam.) en diferentes tiempos de imbibición en agua. *Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient*. 20(1): 71-77

Candelaria-Martínez, B.1, Vera-López, J.2, Chiquini-Medina, R. A.1, Flota-Bañuelos, C. 2019. Germinación de semillas de Moringa oleifera sometidas a dos tratamientos de escarificación. *Revista Biociencias*, 6. e409. *http://revistabiociencias.uan.edu.mx*

Del Toro, J.; Carballo, A.; Rocha, L. 2011. Valoración de las propiedades nutricionales de *Moringa oleifera* en el departamento de Bolívar. *Rev. de Cienc.* (Colombia). 15:23-30.

Duncan, D.B.1955. Multiple range and multiple F tests. *Biometrics* 11:1

Kholif, A.E., Gouda, G.A., Olafadehan, O.A. and Abdo, M.M.2018. Effects of replacement of *Moringa oleifera* for berseem clover in the diets of Nubian goats on feed utilization, and milk yield, composition and fatty acid profile. *Animal.* 12(5): 964-972. *https://doi.org/10.1017/S1751731117002336.*

Medina, MG; García, DE; Clavero, T; Iglesias, JM. 2007. Estudio comparativo de *Moringa oleifera* y *Leucaena Leucocephala* durante la germinación y la etapa inicial de crecimiento. *Zootecnia Tropical*, Vol. 25, No. 2, pp. 83-93.

Mubvuma, M.; Mapanda, S.; Mashonjowa, E. 2013. Effect of storage temperature and duration on germination of moringa seeds (Moringa oleifera). *Greener J. Agr. Sci*. 3(5):427-432.

Njehoya, C.; Bourou, S.; Awono, K.; Bouba, H. 2014. Évaluation du potentiel de germination de Moringa oleifera dans la zone soudano-guinéenne du Cameroun. *J. Appl. Biosci*. 74:6141-6148.

Nouman, W; Siddiqui, MT; Basra S, MA; Afzal, I; Rehman, H. 2012. Enhancement of emergence potential and stand establish-ment of Moringa oleifera Lam. by seed priming. Turkey *Journal Agricultural and Forest*. No. 36. p. 227-235.

Pérez, A.; Sánchez, T.; Armengol, N.; reyes, F. 2010. Características y potencialidades de Moringa oleífera Lamark. Una alternativa para la alimentación animal. *Pastos y Forrajes* (Cuba). 33(4):1-16.

Ramos, O.; Castillo, J.; Sandoval, J. 2015. Efecto de intervalos y alturas de corte en la productividad forrajera de Moringa oleifera. *Rev. Bio Cienc.* (México). 3(3):187-194.

Stanley, RG.; Butler, WL.1961. Life Process of the Living Seed. In: Seeds. The Yearbook of the Agriculture. United States Department of Agriculture. United States Government Printing Office. Washington, D. C. pp.: 88-94.

BMA-53. Encalado e inoculación con Hongos Micorrízicos Arbusculares en *Macroptilium atropurpureum* cv. Siratro: Efectos en el sistema suelo–planta.

Liming and inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi on *Macroptilium atropurpureum* cv. Siratro: Effects on the soil–plant system.

Y. Pérez González[1]; P. J. González Cañizares[1]; J. F. Ramírez Pedroso[2]*

[1]Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), Gaveta Postal No. 1, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba

[2]Centro de Plantas Proteicas y Productos Bionaturales (CIBP), Cuba.

[*]Correspondencia: pyunior617@gmail.com.

RESUMEN

La búsqueda de alternativas de fertilización para cultivos forrajeros a partir del uso de fuentes de nutrientes de producción nacional, constituye un imperativo para disminuir los costos de la producción de alimentos para los animales y reducir el uso de insumos externos. Se realizaron dos experimentos en condiciones semicontroladas, para conocer el efecto de la caliza fosfatada, un mineral de procedencia nacional, en la fertilidad del suelo, el estado nutricional y los rendimientos de *Macroptilium atropurpureum* cv. Siratro, cultivado en un suelo de baja fertilidad, combinado con la inoculación con la cepa de hongo micorrízico arbuscular (HMA) *Rhizophagus irregularis*. Se evaluaron indicadores de la fertilidad del suelo y del funcionamiento micorrízico, las concentraciones de macronutrientes en la biomasa, la efectividad de la nodulación y los rendimientos del cultivo. Tanto la caliza fosfatada como la inoculación con *R. irregularis* incrementaron las concentraciones de N, P y Ca de la biomasa, la colonización micorrízica, el número y efectividad de los nódulos radicales y los rendimientos de biomasa aérea y radical de las plantas, pero los mayores efectos se obtuvieron con su aplicación conjunta. Se concluye que el uso combinado de la caliza fosfatada y *R. irregularis* constituye una alternativa agronómicamente efectiva, para mejorar la fertilidad del suelo y aumentar la productividad de *Macroptilium atropurpureum* cv. Siratro.

Palabras clave*: estado nutricional, fertilidad del suelo, rendimiento, nutrientes.*

ABSTRACT

The search for alternative fertilizers for forage crops based on domestically produced nutrient sources is imperative to reduce animal feed production costs and the use of external inputs. Two experiments were conducted under semi-controlled conditions to determine the effect of phosphate limestone, a mineral of domestic origin, on soil fertility, nutritional status, and yields of *Macroptilium atropurpureum* cv. Siratro, grown in low-fertility soil, combined with inoculation with the arbuscular mycorrhizal fungus (AMF) strain *Rhizophagus irregularis*. Indicators of soil fertility and mycorrhizal function, macronutrient concentrations in biomass, nodulation effectiveness, and crop yields were evaluated. Both phosphate limestone and inoculation with *R. irregularis* increased biomass N, P, and Ca concentrations, mycorrhizal colonization, the number and effectiveness of root nodules, and plant aboveground and root biomass yields, but the greatest effects were obtained with their combined application. It is concluded that the combined use of phosphate limestone and *R. irregularis* constitutes an agronomically effective alternative for improving soil fertility and increasing the productivity of *Macroptilium atropurpureum* cv. Siratro.

Keywords: *nutritional status, soil fertility, yield, nutrients.*

INTRODUCCIÓN

La producción ganadera en Cuba se sustenta en el uso de los pastos y forrajes como fuentes principales de alimentos para los animales y ello conlleva la obtención de elevados volúmenes de biomasa con suficiente calidad, para satisfacer sus requerimientos nutricionales (Soto et al. 2020).

La búsqueda de fuentes alternativas de nutrientes para los cultivos forrajeros que garanticen la productividad y la calidad de la biomasa, contribuyan a reducir el uso de insumos externos y a la vez, mejoren la salud del suelo, constituye un imperativo para la ganadería cubana. La caliza fosfatada, un mineral de procedencia nacional, ha sido utilizada con éxito para reducir la acidez de los suelos y mejorar la nutrición de los cultivos agrícolas, debido a que contiene cantidades importantes de Ca y P, dos elementos esenciales para las plantas (Choudhary *et al.*, 2020).

Por otra parte, el manejo de los microorganismos benéficos, hoy día constituye una herramienta clave para mejorar y mantener la productividad los cultivos agrícolas. Se ha demostrado que la biofertilización con hongos micorrízicos arbusculares (HMA), ha sido una vía efectiva para mejorar los rendimientos y valor nutritivo de las plantas forrajeras y a la vez, reducir sus necesidades de fertilizantes minerales u orgánicos (Ojeda Quintana et al., 2020).



De este modo, el uso combinado de la caliza fosfatada y biofertilizantes micorrízicos, dos insumos de procedencia nacional, podría resultar beneficioso para mejorar los suelos e incrementar los rendimientos y el valor nutritivo de los cultivos forrajeros en suelos ácidos y de baja fertilidad, ya que los HMA pueden mejorar la solubilización y absorción de nutrientes que aporta la enmienda mineral y consecuentemente, mejorar su disponibilidad para las plantas (Wang et al., 2022).

Basado en esta premisa, se realizó el presente trabajo con el objetivo de evaluar los efectos de la caliza fosfatada en indicadores de la fertilidad del suelo y la influencia de su aplicación, sola y combinada con la inoculación con HMA, en el cultivo de *Macroptilium atropurpureum* cv. Siratro.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron dos experimentos en condiciones semicontroladas, en el área del invernadero del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), ubicado en el municipio de San José de las Lajas, provincia de Mayabeque. En el primero, se estudiaron cinco tratamientos, (Testigo, 1 t ha^{-1} Cal, 50 kg ha^{-1} P_2O_5, 1 t ha^{-1} Cal+ 50 kg ha^{-1} P_2O_5, 1 t ha^{-1} Caliza fosfatada), y en el segundo, cuatro tratamientos (testigo, inoculación con la cepa de HMA *R. irregularis*, 1 t ha^{-1} de caliza fosfatada e inoculación *R. irregularis* más 1 t ha^{-1} de caliza fosfatada), en un diseño completamente aleatorizado con seis repeticiones.

En ambos experimentos, los tratamientos se colocaron en macetas de plástico de 3.5 L de capacidad, previamente perforadas en el fondo para facilitar el drenaje, las cuales se llenaron con 3 kg de un suelo procedente de la Estación Experimental de Pastos y Forrajes de Cascajal, ubicada a los 22° 39′ de latitud norte y 80° 24′ de longitud oeste, en el municipio de Santo Domingo, provincia de Villa Clara, Cuba. El suelo se clasificó como Gley Nodular Ferruginoso petroférrico, según Hernández et al. (2015), caracterizado por su elevada acidez y baja fertilidad (tabla 1).

Tabla 1. *Características químicas del suelo utilizado en el experimento (profundidad: 0-20 cm).*

pH H_2O	MO (%)	P (mg kg^{-1})	Cationes intercambiables				CIB	$H^+ + Al^{3+}$	V (%)
			Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	K^+			
			($cmol_c$ kg^{-1})						
4.8	2.52	5.5	3.32	1.12	0.05	0.1	4.59	4.33	51
(0.2)	(0.17)	(0.6)	(0.3)	(0.1)	(0.01)	(0.02)	(0.31)	(0.33)	

MO: materia orgánica; CIB: capacidad de intercambio de bases; $H^+ + Al^{\beta+}$: acidez intercambiable; V: saturación por bases. Valores entre paréntesis indican intervalos de confianza (α = 0.05).

Para el llenado de las macetas, se tomó el suelo a una profundidad de 0-20 cm y se tamizó con malla de 5 mm. La caliza fosfatada procedía de un yacimiento ubicado en Loma de Candela, en el municipio de Güines, Mayabeque, perteneciente a la Unidad Empresarial de Base (UEB) "Roberto Coco Peredo", de la Empresa Geominera de Occidente y tenía un contenido de 65% de $CaCO_3$ y un 11.5% de P_2O_5. Esta tamizó con malla de 0.25 mm, se aplicó a razón de 5 g por maceta, para una dosis equivalente a 1 t ha^{-1}.

En los tratamientos con cal y caliza fosfatada del experimento 1, ambos materiales se aplicaron a razón de 1.5 g por maceta, para una dosis equivalente a 1 t ha^{-1}, y en aquellos donde se aplicó fertilizante fosfórico, se adicionó 75 mg de P_2O_5 por maceta, para una dosis equivalente a 50 kg de P_2O_5 ha^{-1}, mediante el uso de superfosfato triple como portador. Todos los tratamientos recibieron fertilización potásica de fondo, a razón de 150 mg de K_2O por maceta, equivalente a 100 kg ha^{-1}, para la cual se utilizó el cloruro de potasio como portador.

Tanto los materiales encalantes como los fertilizantes minerales, fueron íntimamente mezclados con el suelo al momento del llenado de las macetas.

Para la aplicación de la caliza fosfatada en el experimento 2 se siguió el mismo procedimiento y en los tratamientos donde se aplicó *Rhizophagus irregularis* se utilizó un inoculante micorrízico que contenía la cepa INCAM-11, procedente de la colección del INCA, con un contenido de 30 esporas por gramo de inóculo. Este se aplicó por el método del recubrimiento de las semillas al momento de la siembra.

En ambos experimentos, la siembra se realizó a los 15 días después de la aplicación de la caliza fosfatada. Se colocaron 5 semillas de Siratro (*Macroptilium atropurpureum* cv. Siratro) con un 80% de germinación, en un orificio de 0.5 cm de profundidad que se abrió en el centro superior del suelo de cada maceta, y posteriormente fueron cubiertas con el propio suelo. A cada maceta se le colocó un tutor de madera de 50 cm de altura, para garantizar el crecimiento vertical de las plantas, dado su hábito de crecimiento rastrero, y se regaron cada tres días para mantener el suelo a un 80% de la capacidad de campo.

A los 60 días después de la siembra se cortaron las plantas y se pesaron la masa verde de la parte aérea y las raíces y se determinó el rendimiento de la masa seca ambos órganos. Antes de llevar las muestras de raíces a la estufa, en cada maceta se procedió a realizar el conteo de nódulos en las raíces cuidadosamente lavadas junto con la observación cualitativa de su tonalidad interna y se consideraron efectivos aquellos que poseían una coloración roja a rosada, por evidenciar presencia de leghemoglobina (FAO, 1985). A las muestras de la biomasa de la parte aérea se les determinaron las concentraciones de N, P, K y Ca, según los métodos analíticos establecidos en el INCA (Paneque et al, 2010). El procesamiento estadístico de los datos se realizó mediante el análisis de varianza y la prueba de Tukey ($P<0.05$) mediante el programa estadístico SPSS Versión 25, (IBM, 2017).

RESULTADOS Y DISCUSIÒN

En el primer experimento se observó un efecto significativo de la cal y el fertilizante fosfórico en los contenidos de Ca intercambiable y fósforo asimilable, respectivamente, y en el caso de la cal, aumentos del pH y disminución de la acidez intercambiable (tabla 2). La caliza fosfatada produjo efectos similares a los observados con la aplicación de cal, tanto en el aumento del pH y el contenido de Ca intercambiable, como en la disminución de la acidez intercambiable. De igual modo, produjo incrementos en los contenidos de fósforo asimilable en el suelo, similares a los obtenidos con la fertilización fosfórica.

Tabla 2. *Efecto de los tratamientos en las características químicas del suelo.*

Tratamientos	MO (g kg^{-1})	P (mg kg^{-1})	pH H2O	H + Al	Ca	Mg	K
				(cmolc kg^{-1})			
Testigo	25.8	5.1 b	4.7 d	3.57 a	3.52 b	1.15	0.21
Cal	26.1	5.3 b	5.8 b	2.17 b	4.79 a	1.17	0.23
50 kg ha^{-1} P_2O_5	25.6	6.9 a	4.9 d	3.53 a	3.55 b	1.16	0.21
Cal + 50 kg ha^{-1} P_2O_5	26.0	6.8 a	6.0 a	2.18 b	4.81 a	1.19	0.23
Caliza fosfatada	25.9	7.2 a	5.9 a	2.15 b	4.88 a	1.17	0.22
ES ±	1.5	0.1	0.1	0.20	0.32	0.12	0.04
Valor P	0.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.25	0.32

Promedios con letras distintas en la misma columna difieren significativamente, según prueba de Tukey a $P<0.05$.

El encalado constituye la forma más efectiva de corregir los problemas de acidez en los suelos de bajo pH. Esta práctica agronómica se basa en la aplicación de sales básicas que neutralizan la acidez causada por la presencia de Al^{+3} e H^{+} en el suelo (Mahmud et al. 2022).

El incremento del contenido de fósforo asimilable del suelo que se observó en el tratamiento donde se aplicó la caliza fosfatada, se atribuye al contenido de este nutriente en el material encalante y a la propia acidez del suelo. El fósforo contenido en la caliza fosfatada se encuentra en forma de fosfato de calcio [$Ca_3(PO_4)_2$], el cual resulta no asimilable para las plantas; sin embargo, en los suelos ácidos, el contenido de H^{+} presente en la solución del suelo contribuye a la solubilización del P, haciéndolo asimilable para las plantas.

De hecho, la acidulación de las rocas fosfóricas en uno de los métodos más utilizados para aumentar su contenido de P asimilable, sobre todo cuando se utiliza en suelos cuyo pH neutro o muy baja acidez, impide que este proceso ocurra de forma natural en el suelo. Ello pudiera explicar el hecho de que, con la caliza fosfatada, se hayan alcanzado contenidos de fósforo asimilable en el suelo, similares a los que se observaron con la fertilización fosfórica.

Estos resultados coinciden con los encontrados por Díaz-Poveda y Sadeghian (2022), quienes, al utilizar la caliza fosfatada como fuente de fósforo para el cultivo del café en suelos con diferentes grados de acidez, observaron un aumento del contenido de fósforo asimilable fue mayor en suelos cuyos valores de pH fueron inferiores a 6.

Los tratamientos no influyeron en los contenidos de materia orgánica, K y Mg intercambiables del suelo debido, en el primer caso, a que en ninguno de ellos se aplicaron fuentes orgánicas, y en el segundo, si bien no se disponen de datos sobre los contenidos de ambos nutrientes en los materiales encalantes, se presume que estos no fueron elevados como para producir un aumento en el suelo.

Los resultados de la tabla 3 indicaron que con la aplicación de caliza fosfatada se obtuvo un incremento en las concentraciones de nutrientes en la biomasa de la parte aérea, la nodulación y el rendimiento del Siratro. La influencia de la caliza fosfatada en el incremento de las concentraciones de N pudiera estar relacionada con una mejora del proceso de fijación biológica del N, pues se conoce que la simbiosis rizobio-leguminosa se restringe en suelos muy ácidos, y que con el encalado las plantas pueden fijar una mayor cantidad de N atmosférico, gracias al adecuado desarrollo de las bacterias que intervienen en este proceso.

Tabla 3. *Efecto de los tratamientos en las concentraciones de nutrientes en la biomasa de la parte aérea, la nodulación y el rendimiento del Siratro.*

Tratamientos	Concentraciones en la biomasa (g kg^{-1})			Nodulación		Rendimientos		
	N	P	Ca	Nódulos $maceta^{-1}$	Efectividad nodulación (%)	MSPA	MSR	MST
Testigo	30.1 c	1.7 b	15.9 b	18.72 d	63 d	4.12 d	4.07 d	8.20 d
Cal	32.9 b	1.9 b	20.5 a	23.51 c	74 c	5.59 c	5.19 c	10.77 c
50 kg ha^{-1} P_2O_5	32.7 b	2.3 a	15.7 b	32.83 b	85 b	6.73 b	6.41 b	13.14 b
Cal + 50 kg ha^{-1} P_2O_5	36.1 a	2.4 a	20.8 a	45.45 a	96 a	7.91 a	7.69 a	15.60 a
Caliza fosfatada	35.5 a	2.3 a	21.1 a	44.31 a	97 a	7.93 a	7.72 a	15.65 a
ES ±	0.4	0.1	0.4	1.4	2.9	0.25	0.23	0.31
Valor P	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

MSPA: masa seca de la parte aérea, MSR: masa seca radical, MST: masa seca total (MSPA+MSR).

Promedios con Letras distintas en la misma columna difieren significativamente, según prueba de Tukey ($p < 0.05$).

En el segundo experimento, cuyos resultados se muestran en la tabla 4, se observó que la caliza fosfatada tuvo un efecto similar al observado en el experimento anterior en relación con las concentraciones de N, P y Ca en la biomasa de la parte aérea y los rendimientos del Siratro, lo que confirmó su efecto beneficioso de su aplicación en la nutrición del cultivo con estos elementos; sin embargo, los mayores valores de estos indicadores se obtuvieron cuando su aplicación se combinó con la inoculación con la cepa de HMA *R. irregularis.*

Al analizar de manera integral de los resultados obtenidos en este experimento, se pudo constatar que caliza fosfatada constituye una vía para reducir la acidez del suelo y elevar sus contenidos de Ca intercambiable y P asimilable, dos nutrientes esenciales para las plantas. La adición de la caliza fosfatada al suelo contribuye a la neutralización de los iones H^+ por medio de los iones OH^- que se producen al entrar el Ca en contacto con el agua. Los óxidos de calcio (CaO) reaccionan con el agua del suelo transformándose en hidróxidos (OH^-), los cuales inciden directamente en la disminución de la acidez (Ejigu *et al*. 2023).

El incremento de los contenidos de P asimilable y Ca intercambiable que se observó en los tratamientos donde se aplicó la caliza fosfatada, se atribuye a sus contenidos de ambos nutrientes y a la propia acidez del suelo. El fósforo y el Ca contenidos en la caliza fosfatada se encuentran en forma de fosfato de calcio [$Ca_3(PO4)_2$], el cual resulta no asimilable para las plantas; sin embargo, el contenido de H^+ presente en la solución del suelo que se utilizó en el experimento, el cual poseía un pH fuertemente ácido, pudo haber contribuido a la solubilización de ambos elementos, haciéndolos asimilables para las plantas, y ello explica el aumento de las concentraciones de ambos elementos en la biomasa del Siratro.

Tabla 4. *Efecto de la caliza fosfatada y la inoculación con Rhizophagus irregularis, en las concentraciones de nutrientes en la biomasa aérea y el rendimiento del Siratro.*

Tratamientos	Concentraciones en la biomasa (g kg^{-1})				Rendimientos		
	N	P	Ca		MSPA	MSR	MST
Testigo	30.1 d	1.5 c	15.9 c		18.73 d	18.33 d	37.06 d
R. irregularis	32.5 c	2.1 b	18.1 b		20.72 c	29.49 c	40.21 c
Caliza fosfatada	33.9 b	2.4 a	20.8 a		23.95 b	23.22 b	47.17 b
Caliza fosfatada + *R. irregularis*	36.7 a	2.5 a	21.3 a		25.81 a	25.19 a	51.41 a
ES ±	0.5	0.1	0.4		0.32	0.33	0.51
Valor P	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00

MSPA: masa seca de la parte aérea, MSR: masa seca radical, MST: masa seca total (MSPA+MSR).

Promedios con Letras distintas en la misma columna difieren significativamente, según prueba de Tukey ($p < 0.05$).

El incremento de los contenidos de P asimilable y Ca intercambiable que se observó en los tratamientos donde se aplicó la caliza fosfatada, se atribuye a sus contenidos de ambos nutrientes y a la propia acidez del suelo. El fósforo y el Ca contenidos en la caliza fosfatada se encuentran en forma de fosfato de calcio [$Ca_3(PO4)_2$], el cual resulta no asimilable para las plantas; sin embargo, el contenido de H^+ presente en la solución del suelo que se utilizó en el experimento, el cual poseía un pH fuertemente ácido, pudo haber contribuido a la solubilización de ambos elementos, haciéndolos asimilables para las plantas, y ello explica el aumento de las concentraciones de ambos elementos en la biomasa del Siratro.

Por su parte, la biofertilización con HMA contribuye a la formación de una red de hifas que se extienden por el suelo y aumentan la capacidad de las plantas para absorber los nutrientes procedentes del suelo y los fertilizantes (Díaz Franco et al. 2019), y ello pudiera explicar el incremento en las concentraciones de N, P y Ca en la biomasa de la parte aérea y consecuentemente, en el rendimiento de la biomasa aérea y radical del Siratro que se observó en el tratamiento que fue inoculado con *R. irregularis,* así como su mayor efecto en estos indicadores cuando se combinó con la caliza fosfatada.

Las implicaciones prácticas de estos resultados son relevantes para el manejo sostenible de cultivos forrajeros cultivados en suelos ácidos y pobres en nutrientes. El uso combinado de biofertilizantes micorrízicos y enmiendas minerales, en este caso la caliza fosfatada, no solo mejora la productividad de cultivos como el siratro, sino que también puede contribuir a la reducción de la dependencia de fertilizantes sintéticos, de los cuales no dispone la ganadería en los momentos actuales; no obstante, futuras investigaciones deben explorar la aplicabilidad de este enfoque en otras especies de plantas forrajeras cultivadas bajo condiciones edafoclimáticas diversas.

CONCLUSIONES

El uso de la caliza fosfatada constituye una alternativa agronómicamente efectiva para corregir la acidez e incrementar el contenido de fósforo asimilable del suelo y los rendimientos del siratro. Los mejores resultados en el siratro se obtienen cuando su aplicación se combina con la inoculación con la cepa de HMA *Rhizophagus irregularis*.





BIBLIOGRAFÍA

Choudhary, M.; Jat, R. S.; Yadav, A. K.; Pooniya, V.; Devi, R.; Dhaka, A. K.; & Sharma, P. C. 2020. Phosphorus management in soils: A review. Soil Science and Plant Nutrition, 66(1), 1-15.

Díaz Franco, A., Espinosa Ramírez, M., & Ortiz Cháirez, F. E. 2019. *Reducción de la fertilización inorgánica mediante micorriza arbuscular en sorgo*. Revista Internacional de Contaminación Ambiental, 35(3), 589–599. https://doi.org/10.20937/rica.2019.35.03.13

Díaz-Poveda, V. C., & Sadeghian, S. 2022. Eficiencia de enmiendas utilizadas como correctivos de la acidez del suelo en el cultivo del café en Colombia. Revista Cenicafé, 73(1), e73103-e73103.

Ejigu, W.; Selassie, Y. G.; Elias, E., & Molla; E. 2023. Effect of lime rates and method of application on soil properties of acidic Luvisols and wheat (*Triticum aestivum*, L.) yields in northwest Ethiopia. *Heliyon*, *9* (3).

FAO 1985. Les inoculums de légumineuses et leurs applications. Organisation des Nations Unies pour l´Alimentation et l´Agriculture. Roma. 63 p.

Hernández, J. A.; Pérez, J. J. M.; Bosch, I D. & Castro, S. N. 2015. Clasificación de los suelos de Cuba. Mayabeque, Cuba: Ediciones INCA; 93 p.

IBM Corp. 2017. IBM SPSS Statistics for windows (version 25.0) (Software de Computador). IBM Corp.

Mahmud, M. S., & Chong, K. P. 2022. Effects of liming on soil properties and its roles in increasing the productivity and profitability of the oil palm industry in Malaysia. Agriculture, 12(3), 322.

Ojeda Quintana, L.J., Arteaga Rodríguez, O., Escobar Escobar, L. A., & López Milián, A. 2020. Effect of inoculating the arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) and worm humus in establishment of Cenchrus purpureus (Schumach.) Morrone cv. Cuba CT-115. *Idesia (Arica)*, *38*(2), 5-11. https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292020000200005

Paneque, V. M.; Calaña, J. M.; Calderón, M.; Borges, Y.; Hernández, T. & Caruncho, M. 2010. Manual de técnicas analíticas para análisis de suelo, foliar, abonos orgánicos y fertilizantes químicos. Mayabeque, Cuba: Ediciones INCA.

Soto Senra, S. A., Guevara Viera, R. V., & Guevara Viera, G. E. 2020. Uso estratégico de la base forrajera en la producción estacional de leche bovina en la zona centro-oriental de Cuba. Revista de Producción Animal, 32(3), 120-132.

Wang, Y.; Liu, Z.; Chen, X.; Zhang, J.; & Zhang, F. 2022. Interactions between arbuscular mycorrhizal fungi and soil amendments in phosphorus availability. Soil Biology and Biochemistry, 16.

BMA-54. Evaluación del efecto biológico de lactofermento de hojarasca forestal en *Crotalaria juncea L.*

Evaluation of the biological effect of forest litter lactofermented on *Crotalaria juncea* L.

Y. S. Oropesa Scull, A. Soto Diaz, L. Rodríguez Navarro, G. Pentón Fernández

Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, Universidad de Matanzas, Central España Republicana, CP 44280. Matanzas, Cuba.

RESUMEN

Objetivo. Evaluar el efecto biológico de la aplicación foliar de disoluciones de lactofermento de hojarasca forestal (MAB) sobre la fisiología y la producción de biomasa de *Crotalaria juncea* L., empleada como planta indicadora. **Materiales y métodos.** El experimento se realizó durante 60 días, en vivero en la Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, en Matanzas (Cuba), sobre un sustrato compuesto por suelo ferralítico rojo y compost enriquecido con el producto comercial IHPLUS® BF. Se utilizó un diseño completamente aleatorizado con 30 repeticiones por tratamiento. Se aplicaron tres concentraciones de MAB (0,1 %, 0,2 % y 0,5 %) y un tratamiento de control. Se evaluaron las variables morfológicas (emergencia, altura, número de hojas, grosor del tallo y biomasa aérea), fisiológicas (contenido de clorofila, flavonoles, antocianinas, NBI en las hojas) y físico-químicas del suelo. **Resultados.** La concentración del 0,2 % de MAB promovió significativamente el crecimiento, el metabolismo secundario (flavonoles y antocianina) sin afectar el metabolismo primario (clorofila) y la producción de biomasa aérea. Fueron significativas las diferencias respecto al tratamiento control y a la concentración 0,5% en la mayoría de los tratamientos evaluados. Las aplicaciones de MAB mejoraron el pH y el potencial redox del suelo, lo que favoreció condiciones más aeróbicas y una menor condición del suelo. **Conclusiones.** El lactofermento de hojarasca forestal MAB es un bioestimulante prometedor para *C. juncea* L., con una concentración óptima del 0,2 %. Se recomienda investigar más a fondo en los mecanismos fisiológicos y microbianos implicados y escalar la investigación a condiciones de campo.

Palabras clave: *bioestimulante microbiano (MAB), crecimiento, metabolismo vegetal, produccion de biomasa.*

ABSTRACT

Objective. To evaluate the biological effect of the foliar application of solutions of forest litter lactoferment (MAB) on the physiology and biomass production of Crotalaria juncea L., used as an indicator plant. **Materials and methods.** The experiment was conducted over 60 days in a nursery at the Experimental Station of Pastures and Forages Indio Hatuey, in Matanzas (Cuba), using a substrate composed of red ferrallitic soil and compost enriched with the commercial product IHPLUS® BF. A completely randomized design with 30 replications per treatment was used. Three concentrations of MAB (0.1%, 0.2%, and 0.5%) and a control treatment were applied. The morphological variables (emergence, height, number of leaves, stem thickness, and aerial biomass), physiological variables (chlorophyll content, flavonoids, anthocyanins, leaf NBI), and physicochemical properties of the soil were evaluated.

Results. The concentration of 0.2% of MAB significantly promoted growth, secondary metabolism (flavonols and anthocyanins) without affecting primary metabolism (chlorophyll) and the production of aerial biomass. The differences compared to the control treatment and the 0.5% concentration were significant in most of the evaluated treatments. The applications of MAB improved the pH and redox potential of the soil, favoring more aerobic conditions and a lower condition of the soil. **Conclusions.** The lactofermentation of forest litter MAB is a promising biostimulant for C. juncea L., with an optimal concentration of 0.2%. Further investigation is recommended into the physiological and microbial mechanisms involved and scaling the research to field conditions.

INTRODUCCIÓN

La Crotalaria juncea L., también conocida como cáñamo de sol, es una planta leguminosa de rápido crecimiento que se valora como cultivo de cobertura y abono verde. Su ciclo acelerado y su capacidad para responder a factores ambientales la hacen ideal para evaluar insumos agrícolas, mejorar la salud del suelo y el ciclo de nutrientes, lo que la destaca en sistemas de cultivo sostenibles (Coutinho *et al.*, 2024; López López *et al.*, 2023).

En la agricultura moderna, los bioestimulantes han cobrado relevancia como productos biológicos que mejoran la productividad de las plantas. A diferencia de los fertilizantes tradicionales, los bioestimulantes favorecen los procesos fisiológicos naturales, optimizando el crecimiento y resiliencia (Yakhin *et al.*, 2017). Los lactofermentos de hojarasca forestal (MAB) son un tipo de bioestimulante microbiano obtenido de la fermentación de hojarasca con presencia de bacterias del ácido láctico (LAB) como protagonistas (Garg *et al.*, 2024). Su uso promueve prácticas agrícolas sostenibles, mejorando la eficiencia del uso de nutrientes y la tolerancia al estrés, reduciendo la dependencia de insumos sintéticos.

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto biológico de la aplicación foliar de disoluciones de lactofermento de hojarasca forestal (MAB) sobre el crecimiento y la fisiología de *Crotalaria juncea* L., empleada como planta indicadora.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó durante de 60 días a partir del momento de la siembra, en un vivero a pleno sol, en la Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey (22°48'07'' N, 79°32'02'' O; 19 msnm), Perico, Matanzas, Cuba.

Se sembraron dos semillas por bolsa de nailon (2 kg) con un sustrato de compost enriquecido con IHPLUS® BF y tierra (1:1).

Se evaluaron tres tratamientos con diferentes concentraciones de lactofermento de hojarasca forestal (0,1 %, 0,2 % y 0,5 %), en comparación con un grupo testigo sin aplicación.

El lactofermento de hojarasca forestal contenía microorganismos autóctonos benéficos MAB. Se caracterizó por un pH de 3,3, y la conductividad de 7809,85 µs/cm; concentraciones de Ac. Acético, Ac. Láctico y Etanol, superiores de 10, 50 y 40 mM; y la composición de iones fue elevada en amonio, potasio, calcio y magnesio (Cuadro 1).

Cuadro 1. *Composición de iones en el lactofermento de hojarasca foresta MAB*

Anions						Cations				
[Fluorure] (mg/L)	[Chlorure] (mg/L)	[Nitrite] (mg/L)	[Nitrate] (mg/L)	[Phosphate] (mg/L)	[Sulfate] (mg/L)	[Sodium] [mg/L]	[Ammonium] [mg/L]	[Potassium] [mg/L]	[Calcium] [mg/L]	[Magnésium] [mg/L]
4137,877	1150,461	1,175	0,000	337,413	13,647	146,209	49,243	2321,479	1178,879	522,483

Para la determinación de la composición de iones, se utilizó el equipo de cromatografía iónica Metro flexible IC compacto 930

El diseño experimental fue completamente aleatorizado, con 30 repeticiones. Se evaluaron las siguientes variables morfológicas: emergencia de plantas y número de hojas por conteo visual, altura apical mediante una regla milimetrada, grosor de la base del tallo con un pie de rey digital y biomasa aérea mediante el peso fresco y seco tras 24 h a 105 °C en una balanza KERN CXB 15K1.

Las variables fisiológicas se determinaron con el sensor Dualex, mediante fluorescencia inducida por láser: contenido de clorofila (µg/cm²), flavonoles (absorbancia relativa), antocianinas (índice Dualex Scientific+) e índice de balance de nitrógeno (NBI®) (Cerovic *et al.*, 2012).

La caracterización físico-química del suelo incluyó pH y potencial redox (mV), utilizando los equipos HANNA HI 9813-5 y LUTRON YK-23RP.

La normalidad y homogeneidad de varianzas se verificaron con las pruebas de Shapiro-Wilk y Levene, respectivamente. Se realizó ANOVA y comparación de medias por la prueba de Tukey (P≤0,01), utilizando el programa Infostat 2008.

RESULTADOS

La concentración de MAB no tuvo efecto significativo sobre la emergencia de las plantas (Figura 1), observándose un promedio de dos plántulas emergidas por tratamiento.

En cuanto a la altura de las plantas (Figura 2) y la emisión de hojas (Figura 3), se detectaron diferencias significativas entre los tratamientos. La disolución de MAB al 0,2% mostró la mejor respuesta, seguida por la de 0,1%. El análisis de la tendencia en la emisión de hojas entre el testigo (sin MAB) y la disolución al 0,5% se ajustó a una curva polinómica de segundo grado.

El grosor del tallo (Figura 4) también presentó diferencias significativas entre tratamientos, con valores superiores en la disolución al 0,2%, seguida por la de 0,1%. Este indicador mostró una tendencia polinómica de tercer grado, favoreciendo la aplicación de MAB al 0,2%.

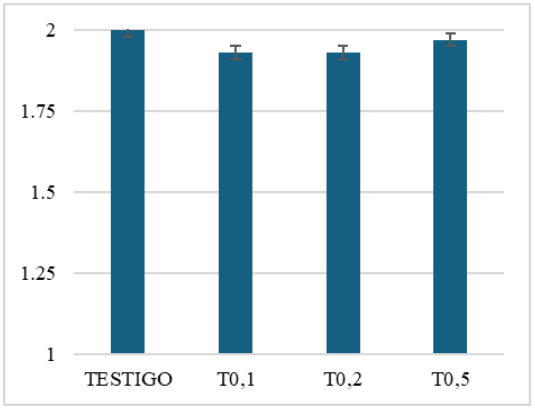


Figura 1. *Emergencia al séptimo día posterior a la siembra*

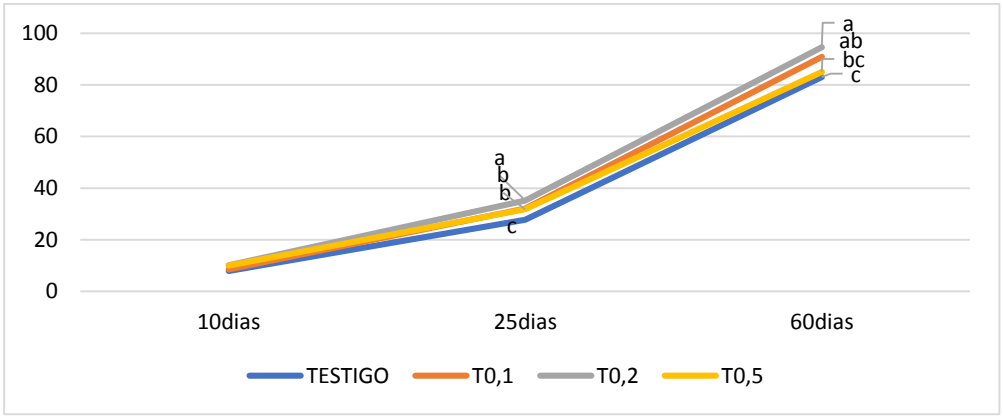


Figura 2. *Altura apical*

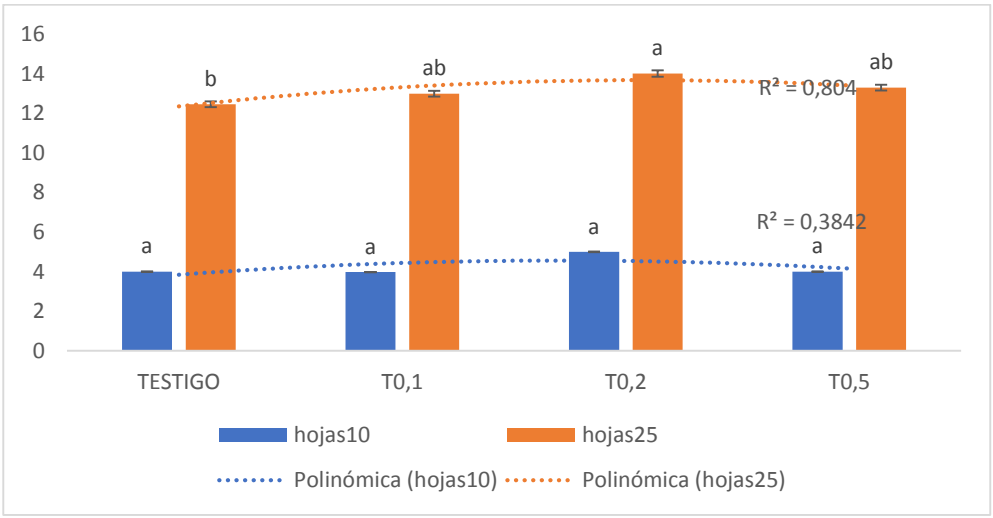


Figura 3. *Hojas emitidas*

SILVOPAT – 2025 | ICA | ISBN: 978-959-7171-88-1 | Cu-ID: https://cu-id.com/book/978-959-7171-88-1

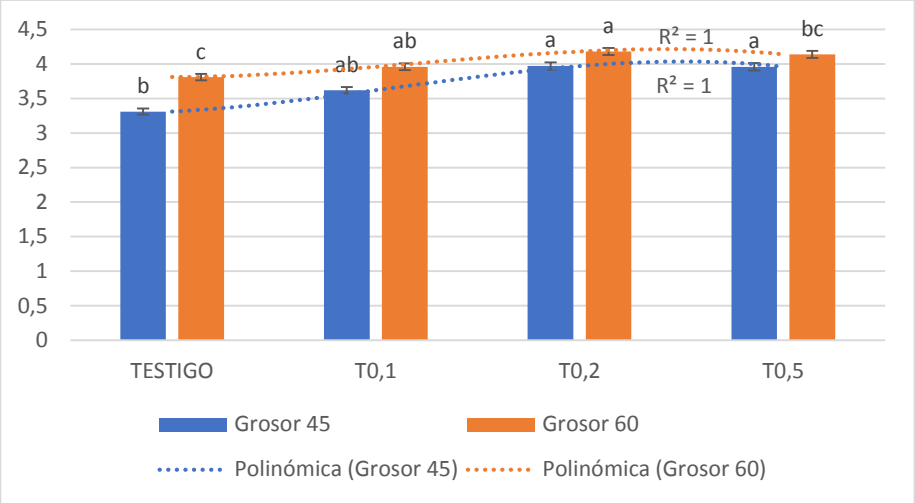


Figura 4. *Grosor del tallo*

Respecto a los indicadores del metabolismo primario y secundario a los 30 días (Figuras 5 y 6), el contenido de clorofila y el NBI disminuyeron desde el testigo hasta la disolución de MAB al 0,5%, observándose tendencias polinómicas de segundo grado. Las disoluciones de MAB al 0,1% y 0,2% no mostraron afectación significativa en el contenido de clorofila.

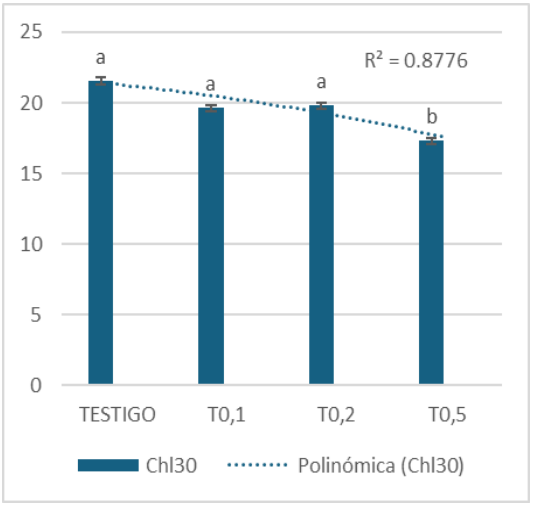


Figura 5. *Contenido de clorofila*

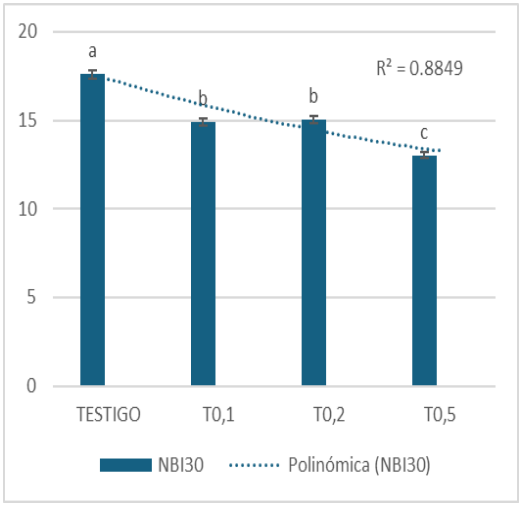


Figura 6. *Indice balance de nitrogeno NBI*

El contenido de flavonoles mostró una tendencia polinómica de segundo grado entre el testigo y la disolución al 0,5%, sin diferencias estadísticas entre tratamientos (Figura 7). Por su parte, el contenido de antocianinas (Figura 8) presentó una tendencia lineal, con valores significativamente mayores en la disolución de MAB al 0,5% respecto a los demás tratamientos.

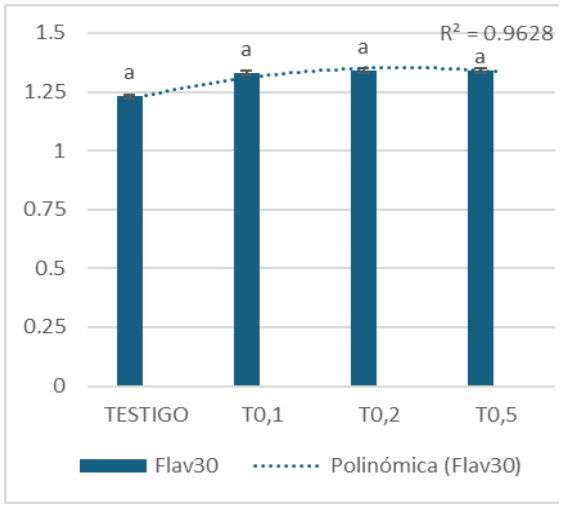


Figura 7. *Contenido de flavonoles*

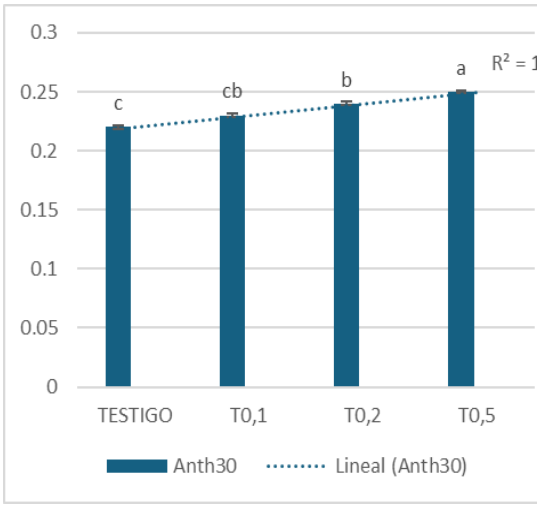


Figura 8. *Contenido de antocianina*

En cuanto a la biomasa aérea (Figuras 9 y 10), la biomasa fresca no varió significativamente entre tratamientos, aunque se ajustó a una curva polinómica entre el testigo y la disolución al 0,5%. La biomasa seca, en cambio, presentó diferencias notables, siendo mayor en la disolución de MAB al 0,2%, sin diferencias con la de 0,1%.

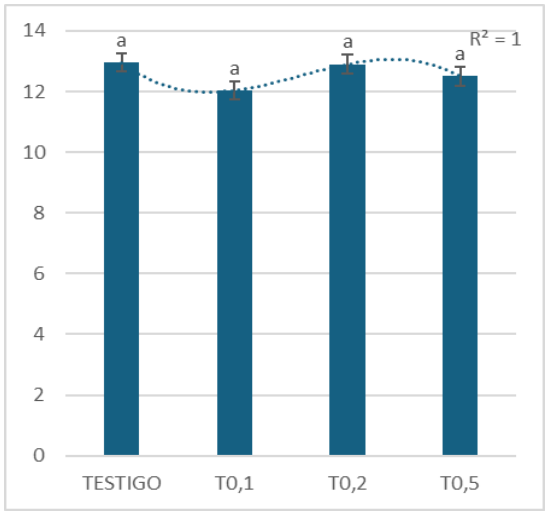


Figura 9. *Biomasa aerea fresca*

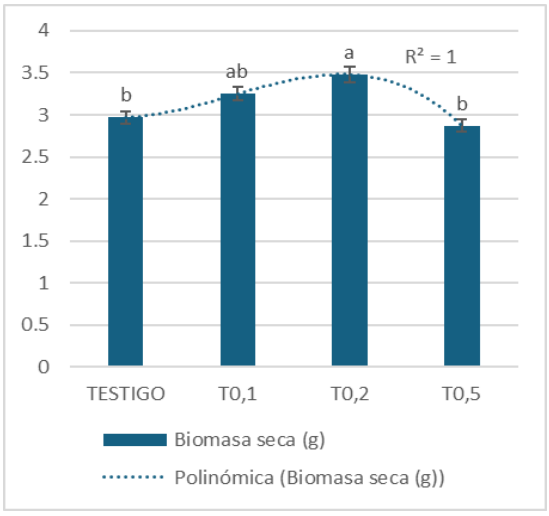


Figura 10. *Biomasa aerea seca*

El cuadro 2 resume las características físico-químicas del suelo a los 60 días de aplicación de los tratamientos. Las disoluciones de MAB al 0,1% y 0,2% resultaron en valores intermedios de conductividad eléctrica y contenido de sales, situándose entre el testigo (mayores valores) y la disolución al 0,5% (valores más bajos). Además, el testigo presentó un pH más básico y menor potencial redox en comparación con los tratamientos con MAB.

Cuadro 2. *Características físico-químicas del suelo a los 60 días de aplicación de MAB*

Tratamiento	pH	Eh (pH 7) (mV)
Testigo	7,88a	615,15b
0,1%	7,63b	663,28a
0,2%	7,63b	666,56a
0,5%	7,47b	685,32a
P	0,0074	0,0027
EE	0,03	5,37
Media	7,61	665,84

DISCUSIÓN

Crecimiento de la planta

Los resultados sugieren que la concentración del 0,2 % resultó ser la más efectiva, mientras que la del 0,5 % muestra un rendimiento disminuido, en ocasiones similar al del control o incluso inferior al del tratamiento T0,1. Esta respuesta no lineal, evidenciada por las tendencias polinómicas, puede conducir a efectos inhibitorios en concentraciones más elevadas. Esto podría indicar que los compuestos beneficiosos o las actividades microbianas presentes en el MAB alcanzan un punto de saturación o incluso inducen efectos indeseables a dosis altas, posiblemente debido a un desequilibrio de reguladores de crecimiento o a efectos osmóticos (Feitosa & Garófalo, 2019; Rodrigues *et al.*, 2020).

El incremento en altura de la planta, el número de hojas y el diámetro del tallo concuerdan con la acción bioestimulante de los microorganismos beneficiosos capaces de sintetizar fitohormonas (como auxinas y citoquininas) que mejoran la absorción de nutrientes y optimizan la arquitectura radicular (Ute, 2019). Estos procesos son fundamentales para el desarrollo de las plantas. El rendimiento superior del T0.2 sugiere que esta concentración estimuló estos procesos fisiológicos internos, lo que se traduce en mejoras morfológicas visibles (Jaffar *et al.*, 2023).

La observación de tendencias polinómicas de segundo y tercer grado para la emisión de hojas y el grosor del tallo, respectivamente, da a entender la naturaleza compleja de los efectos de los bioestimulantes. A diferencia de las curvas de dosis-respuesta lineales simples, las tendencias polinómicas sugieren que la respuesta biológica no es directamente proporcional a la concentración, sino que implica la interacción de múltiples factores. Esto concuerda con la comprensión de que los bioestimulantes son mezclas complejas que pueden influir en diversas vías fisiológicas, algunas de las cuales pueden tener rangos óptimos que, al ser excedidos, conducen a rendimientos decrecientes (Yakhin *et al.*, 2017).

Metabolismo de la planta

La ausencia de un efecto significativo en el contenido de clorofila en T0.1 y T0.2 sugiere que estas concentraciones mantienen la capacidad fotosintética de la planta. Sin embargo, la disminución observada en T0.5 es un aspecto a considerar, ya que podría indicar estrés. El incremento de antocianinas al 0.5%, junto con la disminución de metabolitos primarios (clorofila y NBI) a esta misma concentración, sugiere una compensación fisiológica, ya que las antocianinas desempeñan una función protectora y defensiva ante el estrés abiótico y biótico (Kaur *et al.*, 2023). Esta observación indica que la planta podría estar reasignando recursos del crecimiento primario hacia mecanismos de defensa o mitigación del estrés, lo que se manifiesta en una mayor producción de antocianinas. Este patrón refuerza la idea de una concentración óptima, más allá de la cual los MAB podrían pasar de promover el crecimiento a inducir estrés. Al mismo tiempo, el aumento de las antocianinas en este tratamiento también podría indicar la capacidad del MAB para modular los mecanismos de defensa de la planta. Dado que los bioestimulantes son conocidos por mejorar la tolerancia a diversos estreses abióticos (Garg *et al.*, 2024). Si bien la concentración del 0,5 % podría ser supraóptima para el crecimiento, es posible que esté desencadenando una respuesta fisiológica protectora en *Crotalaria juncea* L. Este doble efecto (promoción del crecimiento a dosis más bajas y respuesta al estrés a dosis más altas) es un aspecto complejo de la acción de los bioestimulantes, ya que los mecanismos exactos de acción no siempre se comprenden completamente y las respuestas pueden variar según el sistema de cultivo y las condiciones específicas (Ute, 2019).

Efectos en la acumulación de biomasa

Los resultados demostraron los MAB al 0.2% fue la concentración óptima para la producción de biomasa, reforzando los hallazgos observados en los rasgos morfológicos. Dado que la biomasa seca representa la materia orgánica total acumulada, el aumento en T0.2 y T0.1 se traduce en una mayor productividad de la planta. Esto concuerda con la definición de que los bioestimulantes mejoran la productividad (Yakhin *et al.*, 2017).

El incremento de la biomasa seca refleja una mayor eficiencia en la asimilación de carbono a través de la fotosíntesis, así como una absorción y utilización de nutrientes más efectiva por parte de la planta. Ello indica que la inoculación con microorganismos beneficiosos, a través de la aplicación del lactofermento de hojarasca forestal, potencia estos procesos, favoreciendo la captación y el aprovechamiento de los nutrientes esenciales para el crecimiento vegetal (Lanna *et al.*, 2021).

Propiedades fisicoquímicas del suelo

El aumento al potencial redox en todos los tratamientos con microorganismos indica condiciones más aeróbicas (oxidantes) en el suelo. Las bacterias del ácido láctico (LAB), presentes en este tipo de bioproducto, pueden prosperar en diversas condiciones de oxígeno, y sus subproductos metabólicos (como los ácidos orgánicos) pueden influir en el redox del suelo (Díaz-Solares *et al.*, 2020). Esto sugiere que el MAB promueve una comunidad microbiana más saludable y activa y una mejor aireación del suelo, lo que beneficia directamente la respiración radicular y el ciclo de nutrientes (Sanjuán P. & Moreno, 2010).

Los efectos positivos observados en el pH y el potencial redox se correlacionan con el crecimiento y la biomasa observados en los tratamientos con un 0,1 y un 0,2 % de MAB. Una mayor aireación (mayor Eh) fomenta la salud de las raíces y la actividad microbiana beneficiosa. El hecho de que T0.5 mejorara los parámetros evaluados en el suelo, pero no el crecimiento de la planta, llama la atención sobre la complejidad de esta interacción y sugiere que, si bien las condiciones del suelo mejoraron, otros factores podrían haberse vuelto limitantes.

CONCLUSIONES

Las aplicaciones foliares de lactofermento de litera forestal con microorganismos autóctonos benéficos (MAB), promovieron significativamente el crecimiento y la productividad de *Crotalaria juncea* L., identificándose una concentración óptima del 0,2 %. Este efecto positivo se atribuye tanto a la estimulación directa de los procesos fisiológicos de la planta como a la mejora de las propiedades fisicoquímicas del suelo. Los MAB se consolidan, así como una alternativa bioestimulante prometedora y sostenible para la agricultura. Sin embargo, se requieren investigaciones adicionales para profundizar en los mecanismos de acción involucrados y optimizar su uso en diferentes sistemas de cultivo.

BIBLIOGRAFÍA

Barquero, L. C., Roos, M. M., Lorío, L. U., & Chinchilla, R. M. 2015. Inoculación al suelo con Pseudomonas fluorescens, Azospirillum oryzae, Bacillus subtilis y microorganismos de montaña (mm) y su efecto sobre un sistema de rotación soya-tomate bajo condiciones de invernadero. *Agronomía Costarricense*, *39*, 21-36. https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/workpaper/article/view/5800

Cerovic, Z. G., Masdoumier, G., Ghozlen, N. B., & Latouche, G. 2012. A new optical leaf‐clip meter for simultaneous non‐destructive assessment of leaf chlorophyll and epidermal flavonoids. *Physiologia plantarum*, *146*(3), 251-260. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1399-3054.2012.01639.x

Coutinho, V. V., Vigolo, N., da Cruz, C. C. B., de Souza, J. V. V., Zanin, C. E. C. T., Ruppin, S. M. C., & Lopes, F. V. 2024. Uso de Crotalaria juncea em áreas cultivadas com cana de açúcar. *RECIMA21*, *5*(5), e555181-e555181. https://doi.org/https://doi.org/10.47820/recima21.v5i5.5181

Díaz-Solares, M., Martín-Martín, G., Miranda-Tortoló, T., Fonte, L., Lamela-López, L., Montejo-Sierra, I., Contino Esquijerosa, Y., Ojeda-García, F., Medina-Salas, R., Ramírez Suárez, W., Lezcano-Fleires, J., Pentón Fernández, G., Peter-Schmith, H., Alonso-Amaro, O., Catalá-Barranco, R., Milera-Rodríguez, M., & Biocarbono Cuba, P. 2020. *Obtención y utilización de microorganismos nativos: el bioproducto IHPLUS ®* Conferencia científica, Matanzas, Cuba. https://www.researchgate.net/publication/339916260_Obtencion_y_utilizacion_de_microorganismos_nativos_el_bioproducto_IHPLUS_R

Feitosa, A. C., & Garófalo, L. H. 2019. Biostimulants and Their Role in Improving Plant Growth under Abiotic Stresses. In S. M. Mirmajlessi & R. Radhakrishnan (Eds.), *Biostimulants in Plant Science*. IntechOpen. https://doi.org/10.5772/intechopen.88829



Garg, S., Nain, P., Kumar, A., Joshi, S., Punetha, H., Sharma, P. K., Siddiqui, S., Alshaharni, M. O., Algopishi, U. B., & Mittal, A. 2024. Next generation plant biostimulants & genome sequencing strategies for sustainable agriculture development [Review]. *Frontiers in Microbiology*, *Volume 15 - 2024*. https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1439561

Jaffar, N. S., Jawan, R., & Chong, K. P. 2023. The potential of lactic acid bacteria in mediating the control of plant diseases and plant growth stimulation in crop production - A mini review [Mini Review]. *Frontiers in Plant Science*, *Volume 13 - 2022*. https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1047945

Kaur, S., Tiwari, V., Kumari, A., Chaudhary, E., Sharma, A., Ali, U., & Garg, M. 2023. Protective and defensive role of anthocyanins under plant abiotic and biotic stresses: An emerging application in sustainable agriculture. *Journal of Biotechnology*, *361*, 12-29. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2022.11.009

Lanna, A. C., Silva, M. A., Moreira, A. S., Nascente, A. S., & Fillipi, M. C. C. d. 2021. Improved nutrient uptake in three Crotalaria species inoculated with multifunctional microorganisms. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, *25*(7). https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/ZN5Kz3svYLWD7DbtfH3yB8s/?lang=en

López López, H., Beltrán Beache, M., Ochoa Fuentes, Y. M., Castro del Ángel, E., Cerna Chávez, E., & Delgado Ortiz, J. C. 2023. Potencial agroecológico de Crotalaria spp. como extracto vegetal en la agricultura. *Revista de la Facultad de Agronomía*, *121*(2), 112. https://doi.org/10.24215/16699513e112

Rodrigues, M., Baptistella, J. L. C., Horz, D. C., Bortolato, L. M., & Mazzafera, P. 2020. Organic Plant Biostimulants and Fruit Quality—A Review. *Agronomy*, *10*(7), 988. https://doi.org/https://doi.org/10.3390/agronomy10070988

Rodríguez, M. A., Hernández, G. S., & Busa, P. A. 2022. Perspectivas en Biorremediación para la recuperación de suelos salinos" ectivas en Biorremediación para la recuperación de suelos salinos. *REVISTA GUARRACUCO SOSTENIBLE*, *1*(1). https://doi.org/https://doi.org/10.52043/gs.v1i1.463

Sanjuán P., J., & Moreno, N. 2010. Aplicación de insumos biológicos: una oportunidad para la agricultura sostenible y amigable con el medioambiente. *Revista Colombiana de Biotecnología*, *12*(1), 4-7. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-34752010000100001&nrm=iso

Ute, A. 2019. Plant biostimulants: Definiition and overview of categories and effects. *HS1330, One of a Series of the Horticultural Sciences Department, UF/IFAS Extension*, 4. https://swfrec.ifas.ufl.edu/docs/pdf/plant-physiology/2019-05-Albrecht-EDIS-H1330.pdf

Yakhin, O. I., Lubyanov, A. A., Yakhin, I. A., & Brown, P. H. 2017. Biostimulants in Plant Science: A Global Perspective [Review]. *Frontiers in Plant Science*, *Volume 7 - 2016*. https://doi.org/10.3389/fpls.2016.02049

Zhang, X., Liu, Y., Zhou, Q., Bai, Y., Li, R., Li, T., Li, J., Alessi, D. S., & Konhauser, K. O. 2023. Exogenous Electroactive Microbes Regulate Soil Geochemical Properties and Microbial Communities by Enhancing the Reduction and Transformation of Fe(III) Minerals. *Environmental Science & Technology*, *57*(20), 7743-7752. https://doi.org/10.1021/acs.est.3c00407

BMA-55. Optimización del biocarbón de marabú para uso agrícola: impacto de la filtración con lactofermentos en la liberación de iones y la estabilidad del carbono.

G. Pentón-Fernández[1]; A. Napoli[2]; Loris Cagnacci[3]; A. Soto-Díaz[1]*

[1]Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, Universidad de Matanzas, Central España Republicana, CP 44280. Matanzas,

[2]Centro de Cooperación Internacional en Investigación Agrícola para el Desarrollo (CIRAD), Montpellier, Francia.

[3]IMBE, Aix Marseille Univ, Avignon Univ, CNRS, IRD, Marseille, France.

[*]Correspondencia: tulypenton@gmail.com

RESUMEN

El estudio tenía como objetivo analizar las propiedades químicas y físicas de los microorganismos indígenas beneficiosos (MIB) en diferentes soluciones acuosas y su impacto en el carbón de madera de marabú filtrado (Dichrostachys cinerea). Se llevó a cabo en los laboratorios del IMBE y CIRAD (Francia), utilizando el bioproducto IHPLUS® BF. El carbón se sumergió durante 72 horas en agua y en soluciones de MAB al 5%, 25%, 50%, 75% y 100%, y luego se filtró. Se evaluaron parámetros como pH, conductividad eléctrica, concentración de iones (F^-, Cl^-, PO_4^{3-}, Mg^{2+}, Na^+, K^+, Ca^{2+}), y el contenido de carbono volátil, cenizas y carbono fijo. Se aplicaron análisis estadísticos como ANOVA y la prueba de Tukey ($P \leq 0.01$). Los resultados indicaron que el pH y la conductividad disminuyeron con mayores concentraciones de MAB, aunque la filtración causó un aumento en la conductividad debido a la liberación de iones. Las soluciones con ≥25% de MAB mostraron alta concentración iónica, especialmente fosfato a pH ≤ 4.46. El contenido volátil se mantuvo entre el 14% y el 16%, mientras que las soluciones con 50%, 75% y 100% MAB lograron reducir las cenizas y aumentar el carbono fijo alrededor del 82%. Se concluye que el uso del 50% de MAB optimiza la disponibilidad de minerales para la fertilización de las plantas, preservando las propiedades del biochar como mejorador del suelo y reservorio de carbono, mientras que los MAB enriquecidos sirven como biofertilizantes foliares.

Palabras clave: *Biofertilizantes, secuestro de carbono, residuos leñosos, aporte de iones*

ABSTRACT:

The study aimed to analyze the chemical and physical properties of beneficial indigenous microorganisms (BIM) in different aqueous solutions and their impact on filtered marabou wood charcoal (Dichrostachys cinerea). It was carried out in the IMBE and CIRAD (France) laboratories, using the bioproduct IHPLUS® BF. The charcoal was immersed for 72 hours in water and in BAM solutions at 5%, 25%, 50%, 75% and 100%, then filtered. Parameters such as pH, electrical conductivity, ion concentration (F^-, Cl^-, PO_4^{3-}, Mg^{2+}, Na^+, K^+, Ca^{2+}), and volatile, ash, and fixed carbon content were evaluated. Statistical analyses such as ANOVA and Tukey's test ($P \leq 0.01$) were applied. The results indicated that pH and conductivity decreased with higher MAB concentrations, although filtration caused an increase in conductivity due to ion release. Solutions with ≥25% MAB showed high ionic concentration, especially phosphate at pH ≤ 4.46. The volatile content remained between 14% and 16%, while solutions with 50%, 75%, and 100% MAB managed to reduce ash and increase fixed carbon about to 82%. It is concluded that the use of 50% MAB optimizes mineral availability for plant fertilization, preserving the properties of biochar as a soil improver and carbon reservoir, while enriched MABs serve as foliar biofertilizers.

Keywords: *Biofertilizers, carbon sequestration, woody residues, ion input*

INTRODUCCIÓN

La reutilización de residuos leñosos en la actividad agropecuaria ayuda a reducir los desechos orgánicos y a crear nuevos valores ambientales, productivos y económicos (Hernández, 2020), y en este contexto el biocarbón se presenta como una alternativa innovadora y sostenible. Este producto permanece en el suelo entre uno y dos órdenes de magnitud más tiempo que los residuos orgánicos no pirolizados, lo que permite un secuestro de carbono a largo plazo. Además, disminuye la mineralización de la materia orgánica del suelo (MOS) y contribuye a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) cuando se deposita en suelos anegados o con exceso de biomasa que genera óxido nitroso y metano.

Los microorganismos autóctonos benéficos MAB (IHPLUS® BF), empleados como bionutrientes para enriquecer el biocarbón pirolizado y como activadores de los compostajes, contribuyen a convertir los residuos orgánicos en un recurso valioso para mejorar los suelos y aumentar la productividad agrícola. Estos imprimen un valor añadido al biocarbón, ya que están asociados a un mayor contenido de materia orgánica, microbios beneficiosos y metabolitos que activan el crecimiento vegetal y aumentan la resistencia a plagas y enfermedades en los bioabonos que se obtienen.



Cuando el biocarbón se enriquece con soluciones de IHPLUS®BF, se mantiene el potencial redox por encima de 300 mV y el pH alcanza valores cercanos a la neutralidad (Milera et al., 2020).

La revisión de la literatura consultada sugiere profundizar en las características químicas y físicas que distinguen distintas disoluciones de lactofermentos de hojarasca forestal MAB, antes y después de ser filtradas en biocarbón, así como en el pH inicial de dichas disoluciones y en la capacidad del biochar para aportar iones a la solución filtrada. Así como las características inmediatas y elementales que le imprime el biocarbón.

Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue determinar las características químico-físicas del lactofermento de hojarasca forestal MAB en diferentes disoluciones acuosas, y evaluar su efecto en las cualidades del carbón de marabú filtrado

MATERIALES Y MÉTODOS:

El ensayo se realizó en los laboratorios de Química Ambiental del IMBE, en el campus de l'Etoile de la Universidad de Aix-Marsella, en Saint-Jérôme, Marsella (Francia), y en el Cirad, UPR BiowooEB, en Montpellier (Francia).

La biomasa consistió en carbón rechazado de hornos artesanales convencionales utilizados en Cuba con leña de marabú (Dichrostachys cinerea), con un tamaño de partícula de 2,0 mm.

Se utilizó un lactofermento de hojarasca forestal MAB de la Ciénaga de Zapata, que es la base del producto comercial IHPLUS® BF (IH), obtenido dos meses antes de realizar el ensayo.

En función del tratamiento, el bio carbón se sumergió en agua y en soluciones de MAB al 5 %, 25 %, 50 %, 75 % y 100 % (IH) durante 72 horas, seguido de una filtración de una hora. Las preparaciones para impregnar el bio carbón se realizaron a razón de 5 g de biomasa en 50 g de solución (siguiendo el procedimiento práctico de campo de sumergir 20 kg de bio carbón en tanques de 200 L de IHPLUS® BF).

El diseño experimental fue completamente al azar con tres repeticiones. Las evaluaciones para responder a las preguntas científicas consistieron en:

1. Caracterización químico-física del MAB y sus distintas disoluciones, antes y después de ser filtrado en bio carbón de marabú.

Los parámetros evaluados fueron la conductividad eléctrica (mS/cm), el pH y la concentración (mg/L) de iones en las soluciones (fluoruro, cloruro, fosfato, magnesio, sodio, potasio y calcio).

2. Efecto del pH inicial del MAB y sus distintas disoluciones en el aporte de iones del bio carbón.

Parámetros evaluados: aporte de iones (mg/L) a las soluciones filtradas (fluoruro, cloruro, fosfato, magnesio, sodio, potasio y calcio). Para ello se estableció la siguiente fórmula:

Aporte del biocarbón (mg/L) = Concentración final (mg/L) – Concentración inicial (mg/L).

Se utilizó el equipo de cromatografía iónica Metro flexible IC compacto 930.

3. Efecto del pH inicial del MAB y sus distintas disoluciones en el tenor de material volátil, el tenor de cenizas y el carbón fijo del biocarbón.

Se realizaron los análisis inmediatos, siguiendo los protocolos: Contenido de humedad (NF EN ISO 18134-3), contenido de materia volátil (NF EN ISO 18123), contenido de cenizas (NF EN ISO 18122) y carbono fijo.

El análisis de los resultados consistió en estadística descriptiva, verificación de la normalidad y homogeneidad de varianzas con las pruebas de Shapiro-Wilk y Levene, respectivamente; ANOVA y comparación de medias mediante la prueba de Tukey (P≤0,01), utilizando el programa Infostat 2008.

RESULTADOS

Caracterización químico-física del MAB y sus distintas disoluciones, antes y después de ser filtrado en bio carbón de marabú.

El pH y la conductividad eléctrica (CE) de las soluciones de MAB evaluadas mostraron un comportamiento inversamente proporcional y dependieron de la concentración de MAB (figura 1). Los valores medios de ambos indicadores se observaron en las concentraciones de MAB IH del 25 % y del 50 %. Los valores antes de filtrar estuvieron entre pH 4,46 y 3,38, y CE 2,78 y 4,61 mS/cm, y después de filtrar fueron pH 4,4 y 3,92 y CE 4,86 y 6,79 mS/cm.

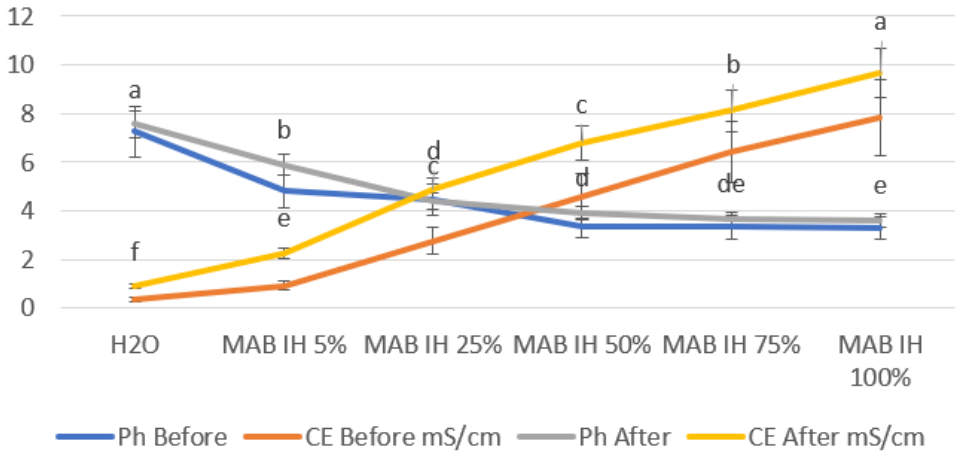


Figura 1. *pH y conductividad (mS/cm) en las soluciones antes y después de ser filtradas*

El biocarbón no afectó al pH de las disoluciones de MAB ni del agua filtrada. Esto podría estar relacionado con la naturaleza de la materia prima y la tecnología de pirólisis lenta y a bajas temperaturas (horno artesanal cónico sobre la tierra). Se sabe que el carbón tiene una naturaleza alcalina debido a la presencia de cationes (Fidel *et al.*, 2017), y que, al producirse a altas temperaturas, es más probable que tenga un pH más alto debido a la retención de álcali y metales alcalinos de las materias primas que no se volatilizan durante la pirólisis (Yang et al., 2018). Además, los grupos funcionales ácidos del material orgánico a menudo se eliminan mediante volatilización a alta temperatura durante la pirólisis (Zhao *et al.*, 2022), lo que aumentaría el pH de las sustancias filtradas y del suelo (Pentón *et al.*, 2020).

La conductividad aumentó significativamente en las soluciones filtradas a través del biocarbón, lo que puede relacionarse con la capacidad del carbón para liberar iones de K+, Ca+ y Mg2+. Las sustancias acuosas que penetran en los poros del biocarbón disuelven y arrastran los compuestos orgánicos y minerales solubles de las superficies externas e internas del biocarbón, lo que aumenta su conductividad eléctrica (Silber *et al.*, 2010).

A partir de una concentración del 25 %, el MAB se caracterizó por tener un contenido elevado de iones (fluoruro, cloruro, fosfato, sodio, amonio, potasio, calcio y magnesio) diferente del agua, y describió curvas polinomiales de segundo y tercer grado.

La concentración de fluoruro (figura 2) fue mayor en las disoluciones MAB IH 75 y 100 %, con diferencias significativas respecto a las disoluciones MAB IH 50 y 25 %, y en estas el anión fue mayor en comparación con el MAB 5 % y el agua. La concentración de nitrato (figura 3) fue discreta en todas las soluciones y solo existieron diferencias a favor del MAB IH 50 % después del filtrado (A).

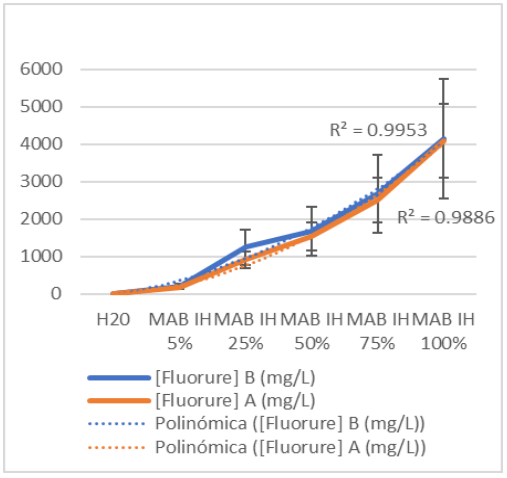


Figura 2. *Fluoruro en MAB (mg/L)*

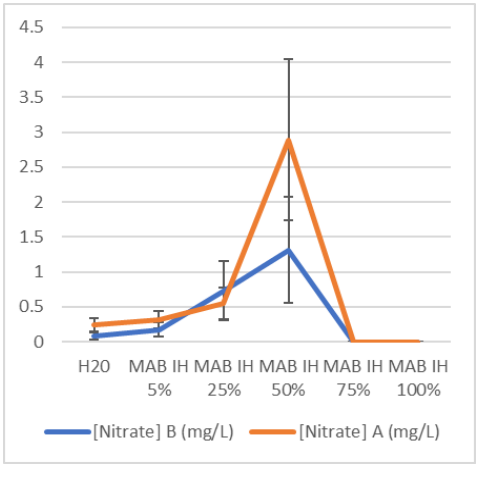


Figura 3. *Nitrato en MAB (mg/L)*

SILVOPAT – 2025 | ICA | ISBN: 978-959-7171-88-1 | Cu-ID: https://cu-id.com/book/978-959-7171-88-1

El ion cloruro (figura 4) mostró una mayor concentración en las soluciones MAB IH 75 y 100 %, que difería de las concentraciones MAB IH 5 %, MAB IH 25 % y H_2O. El contenido de fosfato (figura 5) fue mayor a partir de la concentración MAB IH 50 % y se observó una tendencia a aumentar la concentración después de filtrar la solución MAB IH 75 % y 100 %.

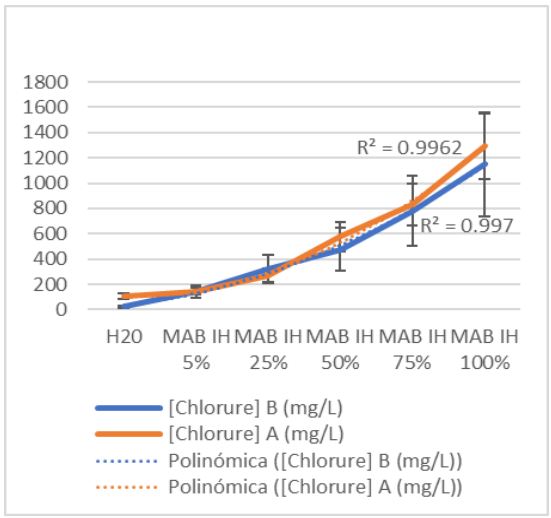


Figura 4. *Cloruro en MAB (mg/L)*

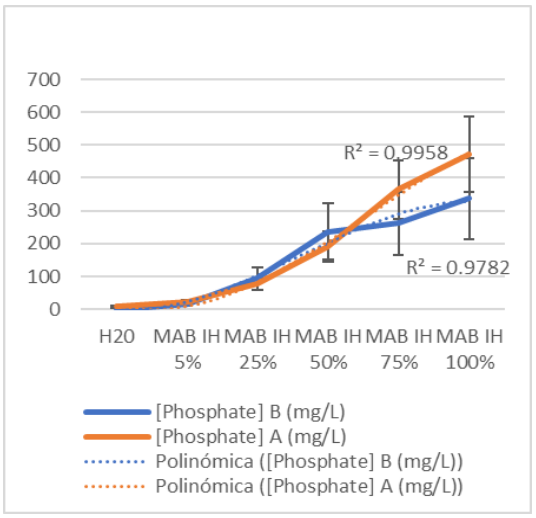


Figura 5. *Fosfato en MAB (mg/L)*

El contenido de sodio (figura 6), amonio (figura 7), potasio (figura 8), calcio (figura 9) y magnesio (figura 10) fue mayor en las soluciones MAB IH 75 % y MAB IH 100 %, en comparación con la concentración MAB IH 25 % y agua, aunque no se observaron diferencias con la concentración MAB IH 50 %.

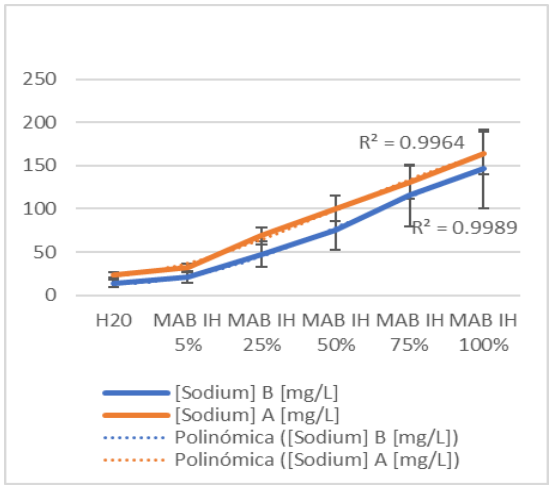


Figura 6. *Sodio en MAB (mg/L)*

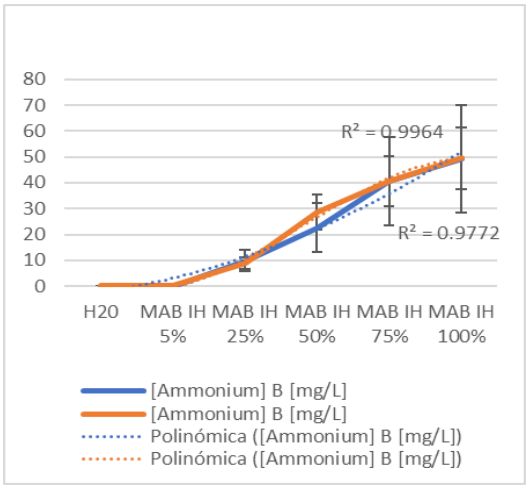


Figura 7. *Amonio en MAB (mg/L)*

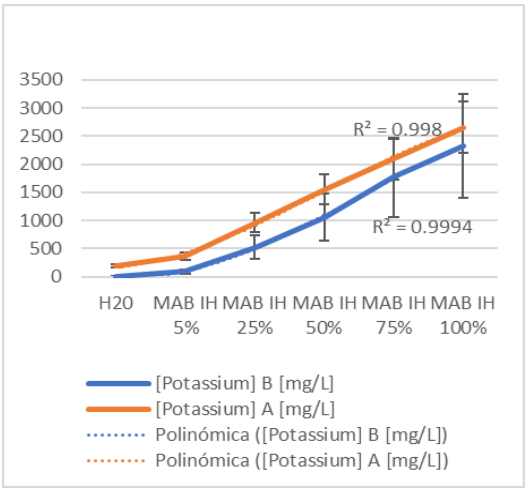


Figura 8. *Potasio en MAB (mg/L)*

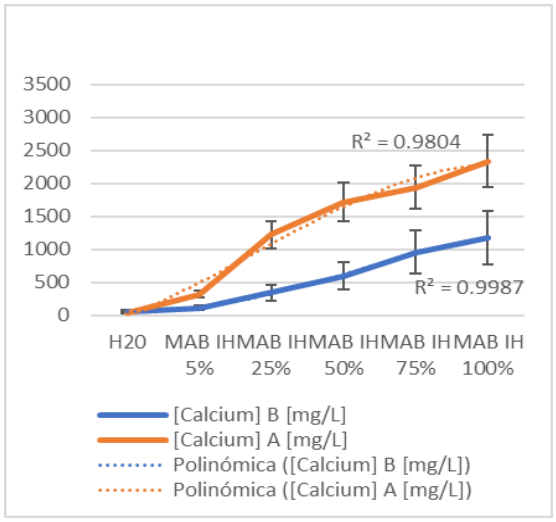


Figura 9. *Calcio en MAB (mg/L)*

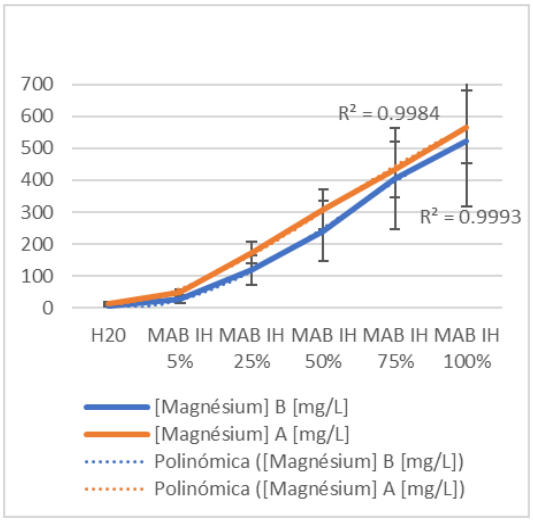


Figura 10. *Magnesio en MAB (mg/L)*

El efecto significativo del filtrado en el carbón fue evidente en el potasio de las soluciones (MAB IH 25 %, MAB IH 50 %) y en el calcio de todas las soluciones de MAB.

Duarte *et al.* (2024) demostraron la alta presencia de potasio, calcio y magnesio en las cenizas generadas durante la pirólisis de la biomasa de bagazo de caña de azúcar y la baja retención de estos elementos en sus estructuras, lo que se tradujo en un gran aporte a las soluciones de IHPLUS® BF y H_2O.

Efecto de pH inicial del MAB y sus distintas soluciones en el aporte de iones desde el biocarbón.

En general, las soluciones de MAB con pH ≤ 4,46 tuvieron mayores efectos que el agua sobre el arrastre de iones desde el biocarbonato; esto puede explicarse por la naturaleza química y física del agua, que es una molécula polar con carga negativa parcial en el átomo de oxígeno y carga positiva parcial en los átomos de hidrógeno.

La figura 11 muestra que los aportes del ion fosfato fueron cercanos a 0 en las disoluciones con pH entre 7,26 y 3,38 (agua y MAB IH 50 %), y aumentaron significativamente en los pH ≤ 3,33 (MAB IH 75 % y MAB IH 100 %).

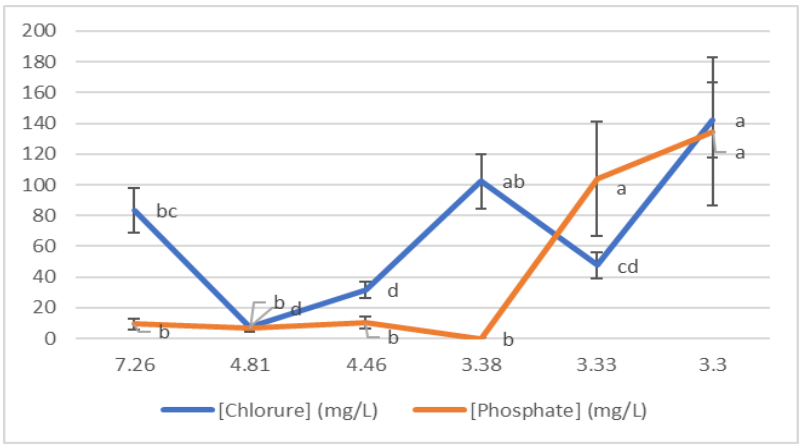


Figura 11. *Aporte de iones desde el carbon de marabu*

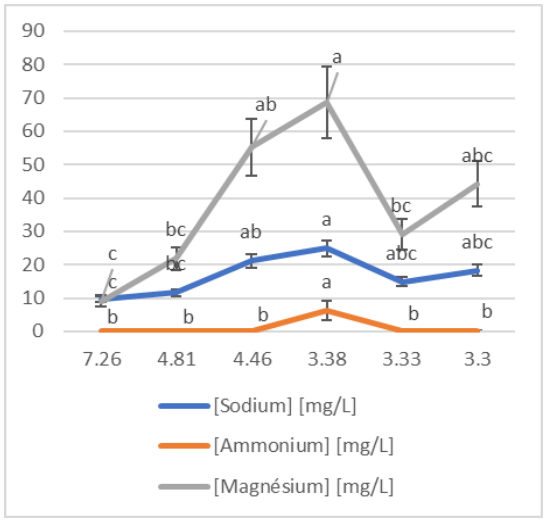


Figura 12. *Aporte de cationes desde el carbon de marabu*

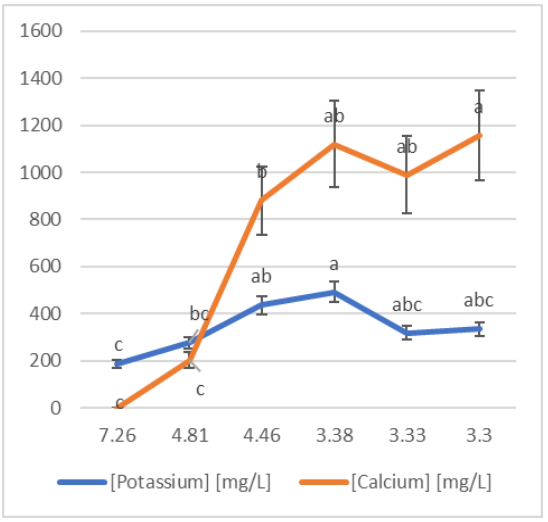


Figura 13. *Aporte de cationes desde el carbon de marabu*

El aporte del ion cloruro no mostró una tendencia clara, aunque fue mayor en MAB IH 100 % (3,0 pH). Cabe señalar que la superficie del biocarbón presenta cargas negativas debido al alto pH intrínseco de las matrices carbonizadas y a la presencia de grupos oxigenados con capacidad para adsorber cationes, lo que conduce a una baja capacidad de adsorción de fósforo desde soluciones acuosas (Zeng et al., 2013; Takaya et al., 2016; Shepherd et al., 2017). Por el contrario, se observa un aumento de la capacidad de liberación a pH ácidos en la solución filtrada.

Como se puede observar en la figura 12, el aporte de sodio, amonio y magnesio fue mayor en MAB IH 50 % (3,38 pH), y lo mismo sucedió con el aporte de potasio y calcio (figura 13). En el caso específico del calcio, no hubo aporte al filtrarse con agua.

Los niveles de aporte de sodio (Na+), potasio (K+), calcio (Ca+) y magnesio (Mg2+), corroboran los resultados de Penton (2024) al filtrar carbón pirolizado de biomasa leñosa de bambú, cereza y uva con MAB (IHPLUS® BF) en solución al 5 %.

Efecto de pH inicial del MAB y sus distintas disoluciones en el tenor de material volátil, el tenor de cenizas y el carbón fijo del bio carbón.

Los porcentajes de materiales volátiles en el carbón no variaron con el filtrado (figura 14) y se mantuvieron entre el 14 y el 16 %, siendo relativamente bajos en comparación con los informes de carbón de maderas blandas, que se caracterizan por tener un alto contenido de compuestos volátiles (76,4 %) y un bajo contenido energético (Césare *et al.*, 2019).

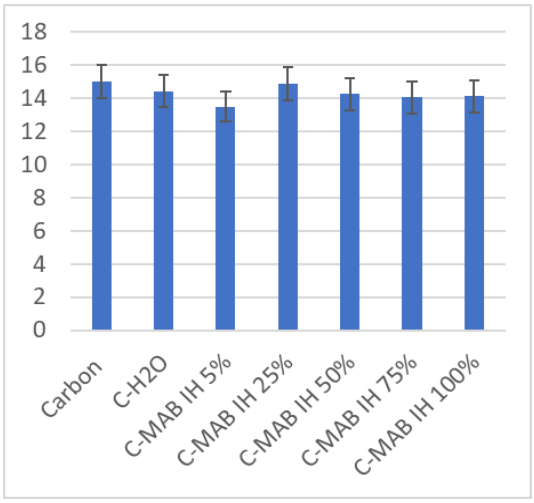


Figura 14. *Teneur en Matières Volatiles*

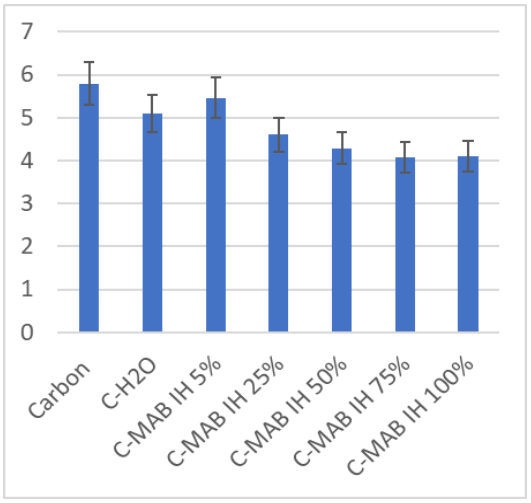


Figura 15. *Teneur en Cendres*

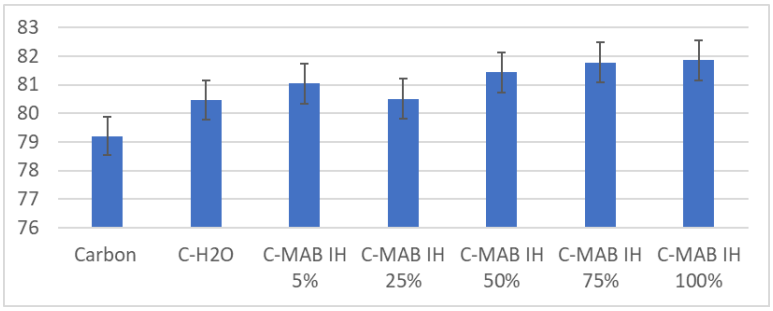


Figura 16. *Teneur en Carbone Fixe déduit*

El efecto del filtrado en el lavado de las cenizas fue significativo (figura 15), sobre todo con las soluciones de MAB-IH al 50 %, 75 % y 100 %, sin diferencias entre estas.

El contenido de carbón fijo fue superior al 79 % en el biocarbón sin tratar (figura 16) y aumentó significativamente hasta alcanzar valores cercanos al 82 % en los biocarbones filtrados con MAB-IH al 50 %, 75 % y 100 %, sin diferir de los biocarbones filtrados restantes.

El aumento relativo del carbono fijado por efecto de la filtración del biocarbón con MAB estuvo condicionado por el lavado de las cenizas.

El biocarbón se caracteriza por su alta capacidad de retención de carbono, debido a su estabilidad y recalcitrancia, ya que convierte los compuestos de carbono fácilmente mineralizables de la biomasa original en estructuras de anillos condensados. El contenido de carbono total en el biocarbón puede ser de hasta un 70 % de carbono (Escalante-Rebolledo et al., 2016). Por otra parte, el carbono fijo o recalcitrante varía en función del tipo de materia prima y de la presencia de fracciones de carbono lábiles, siendo una función no lineal de la relación hidrógeno-carbono (H/C). El Certificado Europeo de Biocarbón (EBC, 2021) estableció un valor estándar de 0,7 para la relación H/C en el biocarbón utilizado en agricultura y determinó que la mejor biomasa orgánica pirolizada es aquella que logra un contenido de carbono superior al 50 %.

CONCLUSIONES

Se concluye que el biocarbón filtrado con MAB al 50% de concentración proporciona abundantes minerales esenciales para la nutrición vegetal, manteniendo al mismo tiempo sus propiedades como restaurador del suelo y almacén de carbono. Además, el proceso enriquece los MAB, potenciando su uso como biofertilizantes para aplicaciones foliares en cultivos agrícolas. Estos hallazgos destacan el potencial del biocarbón y los MAB en la mejora de la fertilidad del suelo y la sostenibilidad agrícola.



BIBLIOGRAFÍA

César, M. F., Hilario, F., Callupe, N., Cruz, L., Calle, J. L. & Gonzales, H. 2019. Caracterización química y física del bambú. Avances en Ciencias e Ingeniería, 10(4): 1-13.

Duarte, S., Pentón, G. & Brea, O. 2024. Chapter 9. Recent trends in multifarious benefits of biochar application to soil. En: Biochar Ecotechnology for Sustainable Agriculture and Environment. En Edición. Elsevier/Health Content Menagement – S&T.

EBC. 2021. Certification of the carbon sink potential of biochar. Version 2.1E of 1st Ithaka Institute, Arbaz, Switzerland.

Escalante, A., Pérez, G., Hidalgo, C., López, J., Campo, J., Valtierra, E. & Etchevers, J. B. 2016. I: Naturaleza, Historia, Fabricación y Uso en el suelo Biocarbon (Biochar). Terra Latinoam, 34(3): 367-382.

Fidel, R. B., Laird, D. A., Thompson, M. L. & Lawrinenko, M. 2017. Characterization and quantification of biochar alkalinity. Chemosphere, 167: 367-373.

Hernández, C. A. S., Antonio, C. G., Trejo, J. F. G. & Pérez, A. A. F. 2020. Revalorización de residuos agrícolas para la producción de pellets combustibles en el estado de Querétaro. Digital Ciencia@UAQRO, 13(1): 36-45.

Milera, M., Pentón, G., Schmidt, H.-P., Machado, H., Miranda, T. & Martín, G. J. 2020. Manejo agroecológico de los sistemas agropecuarios. Usos del suelo con abonos y biochar. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey.

Pentón, G., Schmid, H. P., Milera, C., Martín, G. J., Brea, O. & Brunet, J. 2020. Empleo de fertilizantes orgánicos basados en biochar, producidos a partir de residuos agropecuarios. En: Manejo agroecológico de los sistemas agropecuarios. Usos del suelo con abonos y biochar. Compilador: Milagros de la C. Milera Rodríguez. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey, 66p. ISBN: 978-959-7138-41-9.

Shepherd, J. G., Joseph, S., Sohi, S. P. & Heal, K. V. 2017. Biochar and enhanced phosphate capture: Mapping mechanisms to functional properties. Chemosphere, 179: 57-74.

Silber, A., Levkovitch, I. & Graber, E. R. 2010. pH-dependent mineral release and surface properties of cornstraw biochar: agronomic implications. Environmental Science & Technology, 44(24): 9318-9323.

Takaya, C. A., Fletcher, L. A., Singh, S., Okwuosa, U. C. & Ross, A. B. 2016. Recovery of phosphate with chemically modified biochars. Journal of Environmental Chemical Engineering, 4(1): 1156-1165.

Weng, Z., Van Zwieten, L., Singh, B. P., Tavakkoli, E., Joseph, S., Macdonald, L. M. & Cowie, A. 2017. Biochar built soil carbon over a decade by stabilizing rhizodeposits. Nature Climate Change, 7(5): 371-3.

Yang, X., Igalavithana, A. D., Oh, S. E., Nam, H., Zhang, M., Wang, C. H. & Ok, Y. S. 2018. Characterization of bioenergy biochar and its utilization for metal/metalloid immobilization in contaminated soil. Science of the Total Environment, 640: 704-713.

Zhao, Y., Li, X., Li, Y., Bao, H., Xing, J., Zhu, Y. & Xu, G. 2022. Biochar acts as an emerging soil amendment and its potential ecological risks: a review. Energies, 16(1): 410.

BMA-56. Ficha técnico productiva - económica de bio-abonos promisorios basados en carbón y microorganismos autóctonos benéficos. Un primer acercamiento.

Technical production-economic sheet of promising bio-fertilizers based on carbon and beneficial native microorganisms. A first approach.

*L. Castaneda, D. Carrillo Jiménez, J. Brunet Zulueta, G. Pentón Fernández**

Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, Universidad de Matanzas, Central España Republicana, CP 44280. Matanzas, Cuba.

*Correspondencia a: tulypenton@gmail.com

RESUMEN

Se realizaron las fichas técnico productiva y económica de nuevos bioabonos basados en carbón y microorganismos autóctonos benéficos obtenidos de la fermentación de hojarasca forestal de la Ciénaga de Zapata. La acción de tipo investigación – desarrollo, se realizó en la Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, en el año 2025; y tuvo como antecedentes, la caracterización de los procesos de fabricación, la optimización de la calidad química, química y biológica de los productos. Se establecieron los costos de mano de obra, de materiales y activos fijos tangibles, de consumo de agua, electricidad, entre otros ítems. Se demuestra que la producción de fertilizantes orgánicos basados en abonos de 8 días, el humus de lombriz y biocarbon, constituyen un objetivo económico a desarrollar en las fincas y comunicades con enfoque de economía circular en la transición hacia la agroecología.

Palabras clave: *costos de producción, abonos de 8 días, el humus de lombriz, biocarbon*

ABSTRACT

The technical and economic productivity sheets for new biofertilizers based on charcoal and beneficial native microorganisms obtained from the fermentation of forest litter from the Ciénaga de Zapata were created. The research-development action took place at the Indio Hatuey Experimental Pasture and Forage Station in 2025; and it was preceded by the characterization of the manufacturing processes, optimization of the chemical, biological quality of the products. The costs of labor, materials, tangible fixed assets, water and electricity consumption, among other items, were established. It is demonstrated that the production of organic fertilizers based on 8-day manures, worm humus, and biochar constitutes an economic objective to be developed on farms and communities with a circular economy approach in the transition towards agroecology.

Keywords: *production costs, 8-day fertilizers, worm humus, biocarbon*

INTRODUCCIÓN

En Cuba, la demanda de fertilizantes orgánicos debería aumentar con el paso del tiempo, debido a las limitaciones para adquirir insumos externos, y la cultura creciente entre los productores hacia la transición agroecológica y la recuperación de los suelos y alimentación saludable. Los abonos mejoran la calidad del suelo al aumentar su capacidad de retención de agua y nutrientes, beneficiando la productividad agrícola y reduciendo costos para los agricultores a mediano y largo plazo.

El análisis económico de las producciones que se generan a nivel de pequeñas plantas pilotos y en las fincas, tiene una gran significación; ya que permite visualizar mejor los beneficios a la comunidad o a la localidad en el fortalecimiento de cadenas productivas y de valor, la generación de fuentes de empleos, y evitar la fuga de divisas por la adquisición de insumos químicos de origen externo; y en ello radica el objetivo del presente trabajo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron las fichas económicas de nuevos bioabonos basados en carbón y microorganismos autóctonos benéficos obtenidos de la fermentación de hojarasca forestal de la Ciénaga de Zapata, Matanzas, Cuba.

La acción se realizó en la Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, en el año 2025; y tuvo como antecedentes, la caracterización de los procesos de fabricación, la optimización de la calidad química, química y biológica de los productos. Se establecieron los costos de mano de obra, de materiales y activos fijos tangibles, de consumo de agua, electricidad, entre otros ítems.



RESULTADOS

El producto identificado como ABONO DE 8 DÍAS, se produce con los siguientes materiales:

- Humus de lombriz,
- Biocarbon,
- Zeolita o Roca azul,
- Fermentado sólido y liquido de hojarasca forestal,
- Melaza.

Los insumos y la fuerza productiva para producir 3000kg consiste en: 10 litros de diesel para el tractor, 2 operarios uno para cada tractor 4 horas de trabajo, 2 obreros que necesitan para el proceso 8 horas de trabajo.

En 1 día se elaboran 3000 kg de abono para su fermentación durante 8 días posteriores.

El costo de producción $ 1,17/kg; y el precio de venta establecido fue $ 1,41/kg, con $ 0,25 de variación.

Tabla 1. *Costo de producción y precio de venta del Abono de 8 Días*

ITABILIZACIÓN DE OPERACIONES ASOCIADAS

CÓDIGO	CUENTAS Y DETALLE	DEBE	HABER	PRODUCCION EN PROCES DEBE	HABER
700-730	PRODUCCION EN PROCESO	$ 139,00		$ 139,00	$ 0,00
183-203	INVENTARIO (MATERIA PRIMA)		$ 139,00	$ 3 000,00	$ 0,00
				$ 362,72	$ 0,00
				$ 0,00	$ 0,00
	REGISTRO DEL CONSUMO DE MATERIA PRIMA			$ 0,00	$ 3 501,72
				$ 3 501,72	**$ 3 501,72**
CÓDIGO	**CUENTAS Y DETALLE**	**DEBE**	**HABER**	**$ 0,00**	
700-730	PRODUCCION EN PROCESO	$ 3 000,00			
405	CUENTAS POR PAGAR		$ 3 000,00		
	GASTOS QUE INCIDEN DIRECTAMENTE EN LA PF				
				PRODUCCIÓN TERMINAD	
CÓDIGO	**CUENTAS Y DETALLE**	**DEBE**	**HABER**	$ 3 501,72	$ 0,00
700-730	PRODUCCION EN PROCESO	$ 362,72		$ 0,00	$ 3 501,72
455+460+43	NOMINA, VACACIONES, RETENCIONES		$ 362,72		
	GASTO DE MOD A LA PRODUCCIÓN				
CÓDIGO	**CUENTAS Y DETALLE**	**DEBE**	**HABER**	**$ 3 501,72**	**$ 3 501,72**
700-730	PRODUCCION EN PROCESO	$ 0,00		**$ 0,00**	
731	GASTOS ASOCIADOS A LA PRODUCCIÓN -INDIRECTOS-		$ 0,00		
	TRASPASO DE GASTOS INDIRECTOS A PROD. EN				
CÓDIGO	**CUENTAS Y DETALLE**	**DEBE**	**HABER**		
188	PRODUCCIÓN TERMINADA	$ 3 501,72			
700-730	PRODUCCION EN PROCESO		$ 3 501,72		
	TRASPASO DE PROD. EN PROCESO A PROD. TER				
CÓDIGO	**CUENTAS Y DETALLE**	**DEBE**	**HABER**		
135	CUENTA POR COBRAR A CORTO PLAZO	$ 4 237,75			
300-313	VENTAS		$ 4 237,75		
810	COSTO DE VENTA	$ 3 501,72			
188	PRODUCCIÓN TERMINADA		$ 3 501,72		
	REGISTRO DE LA VENTA DE PRODUCTOS				
	TOTALES	**$ 14 742,92**	**$ 14 742,92**		

334-BMA

CENTRO DE COSTO	Salario Básico OPERADOR	Salario Básico OBREROS (proceso)	Dias Trab.	Tarifa DIARIA OPERADOR	Tarifa DIARIA OBREROS (proceso)	Tarifa HORARIA OPERADOR	Tarifa HORARIA OBREROS (proceso)
	2 660,00	2 660,00	24	110,8333333	110,8333333	13,85416667	13,85416667

Gastos de salario	110,83
Vacaciones	10,07
Seguridad Social 12.5%	15,11
Fuerza de trabajo 5%	6,05
Gastos de salario	221,67
Vacaciones	20,15
Seguridad Social 12.5%	30,23
Fuerza de trabajo 5%	12,09

DETALLANDO POR JORNADA DE TRABAJO

Horas Laboradas OPERADOR	Horas Laboradas OBREROS (proceso)
4	8

DE LA PRODUCCIÓN	CANTIDAD
OPERADOR	2
OBREROS (proceso)	2

Clasif_costo	Clasificación	Código	Descripción	UM	Cantidad	Costo MN	Costo CUC	Importe CUP	Importe CUC
Materias Primas y Materiales Fundamentales			Estiercol	kg	1800	0,00		0,00	
Materias Primas y Materiales Fundamentales			Zeolita	kg	600	0,00		0,00	
Materias Primas y Materiales Fundamentales			Roco azul	kg	600	0,00		0,00	
Materias Primas y Materiales Fundamentales			Madre solida	kg	5100	0,00		0,00	
Materias Primas y Materiales Fundamentales			IH Plus	litros	33	0,00		0,00	
Materias Primas y Materiales Fundamentales			Melaza	litros	42	0,00		0,00	
Materias Primas y Materiales Fundamentales						0,00		0,00	
								0,00	
Combustible y Lubricantes	Combustible	TM	Diesel	Lts	10	13,90		139,00	
	Combustible	TM	Gasolina Regular	Lts		16,40		0,00	
	Lubricantes		Aceite	Lts		3000,00		0,00	
								139,00	
Ropa y calzado	Ropa y calzado	1399457662	Botas de goma	Uno	2	1500,00		3000,00	
								3000,00	

RESUMEN DE CONSUMO DE MATERIAS PRIMAS Y MATERIALES FUNDAMENTALES

Materias primas y materi	0,00	
Combustible	139,00	
Ropa y calzado	3000,00	

HUMUS DE LOMBRIZ se produce con los siguientes materiales:

- 300 kg de estiércol vacuno o equino
- 5 litros de Diesel para cada viaje
- 2 operarios necesitan 4 horas de trabajo
- 4 obreros necesitan para el proceso 6 horas de trabajo

El proceso se realiza de la siguiente manera: una vez a la semana se deposita los 300 kg de estiércol en 4 canteros destinados para el proceso y se le hecha agua promedio de 0.2 m3 en las 7 semanas que dura el proceso. Este proceso dura 7 semanas y se recogen 500 kg de humus, esto se realiza 7 veces al año; lo que genera una producción total de 3500 kg de humus anual.

Tabla 2. *Costo de producción y precio de venta del humus de lombriz*

GASTO DE MOD A LA PRODUCCIÓN

CÓDIGO	CUENTAS Y DETALLE	DEBE	HABER
700-730	PRODUCCION EN PROCESO	$ 0,00	
731	GASTOS ASOCIADOS A LA PRODUCCIÓN -INDIRECTOS-		$ 0,00
	TRASPASO DE GASTOS INDIRECTOS A PROD. EN PROCESO		
CÓDIGO	**CUENTAS Y DETALLE**	**DEBE**	**HABER**
188	PRODUCCIÓN TERMINADA	$ 33 103,62	
700-730	PRODUCCION EN PROCESO		$ 33 103,62
	TRASPASO DE PROD. EN PROCESO A PROD. TERMINADA		
CÓDIGO	**CUENTAS Y DETALLE**	**DEBE**	**HABER**
135	CUENTA POR COBRAR A CORTO PLAZO	$ 43 190,37	
900-913	VENTAS		$ 43 190,37
810	COSTO DE VENTA	$ 33 103,62	
188	PRODUCCIÓN TERMINADA		$ 33 103,62
	REGISTRO DE LA VENTA DE PRODUCTOS		
	TOTALES	**$ 142 501,24**	**$ 142 501,24**

CENTRO DE COSTO	Salario Básico OPERARIOS	Salario Básico OBREROS	Dias Trab.	Tarifa DIARIA OPERARIOS	Tarifa DIARIA OBREROS	Tarifa HORARIA OPERARIOS	Tarifa HORARIA OBREROS
	2 660,00	2 660,00	24	110,8333333	110,8333333	13,85416667	13,85416667

Gastos de salario	5 430,83
Vacaciones	493,66
Seguridad Social 12.5%	740,56
Fuerza de trabajo 5%	296,22
Gastos de salario	16 292,50
Vacaciones	1 480,99
Seguridad Social 12.5%	2 221,69
Fuerza de trabajo 5%	888,67

DETALLANDO POR JORNADA DE TRABAJO

Horas Laboradas OPERARIOS	Horas Laboradas OBREROS
196	294

DE LA PRODUCCIÓN	CANTIDAD
Operarios	2
Obreros	4

Clasif_costo	Clasificación	Código	Descripción	UM	Cantidad	Costo MN	Costo CUC	Importe CUP	Importe CUC
Materias Primas y Materiales Fundamentales	UH		Palas	Uno	4	0,00		0,00	
Materias Primas y Materiales Fundamentales	UH		Rastrillo	Uno	4	0,00		0,00	
Materias Primas y Materiales Fundamentales			Estiercol vacuno	kg	14700	0,00		0,00	
								0,00	
Combustible y Lubricantes	Combustible	TM	Diesel	Lts	245	13,90		3405,50	
								3405,50	
Ropa y calzado	Ropa y calzado	1399457662	Botas de goma	Uno	4	1500,00		6000,00	
								6000,00	

RESUMEN DE CONSUMO DE MATERIAS PRIMAS Y MATERIALES FUNDAMENTALES

Materias primas y materia	0,00	
Combustible	3405,50	
Ropa y calzado	6000,00	

BIOCARBON se produce con los siguientes materiales:

- 10 toneladas de leña
- 8 litros de Diesel
- 10 litros de gasolina
- 5 litros de aceite

4 obreros necesitan para cortar la leña 16 horas de trabajo y para la preparación 24 horas

El proceso dura 12 días y se obtiene 6000 kg de biocarbon, los 2 primeros días se corta la leña 16 horas y los mismos 4 obreros realizan el cargue de la leña hacia el lugar destinado para la preparación del proceso de descomposición o elaboración del biocarbon.

Tabla 3. *Costo de producción y precio de venta del biocarbon.*

GASTO DE MOD A LA PRODUCCIÓN

CÓDIGO	CUENTAS Y DETALLE	DEBE	HABER
700-730	PRODUCCION EN PROCESO	$ 0,00	
731	GASTOS ASOCIADOS A LA PRODUCCIÓN -INDIRECTOS-		$ 0,00
	TRASPASO DE GASTOS INDIRECTOS A PROD. EN PROCESO		

CÓDIGO	CUENTAS Y DETALLE	DEBE	HABER
188	PRODUCCIÓN TERMINADA	$ 8 529,36	
700-730	PRODUCCION EN PROCESO		$ 8 529,36
	TRASPASO DE PROD. EN PROCESO A PROD. TERMINADA		

CÓDIGO	CUENTAS Y DETALLE	DEBE	HABER
135	CUENTA POR COBRAR A CORTO PLAZO	$ 10 636,17	
900-913	VENTAS		$ 10 636,17
810	COSTO DE VENTA	$ 8 529,36	
188	PRODUCCIÓN TERMINADA		$ 8 529,36
	REGISTRO DE LA VENTA DE PRODUCTOS		
	TOTALES	**$ 36 224,26**	**$ 36 224,26**

CENTRO DE COSTO	Salario Básico OBREROS (corte leña)	Salario Básico OBREROS (proceso)	Dias Trab.	Tarifa DIARIA OBREROS (corte leña)	Tarifa DIARIA OBREROS (proceso)	Tarifa HORARIA OBREROS (corte leña)	Tarifa HORARIA OBREROS (proceso)
	2 660,00	2 660,00	24	110,8333333	110,8333333	13,85416667	13,85416667

Gastos de salario	886,67
Vacaciones	80,60
Seguridad Social 12.5%	120,91
Fuerza de trabajo 5%	48,36
Gastos de salario	1 330,00
Vacaciones	120,90
Seguridad Social 12.5%	181,36
Fuerza de trabajo 5%	72,54

DETALLANDO POR JORNADA DE TRABAJO

Horas Laboradas OBREROS (corte leña)	Horas Laboradas OBREROS (proceso)
16	24

DE LA PRODUCCIÓN	CANTIDAD
OBREROS (corte leña)	4
OBREROS (proceso)	4

Clasif_costo	Clasificación	Código	Descripción	UM	Cantidad	Costo MN	Costo CUC	Importe CUP	Importe CUC
Materias Primas y Materiales Fundamentales	UH		Machete	Uno	4	0,00		0,00	
Materias Primas y Materiales Fundamentales			Leña	kg	10000	0,00		0,00	
Materias Primas y Materiales Fundamentales				kg		0,00		0,00	
								0,00	
Combustible y Lubricantes	Combustible	TM	Diesel	Lts	8	13,90		111,20	
	Combustible	TM	Gasolina Regular	Lts	10	16,40		164,00	
	Lubricantes		Aceite	Lts	5	3000,00		15000,00	
								111,20	
Ropa y calzado	Ropa y calzado	1399457662	Botas de goma	Uno	4	1500,00		6000,00	
								6000,00	

RESUMEN DE CONSUMO DE MATERIAS PRIMAS Y MATERIALES FUNDAMENTALES

Materias primas y materia	**0,00**	
Combustible	**111,20**	
Ropa y calzado	**6000,00**	

SILVOPAT – 2025 | ICA | ISBN: 978-959-7171-88-1 | Cu-ID: https://cu-id.com/book/978-959-7171-88-1

Se puede observar, que el mayor costo económico recayó en el salario de los trabajadores involucrados, toda vez que los insumos proceden del reciclaje de materiales procesados en la propia finca o localidad.

La revisión bibliográfica llama la atención en que un proyecto de producción de abonos orgánicos, es económica y financieramente viable, cuando la Tasa Interna de Retorno del proyecto es mayor que el Costo de Oportunidad de Capital y el Valor Actualizado Neto de los fondos es mayor a cero (Tarazona y Gómez, 2019).

Los costos y gastos incurridos en la fabricación del producto, deberían hacer una suma muy baja en comparación a los ingresos que se obtienen por la venta del producto (Tarazona y Gómez, 2019).

La rentabilidad del proyecto debe ser elevado y con probabilidad de aumentar en la medida que se optimizan los procesos y crece la empresa (Tarazona y Gómez, 2019).

Betancourt y Rodríguez (2012) determinaron con el estudio financiero de un proyecto de producción de abonos a partir de la pulpa de café, que la factibilidad está garantizada cuando la tasa interna de retorno del proyecto es mayor a la tasa de interés de oportunidad. El impacto social y ambiental causado por el proyecto es positivo, al aportar ventajas para el crecimiento y desarrollo en la zona de influencia del proyecto, debido a la generación de empleo directo e indirecto y además de la reducción de la contaminación ambiental provocada por la pulpa de café.

Realizar la ficha técnico productiva y económica de una planta de abono orgánico a partir de residuos agropecuarios, busca aprovechar estos residuos mediante tecnología adecuada para producir fertilizantes de alta calidad como alternativa a los fertilizantes químicos, promoviendo la agricultura sostenible.

La misma forma parte de la evaluación de los costos de implementación y operación de las plantas, considerando su ubicación estratégica y el suministro continuo de materia prima, la identificación de una demanda creciente en los mercados agrícolas, proyectando beneficios económicos a mediano y largo plazo; la comercialización efectiva del abono a distancias cercanas, a nivel local o regional; lo cual fue demostrado como proyecto por Aguirre y Pallares (2025). Todo ello contribuye a la sostenibilidad al reducir la mala gestión de residuos orgánicos y mitigar los impactos ambientales de los fertilizantes químicos, cumpliendo con normativas ambientales estrictas.

La intención final es convertir el sistema de producción en un modelo de economía circular, integrando soluciones técnicas, económicas y ambientales para impulsar el desarrollo y la sostenibilidad.

Morales y Aristizábal, (2007), a abordar el tema de los estudios de factibilidad económica de la empresa de producción de abonos, destacaron que la empresa se ha constituido en un factor de producción, cuyo papel es conjugar en el proceso económico los otros tres factores de la producción: la tierra, el trabajo y el capital.

CONCLUSIONES

Se demuestra que la producción de fertilizantes orgánicos basados en abonos de 8 días, el humus de lombriz y biocarbon, constituyen un objetivo económico a desarrollar en las fincas y comunicades con enfoque de economía circular en la transición hacia la agroecología.

BIBLIOGRAFÍA

Betancourt Romo, D. J., & Rodríguez Rosero, C. H. 2012. Estudio de factibilidad para el montaje de una empresa productora de abono orgánico a partir de la pulpa de café en el municipio de Samaniego-departamento de Nariño.

Morales Cufiño, G. I., & Aristizábal, O. M. 2007. Estudio de factibilidad técnico financiero de abono orgánico a partir de los desechos orgánicos de la plaza de Corabastos de Bogotá. Retrieved from https://ciencia.lasalle.edu.co/contaduria_publica/415

Aguirre, L. D. & Pallares, L. N. 2025. Prefactilidad para la creación de una planta de compostaje y comercializadora de abono orgánico. [Proyecto aplicado]. Repositorio Institucional UNAD. https://repository.unad.edu.co/handle/10596/67900

Tarazona Tello, E. J., & Gómez de la Piedra, A. G. 2019. Estudio de prefactibilidad para la fabricación de abono a base de residuos sólidos orgánicos. https://repositorio.ulima.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12724/10557/Tarazona_Tello_Ethel_Jimena.pdf?sequence=1

BMA-57. Efecto de dos sustratos y el bioproducto IHPLUS®BF sobre la emergencia y el comportamiento morfoagronómico en plántulas de *Cratylia argentea* em vivero

Effect of two substrates and the bioproduct IHPLUS@BF on the emergence and morphoagronomic behavior of *Cratylia argentea* seedlings in a nursery

Y. Contino-Esquijerosa[1]; A. Perdomo-Gómez[2]; J. J. Reino-Molina[1]; M. Soca-Pérez[1] y O. Brea-Maure[2]*

[1]Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, Universidad de Matanzas, Ministerio de Educación Superior, Central España Republicana CP 44280, Matanzas, Cuba.

[2]Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Matanzas, Ministerio de Educación Superior, Matanzas, Cuba

[*]Correspondencia a: yuvan,contino @ihatuey.cu y yuvan.contino@gmail.com

RESUMEN

El experimento se desarrolló en el Patio Agroecológico "La Luz" de España Republicana entre los meses de julio y agosto de 2023 con el objetivo de evaluar el efecto de tres sustratos y el bioproducto IHPLUS@BF sobre el comportamiento morfoagronómico de plántulas de *Cratylia argentea* en condiciones de vivero. Los tratamientos consistieron en tres proporciones de sustratros (Suelo, 70:30 y 50:50 de Suelo-Materia orgánica con la inoculación del bioproducto IHPLUS@BF al 2% previo a la siembra de las semillas. Se utilizó un diseño estadístico completamente aleatorizado (DCA) con tres tratamientos (uno control-Suelo y dos experimentales-proporciones en Suelo y Materia orgánica) y tres réplicas (R1, R2 y R3). Las variables evaluadas fueron: porcentaje de emergencia (%), altura de la planta (cm), número de hojas (No), así como la presencia de plagas. Se evaluó el contenido en gramos (gr) de clorofila, flavonoides, antocianinas y nitrógeno en las plántulas. Los datos obtenidos fueron procesados mediante un análisis de varianza simple. Se utilizó el paquete estadístico SPSS Versión 21.0 con una significación de 0.05. El bioproducto IHPLUS@BF inoculado a los sustratos mostró mejor comportamiento en la emergencia en los sustratos de Suelo, proporción de Suelo y Materia orgánica de 50:50 y 70:30 con un comportamiento morfoagronómico, foliar y radicular adecuado. No se observaron plagas. La clorofila y el nitrógeno mostraron diferencias numéricas y estadísticas entre los grupos control y experimentales con flavonoides y antocianinas con un comportamiento similar. El costo del estudió ascendió a 4376.40 CUP en condiciones de vivero, desde el punto de vista económico.

Palabras clave: *Sustratos, Bioproducto, IHPLUS®BF, Cratylia argentea, Vivero, Comportamiento morfoagronómico.*

ABSTRACT

The experiment was developed in the Agroecological Patio "La Luz" in España Republicana between the months of July and August 2023 with the objective of evaluating the effect of three substrates and the bioproduct IHPLUS®BF on the morphoagronomic behavior of *Cratylia argentea* seedlings under nursery conditions. The treatments consisted of three proportions of substrates (Soil, 70:30 and 50:50 of soil-organic matter with the inoculation of the bioproduct IHPLUS®BF at 2% prior to sowing the seeds. A design was used completely randomized statistic (DCA) with three treatments (one control-soil and two experimental-proportions in soil and organic matter) and three replicates (R1, R2 and R3). The variables evaluated were: percentage of emergence (%), height of the plant (cm), number of leaves (No), as well as the presence of pests. The content in grams (gr) of chlorophyll, flavonoids, anthocyanins and nitrogen in the seedlings was evaluated. The data obtained were processed through an analysis of simple variance. The statistical package SPSS Version 21.0 was used with a significance of 0.05. The IHPLUS®BF bioproduct inoculated to the substrates showed better behavior in emergence in soil substrates, proportion of soil and organic matter of 50:50 and 70:30 with adequate morphoagronomic, foliar and root behavior. No pests and diseases occurred. Chlorophyll and nitrogen showed numerical and statistical differences between the control and experimental groups with flavonoids and anthocyanins in a similar behavior. The total cost during the study amounted to 4376.40 CUP under nursery conditions from an economic point of view.

Keywords: *Substrates, Bioproduct, IHPLUS®BF, Cratylia argentea, Nursery, Morphoagronomic behavior.*

OBJETIVO

- Evaluar la emergencia y el comportamiento morfoagronómico en vivero de *Cratylia argentea* con el empleo de tres sustratos inoculados con el bioproducto IHPLUS®BF al 2%.



MATERIALES Y METODOS

Ubicación del área de estudio: El experimento se desarrolló en el Patio Agroecológico La Luz, ubicado en la comunidad EEPF Indio Hatuey, Central España Republicana, Perico-Matanzas, vinculada al programa de Agricultura Urbana y Sub-urbana, como patio de Referencia Nacional integrado al Movimiento Usuarios de Biogás (MUB).

Material de siembra: El ensayo se realizó entre los meses de julio, agosto y septiembre de 2023. Las semillas fueron sembradas en cepellones con alvéolos para 90 plántulas (10*9) Los tratamientos consistieron en la evaluación de tres proporciones de sustratos (Suelo, 70:30 y 50:50 de suelo-materia orgánica con la inoculación del bioproducto IHPLUS®BF al 2% previo a la siembra de las semillas con el objetivo de determinar su efecto sobre la emergencia y desarrollo de las plántulas de *Cratylia argentea* en condiciones de vivero.

Las condiciones ambientales durante el estudio se registran en la Tabla 1.

Tabla 1. Condiciones ambientales durante el estudio

Meses	Humedad relativa %	Precipitaciones (mm)	Temperatura (®C)
julio	80,0	**176,7**	**27,9**
agosto septiembre	**82,0** **83,0**	139,7 **241,4**	27,7 26,7

Se utilizó un diseño estadístico completamente aleatorizado (DCA) con un tratamiento y dos réplicas con grupos controles y experimentales.

Grupos en estudio: **Grupo control** – 100 % Suelo ferralítico, **Grupo experimental 1-** Sustrato compuesto por 70 % Suelo ferralítico +30% materia orgánica inoculado con el bioproducto IHPLUS-BF® al 2%. **Grupo experimental 2-** Sustrato compuesto por 50 % Suelo + 50 % materia orgánica inoculado con el bioproducto IHPLUS®BF al 2%.

Se efectuaron riegos semanales, evitando el estrés hídrico en las plántulas. La aplicación del agua fue con regaderas y se mojó el sustrato en su totalidad.

Las variables evaluadas fueron: porcentaje de emergencia (%), altura de la planta (cm) y número de hojas (No), así como la observación de la posible incidencia de plagas. El porcentaje de emergencia se calculó mediante la siguiente fórmula: PE=NPE/NSS*100; Dónde: PE: Porcentaje de emergencia, NPE: Número de plantas emergidas, y NSS: Número de semillas sembradas. Las plántulas emergidas se evaluaron a los 9 días después de la siembra hasta los 30 días. La altura de planta (cm) se registró midiendo con regla graduada desde el nivel del suelo hasta el ápice de la rama apical. El número de hojas se determinó mediante un conteo visual.

Se determinaron la clorofila, flavonoides, antocianina y nitrógeno en las plántulas de*Cratylia* (g/100mg) mediante el medidor SPAD-502 (Soil Plant Analysis Development). Los datos obtenidos fueron colectados en una Base en Microsoft Excel del paquete deOffice y procesados mediante un análisis de Varianza simple. Se empleó el paqueteestadístico SPSS Versión 21.0 con una significación de 0.05. Las comparaciones entre lasmedias se hicieron mediante la prueba de T-Student para dos medias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El porcentaje de emergencia desde el inicio del estudio se manifiesta en el Gráfico 1, en la primera medición su mejor valor estuvo dado para el grupo experimental (70:30) con un 38,3%. Sin embargo, en la medición intermedia el grupo control (Suelo) tuvo un 73,8%, comportamiento que se mantuvo hasta la medición final del experimento (82,7 %). Para los grupos experimentales (50:50) fue de 81,1% y (70:30) de 77,7%. Se apreciaron diferencias numéricas entre ambos sustratos inoculados con IHPLUS®BF pero no se detectaron desde el punto de vista estadístico.

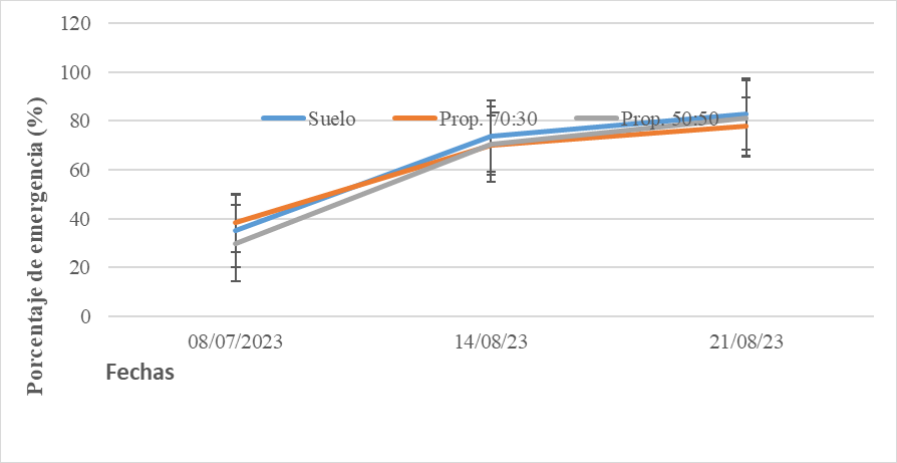


Gráfico 1. *Porcentaje de emergencia (%) en plantas de Cratylia argentea.*

La bio-estimulación con IHPLUS-BF® incrementó la emergencia de plántulas con una mejor respuesta de las semillas. Esto es corroborado por los resultados obtenidos por **García et al. (2010).**

La altura de la planta en centímetros evidenció un mejor comportamiento en los grupos experimentales en comparación al control, es decir en los sustratos que incluyeron las proporciones de suelo y materia orgánica en un 70:30, y 50:50, seguido por el control quien solo incluyó suelo. Los valores promedios se encontraron en 9.20, 7.73 y 5.53 cm respectivamente.

El peso fresco de las hojas y tallos en los tres sustratos estudiados evidenciaron diferencias numéricas, no siendo detectadas desde el punto de vista estadístico (Tabla 2).

Tabla 2. Comportamiento del peso fresco de hojas y tallos (gramos)

Réplicas	Suelo (Control) ***	70 suelo:30 MO ***	50 suelo :50 MO ***
R1	4,52	6,05	5,36
R2	5,76	4,89	5,66
R3	5,50	5,57	5,90
Promedio±EE	5,26±0,38a	**5,50±0,34a**	**5,64±0,16a**

****= p ≤0,001; Proporciones con letras comunes no difieren significativamente.*

Caballero-Mellado, 2006 plantea que hay un mayor crecimiento con la aplicación de bioproductos. Los resultados obtenidos en el estudio evidencian tal consideración. En los tres sustratos en evaluación el mejor comportamiento fue para la Proporción de Suelo: Materia orgánica de 70:30, le siguió 50:50, y por último en el Suelo (como grupo control).

Se obtuvo diferencias numéricas y estadísticas en los valores de la clorofila y el nitrógeno, no siendo así con similar comportamiento en los flavonoides y las antocianinas (Tabla 3).

Tabla 3. *Comportamiento de la clorofila, flavonoides, antocianinas y nitrógeno.*

Réplicas	Grupo	Chl (X±EE) (mg/100g) ***	Flav (X±EE) (mg/100g) ***	Anth (X±EE) (mg/100g) ***	NBI (X±EE) (mg/100g) ***
R1	Suelo (Control)	23592,38± 1170,39	0.53± 0,01	0,19± 0,01	55,03± 3,75
R2		23812,32± 1115,19	0.55± 0,02	0,20± 0,01	57,45± 4,72
R3		23016,38± 1005,23	0.57± 0,01	0,19± 0,01	59,15± 4,98
Promedio		23473,69 ±1096,93[a]	0,58 ±0,01[a]	0,19 ±0,01[a]	57,21 ±4,48[a]
R1	70 Suelo: 30 MO	24128, 15± 1009,00	0.59± 0,02	0,19± 0,01	61,89± 2,75
R2		24234,25 ±1210,25	0.65± 0,01	0,21± 0,02	63,40± 2,15
R3		24298,40 ±1010.22	0.67± 0,02	0,24± 0,01	65,19± 3,20
Promedio		**24220,22 ±1076,49[b]**	**0,63 ±0,02[a]**	**0,21 ±0,01[a]**	**63,49 ±2,70[b]**
R1	50 Suelo: 50 MO	23998, 35± 1150,00	0.58± 0,01	0,18± 0,02	60,24± 4,73
R2		24023,12 ±1020,14	0.62± 0,01	0,20± 0,01	62,30± 5,32
R3		24005,40 ±1221.29	0.65± 0,01	0,21± 0,01	64,18± 4,20
Promedio		24008,95 ±1920,90[b]	0,62 ±0,01[a]	0,20 ±0,01[a]	62,24 ±4,75[b]

****= p ≤0,001; Proporciones con letras comunes no difieren significativamente.*

El contenido de clorofila es un parámetro que indica el estado fisiológico y la salud de una planta, y cómo se ve afectada por las condiciones experimentales. Por lo tanto, son buenos predictores del desarrollo de cultivos y su productividad. Las plantas con un bajo nivel de clorofila u hojas amarillentas muestran un rendimiento menos eficiente en los fotosistemas y, por consiguiente, se inhibe la asimilación de CO2 **(Dai *et al.,* 2009)**

La rapidez en la aparición de los síntomas por la falta de nitrógeno, en comparación con los otros macronutrientes, también fue reportada por **Fernandes y Haag (1972)**

El tipo y contenido de antocianinas producen una diferencia importante en la pigmentación de las plantas **(Puertas *et al.,* 2013).**

Los polifenoles de tipo flavonoides son los antioxidantes más potentes presentes en los alimentos vegetales. Un antioxidante previene el daño oxidativo inhibiendo la generación de especies reactivas, capturando los radicales libres o aumentando el nivel de antioxidantes endógenas protectores **(Pedrola, 2010).**

Durante la investigación el costo total fue de 4376,40 CUP.

CONCLUSIONES

- El bioproducto IHPLUS®BF inoculado a los sustratos mostró mejor comportamiento en la emergencia en los sustratos suelo, proporción de suelo y materia orgánica de 50:50 y 70:30 con un comportamiento morfoagronómico, foliar y radicular adecuado en las plántulas de *Cratylia argentea.*
- No se presentó plagas y enfermedades en *Cratylia argentea tras* el estudio de la aplicación del bioproducto IHPLUS®BF inoculado en los tres sustratos.
- La clorofila y nitrógeno mostraron diferencias numéricas y estadísticas entre los grupos control y experimentales con los flavonoides y antocianinas en las plántulas de *Cratylia argentea* con un similar comportamiento.
- El costo total durante el estudio ascendió a 4376,40 CUP en condiciones de vivero.

BIBLIOGRAFÍA

Caballero- Mellado, J. 2006. Microbiología agrícola e interacciones microbianas con plantas. Revista Latinoamericana de Microbiología. 48(2):154-155.

Dai, Y., Shen, Z., Liu, Y., Wang, L., Hannaway, D., & Lu, H. 2009. Effects of shade treatments on the photosynthetic capacity, chlorophyll fluorescence, and chlorophyll content of Tetrastigma hemsleyanum Diels et Gilg. Environmental and Experimental Botany, 65(2-3), 177-182. doi: 10.1016/j. envexpbot.2008.12.008

Fernandes, P. D. y Haag, H. P. 1972. Nutrição mineral de hortaliças: XXI efeito daomissão dos macronutrientes no crescimento e na composição química dopimentão (*Capsicum annuum L.,* var. *avelar*). Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 29, 223-235.1972.

García- Carreón, J. S. and Martínez- Menes, M. R. Abonos verdes. Fichas técnicas sobre actividades agrícolas, pecuarias y de traspatio. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación SAGARPA).8p. Disponible en: http://www.sagarpa.gob.mx/desarrollorural/publicaciones/lists/agricolas/attachments/9/a-04-1.pdf. 2010

Pedrola, I.E. Polifenoles y sus propiedades antioxidantes. Disponible en: http://dietcan.net/docs/POLIFENOLES-MAD.pdf.2010.

Puertas-Mejia, Miguel A; Ríos-Yepes, Yersica; Rojano, Benjamín Alberto. 2013. Determinación de antocianinas mediante extracción asistida por radiación de microondas en frijol (Phaseolus vulgaris L.) de alto consumo en Antioquia-Colombia. Rev. Cubana Plant Med, Ciudad de la Habana, v. 18, n. 2, p. 288-297, jun. Disponible en <http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S102847962013000200012&lng=es&nrm=iso>. accedido en 02 dic. 2023.

BMA-58. Germinación y desarrollo inicial de *Hibiscus cannabinus* L. con la aplicación de bioproductos.

C. J. Bécquer[1], A. B. Puentes[2**], L. López[2] y J. Castro[1]*

[1]Estación Experimental de Pastos y Forrajes de Sancti Spíritus (Instituto de Investigaciones de Pastos y Forrajes, MINAG)

[2]Universidad ¨José Martí Pérez¨, de Sancti Spíritus (MES)

[*]Correspondencia a: cjbecquerg@gmail.com

[**]Correspondencia a: adelaida@uniss.edu.cu

INTRODUCCIÓN

Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.), es cultivado en varias regiones geográficas (Lee *et al.,* 2021). Es la planta que más se ha cultivado como fuente de fibra y absorbe CO_2 de la atmósfera más que cualquier otro cultivo (Anon, 2022). Los extractos del Kenaf tienen actividades farmacológicamente activas (Hanumegowda *et al.*, 2022). En Cuba fue una fuente muy importante de fibra para la industria (Sardiñas *et al.*, 2017), aunque Vinent (1993) obtuvo dos nuevas variedades forrajeras de kenaf, para la alimentación animal. Se conoce que el uso único de fertilizantes químicos puede conducir a una pérdida económica significativa y a un impacto negativo al ambiente, por la desnitrificación (Munch y Velthof, 2007). Sin embargo, los biofertilizantes pueden restaurar los nutrientes del suelo: los hongos micorrízico arbusculares (HMA) permiten en simbiosis con las plantas, un efecto positivo en el desarrollo radical (Plana *et al.*, 2016); las rizobacterias (PGPRs) también pueden fortalecer la tolerancia de las plantas a estrés ambiental (Bécquer *et al.*, 2021; Hemati *et al.*, 2023). La aplicación de abonos orgánicos es adecuada para la retención de nutrientes (Ngah *et al.*, 2021). Objetivo general: determinar el efecto estimulador de *Glomus cubense*, *Rhizobium leguminosarum* y un abono orgánico, en la germinación y desarrollo inicial de *H. cannabinus*, en condiciones de vivero.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización: Vivero de plantas forrajeras proteicas de la Estación Experimental de Pastos y Forrajes de Sancti Spíritus (21º 53´ 00´´ latitud Norte y 79º 21´ 25´´ longitud Oeste, 40 msnm).

Estructura y composición química del substrato: 40% de estiércol vacuno procesado, 40% de suelo pardo, sin diferenciación de carbonatos, y 20% de arena de río. Na: 0.13 Cmol/kg, K: 0.49 Cmol/kg, Ca: 12 Cmol/kg, Mg: 2.7 Cmol/kg, P: 241 (mg/kg), M.O.: 5.17 %, pH (H_2O): 6.9

Procedimiento experimental:

Kenaf: Se utilizaron canteros de 1,20 x 20 m. Se trazaron 3 surcos/tratamiento y se abrieron 4 nichos en cada surco, con 6 semillas en cada uno. Marco de siembra: 30 x 50 cm. Testigo fertilizado: superfosfato de calcio ($Ca[H_2PO_4]_2$), en dosis de 12 g/parcela (200 kgP/ha).

Biofertilizantes:

1.- Producto EcoMic® (cepa INCAM4, *Glomus cubense*). Inoculante sólido certificado que contenía 25 esporas/g^{-1} de sustrato, y por recomendaciones del fabricante. Dosis aplicación: 10g/semilla. **2.-** Inoculante líquido AZOFERT (*Rhizobium leguminosarum*, 10^9 UFC/mL). Dosis aplicación: 10 mL/bolsa.

Abono orgánico: Compost 80%, cachaza 15%, ceniza 5%. Dosis de aplicación: 2 kg/parcela, con un equivalente de 40t/ha.

Diseño experimental: Completamente aleatorizado, con 9 tratamientos y 3 réplicas. Los datos porcentuales se transformaron por 2*arcosen*√P. Se realizó un análisis de ANOVA y las diferencias entre medias se hallaron por LSD de Fisher. Programa StatGraphicsCenturion XV.

Variables que se midieron:

1. **Germinación acumulada final (GAF, %), 20 DDS:** $PG: NSG/NSS\ x\ 100$ NSG: Nº semillas germinadas, NSS: Nº semillas sembradas.
2. **Tiempo promedio de germinación (TPG, días)** (Come, 1968): $TPG: \sum (ni.ti) / \sum ni$ *ti*: Tiempo transcurrido desde la siembra, *ni*: Número de semillas germinadas en *ti*.
3. **Índice de velocidad de germinación (IVG)** (Terry *et al.*, 2014): $IVG = \sum (ni/ti)$ *ni*: Número de semillas germinadas en *ti*, *Ti*: Tiempo transcurrido desde la siembra.
4. **Contenido de clorofila (SPADS/planta), 20 DDS:** Se utilizó un detector de clorofila MINOLTA SPAD-501 (Rodríguez-Mendoza *et al.*, 1998), con el cual se midió el contenido de clorofila a 9 hojas/planta, tomando como referencia hojas del estrato inferior (3 hojas), medio (3 hojas) y superior (3 hojas).

5. **Longitud tallo prominente (LTP, cm), 20 DDS.**
6. **Longitud raíz principal (LRP, cm), 20 DDS.**
7. **Índice de eficiencia de la inoculación (IEI, %),** según Santillana *et al*. (2012):

IEI: $[(TI - CA)/CA]\ x\ 100$ TI: tratamiento inoculado CA: control absoluto

Tratamientos:

Moringa: 1.- Control absoluto (C. A.), **2.-** Testigo fertilizado (T. F.), **3.-** AZOFERT (AZO) **4.-** EcoMic® (ECO), **5.-** AZOFERT+EcoMic® (momento de la siembra), **6.-** AZOFERT (momento de la siembra)+EcoMic® (5DDS), **7.-** EcoMic® (momento de la siembra)+AZOFERT (5DDS).

Kenaf: 1.- Control absoluto (C. A.), **2.-** Testigo fertilizado (T. F.), **3.-** Abono Orgánico (A.O.), **4.-** AZOFERT (AZO), **5.-** EcoMic® (ECO), **6.-** AZOFERT+EcoMic® (momento de la siembra), **7.-** AZOFERT+Abono Orgánico, **8.-** EcoMic®+Abono Orgánico **9.-** EcoMic®+AZOFERT+Abono Orgánico (ECO + AZO+ A.O.).

RESULTADOS.

1.- Porciento de germinación acumulada final (PGAF, %), 20 DDS (Fig. 1): el tratamiento A.O. (63,8%) fue superior ($p<0.01$) al resto de los tratamientos, pero presentó letras iguales con ECO+A.O. (61,7%) y AZO+A.O. (51,7%). Estos dos tratamientos, a su vez, no difirieron estadísticamente del C.A. (48,3%), aunque fueron superiores al resto de los tratamientos, donde se incluye al testigo fertilizado (35%). El testigo fertilizado fue inferior con respecto a los tratamientos que se destacaron. Lobaina *et al*. (2018), constataron un notable efecto en la germinación de *Moringa oleífera*, al aplicarle diferentes abonos orgánicos.

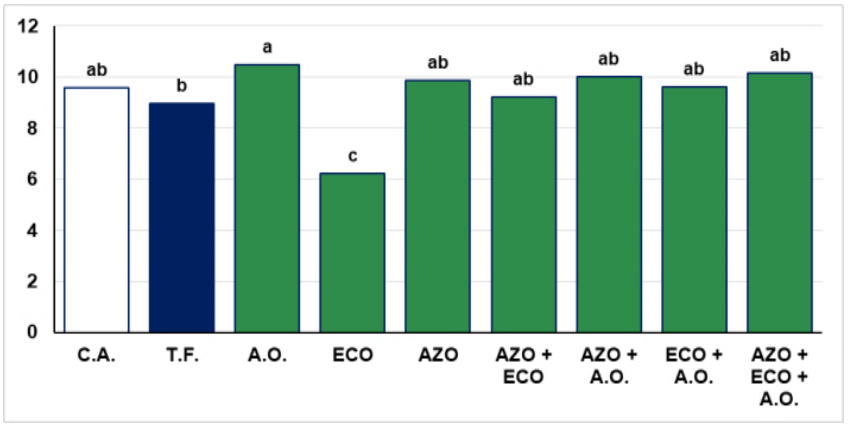


Fig. 1: *PGAF (%) de Hibiscus cannabinus, inoculado con EcoMic® y AZOFERT de forma simple, o combinada, así como con abono orgánico, a los 20 DDS. D.E.: 20,479, p<0,01.*

2.- Índice de eficiencia de la inoculación sobre la base de la PGAF (IEIPGAF, %) (Fig. 1): los tratamientos A.O. (31,88 %), y ECO +A.O. (27,74 %) presentaron los mayores valores porcentuales. Los tratamientos ECO y AZO + ECO + A.O mostraron índices negativos con respecto al C.A. El resto de los tratamientos presentaron índices positivos, pero de menor valor que A.O. y ECO + A.O. El testigo fertilizado fue inferior con respecto a los tratamientos que se destacaron, hecho que indica un efecto superior de los bioproductos y el abono orgánico en la germinación de las semillas de Kenaf. Lobaina *et al*. (2018), al aplicarle diferentes abonos orgánicos a semillas de *Moringa oleífera,* constataron un notable efecto en la germinación de este cultivo, en condiciones de vivero. La presencia de EcoMic® en el tratamiento ECO+A.O. indica un efecto positivo de dicho biofertilizante, lo cual coincide con Noda y Castañeda (2012), quienes consideran que el empleo del EcoMic® como inóculo de las semillas pudiera ser una práctica satisfactoria para obtener buenos porcentajes de emergencia,

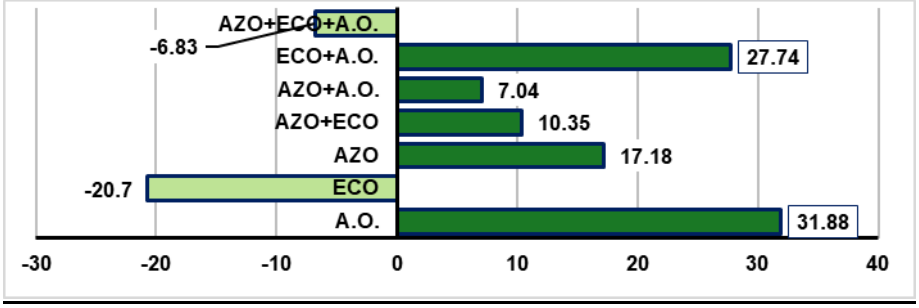


Fig. 2: *Índice de eficiencia de la inoculación sobre la base de la de la GAT (%).*

3.- Tiempo promedio de germinación (TPG, d.) (Fig. 3): el tratamiento ECO (6,22 d.), presentó los valores inferiores ($p<0.001$) con respecto a los demás tratamientos. El tratamiento A.O. (10,49 d.) tuvo valores superiores con respecto al resto de los tratamientos. El menor tiempo que necesitaron las semillas para germinar, lo presentó el tratamiento inoculado con EcoMic, seguido del tratamiento fertilizado. Ballina *et al.* (2017) encontraron que la inoculación de *Glomus intrarradices* en *Tecoma stans* (L.) Juss. ex Kunth, ejerció un efecto negativo en todos los parámetros germinativos, incluyendo el tiempo promedio de germinación.

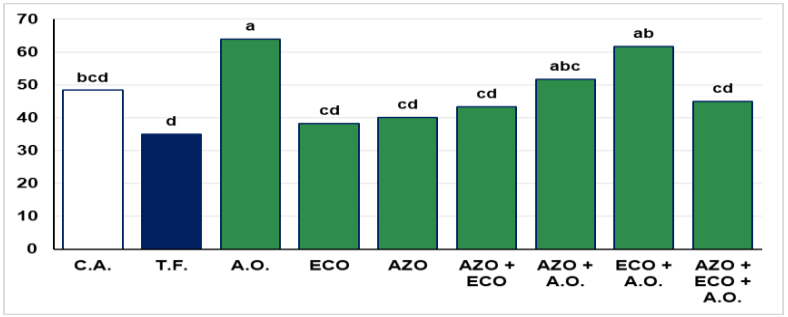


Fig. 3: *TPG (d) de H. cannabinus, inoculado con EcoMic® y AZOFERT de forma simple, o combinada, así como con abono orgánico, a los 20 DDS. D.E.: 2,10195, p<0,001.*

4.- Índice de Velocidad de Germinación (IVG) (Fig. 4): el tratamiento ECO + A.O. (1,43) fue superior ($p<0.01$) a los tratamientos T.F. (0,8), ECO (0,87), AZO (0,87) y a AZO+ECO+A.O. (0,96), mientras que presentó letras iguales al resto de los tratamientos, donde se incluye el control absoluto. Las semillas estuvieron afectadas en la velocidad con que ocurrió el proceso

de germinación, según los tratamientos, pero sin diferencias significativas con respecto al control absoluto. Los tratamientos con valores inferiores, correspondieron a la aplicación simple de EcoMic, o de AZOFERT. Tampoco Laínez (2021) observó incremento de esta variable en comparación con el control, al inocular HMA (diferentes especies) en semillas de *Cucumis melo*.

5.- Contenido de Clorofila (SPADS/planta), 20 DDS (Fig. 5): el tratamiento AZO+ECO+A.O. (68,26 SPADS/planta), fue superior ($p<0.05$) a los tratamientos AZO (65,3 SPADS/planta), C.A. (58,15 SPADS/planta) y al resto de los tratamientos, excepto ECO+A.O. (67,22 SPADS/planta) y AZO+A.O. (68,17 SPADS/planta), con los cuales compartió letras. La eficiencia fisiológica de las plantas es el reflejo del contenido de clorofila, el cual está relacionado estrechamente a la cantidad de nutrientes absorbidos por la planta en el suelo (Dalorima *et al.* 2018). Los consorcios de diferentes bacterias y hongos benéficos, muestran sinergias que promueven la toma de nutrientes, la productividad y el rendimiento de una variedad de cultivos de forma más eficiente que los inoculantes que contienen un solo microorganismo (Singh *et al.*, 2018).

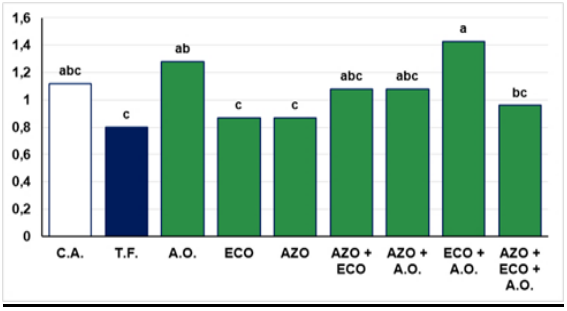


Fig. 4: *IVG de H. cannabinus, inoculado con EcoMic® y AZOFERT de forma simple, o combinada, así como con abono orgánico. D.E.: 0,476031, p<0,05.*

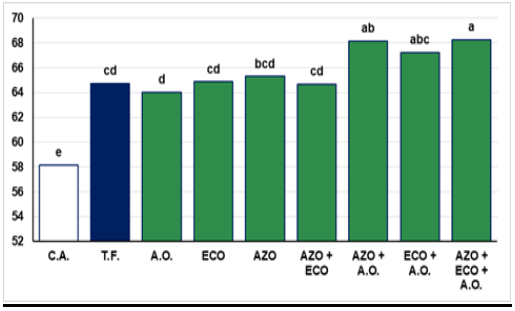


Fig. 5: *CCI (SPADS/planta) de H. cannabinus, inoculado con EcoMic® y AZOFERT de forma simple, o combinada, así como con abono orgánico, a los 20 DDS. D.E.: 5,15766, p<0,0001.*

6.- Longitud del tallo prominente (LTP, cm), 20 DDS (Fig. 6): el tratamiento AZO+ECO+A.O. (6,9 cm), fue superior (p<0.001) al resto de los tratamientos, tanto los tratamientos inoculados, como el control absoluto y el testigo fertilizado. Este resultado demuestra el efecto sinérgico de los tres bioproductos utilizados en esta variable. Las giberelinas son hormonas de crecimiento producida por las PGPR como *Rhizobium meliloti* y otras rizobacterias benéficas, y tienen como función el desarrollo vegetativo de la planta (Ullah *et al.*, 2019). Según Sardiñas *et al.* (2017), la aplicación del estiércol de búfalo con zeolita, propició mayor altura, número de hojas y diámetro de los tallos en Kenaf. Los HMA mejoran la extracción de nutrientes desde el suelo y su eficiencia (Bitterlich y Franken, 2016), lo que trae consigo mayores exportaciones de macro y microelementos, y así incidir positivamente en la longitud del tallo y otras variables.

7.- Longitud de la raíz principal (LRP, cm), 20 DDS (Fig. 7): el tratamiento AZO+ECO+A.O. (7,19 cm), fue superior (p<0.001) al resto, excepto a los tratamientos ECO (6,63 cm) y T.F. (6,26 cm) con los cuales no se observaron diferencias. Algunos grupos bacterianos y los HMA pueden interactuar sinergísticamente para movilizar el PO4 3- del suelo a las raíces de la planta a través de la solubilización o mineralización (Delgado – Álvarez *et al.*, 2022).

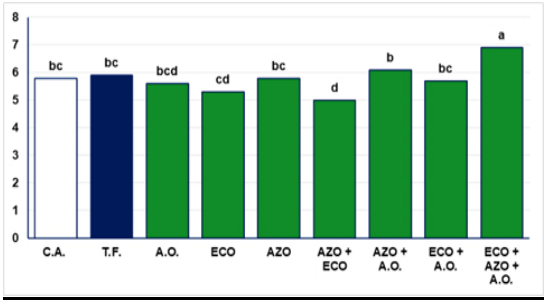


Fig. 6: *LTP (cm) de H. cannabinus, inoculado con EcoMic® y AZOFERT de forma simple, o combinada, así como con abono orgánico. D.E.: 0,900634, p<0,001.*

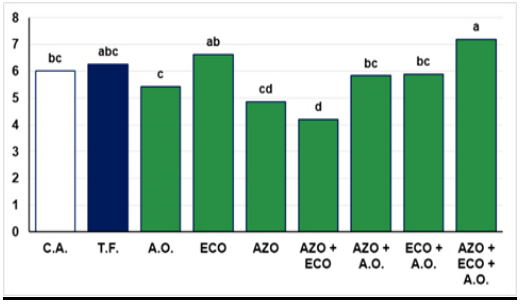


Fig. 7: *LRP (cm) de H. cannabinus, inoculado con EcoMic® y AZOFERT de forma simple, o combinada, así como con abono orgánico, a los 20 D.E.: 1,31851, p<0,001.*

CONCLUSIONES

1. Existió un efecto superior de los bioproductos y el abono orgánico en la germinación de las semillas de Kenaf, con una incidencia notable del abono orgánico.

2. La aplicación simple de EcoMic fue determinante para obtener un menor tiempo de

3. Se demostró el efecto sinérgico de los tres bioproductos en el contenido de clorofila, desarrollo aéreo y radical de las plantas, lo cual puede considerarse una ventaja para el posterior desarrollo en campo y el aumento de la calidad biológica del forraje.

4. El tratamiento AZOFERT+EcoMic+Abono Orgánico, así como Abono Orgánico simple, fueron los tratamientos que mayor incidencia tuvieron en las variables estudiadas.

RECOMENDACIONES

Realizar investigaciones de campo para profundizar en estos estudios y llegar a un resultado aplicable en diferentes condiciones edafoclimáticas.

BIBLIOGRAFÍA

Anon. 2022. Kenaf plant-for better, cleaner & greener world. http://www.kenafibers.com

Ballina, H. S.; Ruiz-Sánchez, E.; Ambriz, E. y Alvarado, C. J. 2017. Efecto de la luz y micorrizas en la germinación de semillas de árboles de selvas secas. Rev. Madera y Bosques. 23(3): 29-37.

Bécquer, C. J.; Puentes, Adelaida B.; Cabrera, Arachely; Hernández, María and Sánchez, Ana. 2021. Effect of the inoculation with beneficial microorganisms on agroproductive variables of *Morus alba*. Cuban J. Agric. Sci. 55(2): 1-15.

Bitterlich, M. & Franken, P. 2016. Connecting polyphosphate translocation and hyphal water transport points to a key of mycorrhizal functioning. New Phytol. 211:1147–1149.

Dalorima T, Khandaker MM, Zakaria AJ, Hasbullah M. 2018. Impact of organic fertilizations in improving BRIS soil conditions and growth of watermelon (*Citrullus lanatus*). Bulgarian Journal of Agricultural Science, 24(1), 112–118.

Delgado-Álvarez, Anicel; Martín-Alonso, Gloria M.; Rivera-Espinosa, R. A. 2022.Beneficios de la coinoculación de Hongos Micorrizógenos Arbusculares y rizobios en el cultivo del frijol. Cultivos Tropicales, 43 (3): 1-13. e-ISSN: 1819-4087, p-ISSN: 0258-5936. https://ediciones.inca.edu.cu

Hanumegowda, S.; Srinivasa, C.; Shivaiah, A.; Venkatappa, M.; Hanumanthappa, R.; Rangappa, R.; Laxmaiah, R.; Gonchigar, S.; Sannaningaiah, D. 2022. Protein extract of kenaf seed exhibits anticoagulant, antiplatelet and antioxidant activities. Asian Pac. J. Trop. Biomed. 12: 47–58..

Hemati, Arash; Shafea, Leila; Lajayer, Behnam Asgari; Ghorbanpour, Mansour and Astatkie, Tess. 2023.An overview of bacterial bio-fertilizers function on soil fertility under abiotic stresses. In: Plant Stress Mitigators Types, Techniques and Functions. Mansour Ghorbanpour and Muhammad Adnan Shahid (Eds). 2023. Elsevier Inc. DOI: https://doi.org/10.1016/B978-0-323-89871-3.00006-9.

Laínez, Paola Esther. 2021.Efecto de dos bioestimulantes en la producción de mudas de melón (*Cucumis melo*). Trabajo de Integración Curricular para la obtención del título de Ingeniera Agrónoma. Universidad Estatal de Santa Elena, Ecuador. 46 p.

Lee, C. H.; Khalina, A.; Nurazzi, N. M.; Norli, A.; Harussani, M. M.; Rafiqah, S.; Aisyah, H. A.; Ramli, N. 2021. The challenges and future perspective of woven kenaf reinforcement in thermoset polymer composites in Malaysia: a review. Polymers (Basel) 13:1390.

Lobaina, B. J., Dos Santos, A., & Fernández Leyva, J.R. 2018. Alternativa de sustratos orgánicos para la producción de plántulas de moringa en zona semi árida de Angola. Revista Científica Agroecosistemas. 6(1): 87-94.

Munch, J. C. and Velthof, G. L. 2007. Denitrification and Agriculture. Chapter 21. In: Biology of the Nitrogen Cycle. https://doi.org/10.1016/B978-044452857-5.50022-9 Pp 331-341.

Ngah, N.; Hashim, F. S. N.; Rozali, A..; Sajili, M. H.; Abdullah, T. A.; Zakaria, A. J.; Mohamed, S.; Yahaya, M. N.; Mokhtar, K. 2021.Effects of Biochar and organic fertilizer on the Kenaf (*Hibiscus cannabinus*) growth and control of root knot Nematode. Bioscience Research. 18(SI-2): 186-193.

Noda, Yolai y Castañeda, Lisset. 2012. Efecto de EcoMic® en la emergencia de plántulas de *Jatropha curcas* (Nota Técnica). Rev. Pastos y Forrajes. 35(4): 401-406.

Plana, R. R.; González, P. J. and Soto, F. 2016. Combined use of EcoMic®, Fitomas-E® and mineral fertilizers in the forage production of animal food based in triticale (*x. Triticosecale* Wittmack), cv. INCA TT-7. Cultivos Tropicales. 37(4): 76-83.

Santillana, N., Zúñiga, D., Arellano, C. 2012. Capacidad promotora del crecimiento en cebada (*Hordeum vulgare*) y potencial antagónico de *Rhizobium leguminosarum* y *Rhizobium etli*. Agrociencia Uruguay. 16(2):11-17.

Sardiñas Y.; García-López, R.; Crespo, G.; Herrera, M. y Fraga, N. 2017. Comportamiento productivo del kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) cv. Vinkat-3 con fertilización órgano mineral. Livestock Research for Rural Development. Volume 29, Article #174. A from http://www.lrrd.org/lrrd29/9/espa29174.html 2017.

Singh, A., Thakur, A., Sharma, S., Gill, P.P.S., and Kalia, A. 2018. Bio-inoculants enhance growth, nutrient uptake, and buddability of citrus plants under protected nursery conditions. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 49(20): 2571-2586.

Ullah, A., Nisar, M., Ali, H., Hazrat, A., Hayat, K., Keerio, A. A., Ihsan, M., Laiq, M., Ullah, S., Fahad, S., Khan, A., Khan, A. H., Akbar, A., & Yang, X. 2019. Drought tolerance improvement in plants: An endophytic bacterial approach. Applied Microbiology and Biotechnology, 103(18): 7.385-7.397.

Vinent, E. 1993. Kenaf: el oro verde. Vinkat-3, una nueva variedad cubana de alto valor nutritivo para la alimentación animal y producción de aceite, La Habana, Estación Experimental Papa y Fibras, 67 pp.

BMA-59. Calidad de las semillas de *Leucaena leucocephala* L. bajo el efecto de diferentes bioproductos.

Quality of *Leucaena leucocephala* L. seeds under the effect of different bioproducts.

I. Revuelta Oramas[*]*; D. Domínguez Ortega; W. Ramírez Suárez; S. Sánchez Cárdenas; P. L. Mayoz Vegas; K. Hernández Pérez Corcho; A. Hernández Mijango; I. Castañeda Pimienta; R. Catalá Matías e Y. M. Fernández Moreno.*

Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey", Universidad de Matanzas, Ministerio de Educación Superior. Central España Republicana, CP 44280, Matanzas. Cuba.

[*]Correspondencia a: ismaray.revuelta@ihatuey.cu

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de diferentes bioproductos sobre la germinación y vigor de las semillas de *leucaena leucocephala* L. El estudio se realizó en el Laboratorio de Análisis de Semillas de la Estación Experimental de Pastos y Forrajes *Indio Hatuey* (EEPFIH), durante el mes de mayo del año 2025. Se utilizó semillas de *Leucaena leucocephala* L. procedentes (EEPFIH) cosechadas en el año 2023. Se empleó un diseño experimental completamente aleatorizado. Se tomaron 5 tratamientos con 4 réplicas de 25 semillas para un total de 100 semillas por tratamientos. Las 500 semillas fueron escarificadas con corte de cubierta para eliminar la latencia física que presenta esta especie. Los tratamientos fueron: 1) semillas sin tratar o control, 2) semillas inoculadas en IHPLUS® BF, 3) semillas inoculas con EcoMic®, 4) semillas inoculadas en Azofert® y 5) semillas inoculadas con IHPLUS® BF+ Azofert®+ EcoMic®. Se determinó el porcentaje y la velocidad de germinación de las semillas y el vigor de las plántulas. En cuanto al comportamiento de la germinación no hubo diferencias significativas entre los tratamientos, pero sí un mejor porcentaje en las semillas inoculadas con IHPLUS® BF (82%); el mayor índice de velocidad de germinación lo tuvieron las semillas inoculadas en IHPLUS® BF (4,1) y las plántulas más vigorosas fueron aquellas cuyas semillas fueron inoculadas en Azofert®. Se concluye de manera general que el uso de biofertilizantes en la agricultura constituye una alternativa para asegurar la calidad y productividad de las semillas de cultivos de interés agrícolas.

Palabras clave: *biofertilizante, germinación, vigor, plántula, latencia.*

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the effect of different bioproducts on the germination and vigor of Leucaena leucocephala L. seeds. The study was conducted at the Seed Analysis Laboratory of the Indio Hatuey Pastures and Forages Experimental Station (EEPFIH) in May 2025. Seeds of Leucaena leucocephala L. from EEPFIH, harvested in 2023, were used. A completely randomized experimental design was employed. Five treatments with four replicates of 25 seeds each were used, totaling 100 seeds per treatment. The 500 seeds were scarified by seed coat cutting to eliminate the physical dormancy present in this species. The treatments were: 1) untreated seeds (control), 2) seeds inoculated with IHPLUS® BF, 3) seeds inoculated with EcoMic®, 4) seeds inoculated with Azofert®, and 5) seeds inoculated with IHPLUS® BF + Azofert® + EcoMic®. The percentage and speed of seed germination, as well as seedling vigor, were determined. Regarding germination performance, there were no significant differences between treatments, but the highest germination percentage was observed in seeds inoculated with IHPLUS® BF (82%); the highest germination speed index was found in seeds inoculated with IHPLUS® BF (4.1), and the most vigorous seedlings were those from seeds inoculated with Azofert®. In general, it is concluded that the use of biofertilizers in agriculture constitutes an alternative to ensure the quality and productivity of seeds of agricultural interest.

Keywords: *biofertilizer, germination, vigor, seedling, dormancy.*

INTRODUCCIÓN

Las leguminosas se encuentran ampliamente distribuidas en todo el mundo y juegan un papel muy importante en la agricultura y en la fertilización de los suelos. Las plantas forrajeras han tomado auge dentro de los sistemas de producción, especialmente las arbustivas, debido a su gran diversidad, control de erosión, reforestación, producción de madera y derivados, como árbol de sombra, fertilización orgánica, como alimento para aves y cultivo de cobertura como: *Albizia lebbeck, Albiziz samar, Cassia grandis, Erythina indica, Leucaena leucocephala, Prosopis juliflora* (Milera-Rodríguez *et al.,* 2019). Tienen gran habilidad para fijar nitrógeno del aire, y son una fuente altamente productiva y de excelente calidad alimenticia para el ganado. Las mismas cumplen funciones de gran relevancia agroecológica en los sistemas silvopastoriles (SSP), ya que mejoran la calidad de la dieta animal y aportan nitrógeno al sistema, lo que implica una ventaja desde el punto de vista biológico y económico. De ahí el interés de asegurar el establecimiento de estas especies en los sistemas (Ruiz *et al*., 2018)



Entre las leguminosas más utilizadas en los SSP se encuentra *Leucaena leucocephala*, debido al contenido de proteína cruda de su follaje, a su capacidad de rebrotar después de la poda o el ramoneo y de restablecerse rápidamente del estrés biótico o el abiótico. La leucaena posee alto valor nutritivo, conformado por 25,9% de proteína cruda, 22,4% de proteína verdadera, 75,9% de digestibilidad de la materia orgánica, 2,4% de calcio, 0,23% de fósforo, entre otros (Sánchez y Ramírez, 2006). Adicionalmente, tiene buen rendimiento de materia seca, y composición bromatológica aceptable. Esta leguminosa con 10 y 12 kg/ha^{-1} de semillas ha logrado una producción que fluctúa entre 7 y 14 ton/ha^{-1}/año^{-1} sin riego, y entre 12 y 19 ton/ha^{-1}/año^{-1} de materia seca con irrigación.; sin embargo, esta especie presenta dificultades para su establecimiento debido a la latencia de sus semillas (Barrera-Fontanet *et al.,* 2024).

En la actualidad, el uso de los biofertilizantes constituye una práctica común en la agricultura para reducir el período de establecimiento de los cultivos y, a su vez, mejorar la productividad; entre los más utilizados para este fin se encuentran el Azofert®, el EcoMic®, el Pectimorf®, el IHPLUS® BF, el QuitoMax® entre otros.

El Azofert® es un biopreparado a base de cepas de rizobios, que ejercen efecto beneficioso en la fijación biológica del nitrógeno (Torres-Rodríguez *et al.,* 2018). El producto IHPLUS®BF producido por la Estación Experimental de Pastos y Forrajes *Indio Hatuey*, a base de microorganismos eficientes, constituye un biofertilizante de amplia aplicación en el campo de la agricultura (Calero, *et al.,* 2019). El EcoMic® es un inoculante desarrollado en el INCA (Rivera *et al*., 2023) es simple a base de cepas eficientes de HMA que además son generalistas con las especies vegetales.

La calidad de las semillas de *Leucaena leucocephala* constituye la garantía de las futuras siembras de las áreas ganaderas de Cuba; de ella depende, de cierta medida, la utilización de esta importante fuente de alimentación proteica animal y su propagación por el país. Es por ello que el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de diferentes bioproductos sobre la germinación y vigor de las semillas de *leucaena leucocephala* L.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el Laboratorio de Análisis de Semillas de la Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey (EEPFIH), ubicada en Central España Republicana, municipio Perico, provincia Matanzas, durante el mes de mayo del año 2025. Se utilizó semillas de *Leucaena leucocephala* L. procedentes de la Estación Experimental de Pastos y Forrajes *Indio Hatuey* (EEPFIH) cosechadas en el año 2023 y almacenadas en condiciones al ambiente. Se empleó un diseño experimental completamente aleatorizado. Se tomaron 5 tratamientos con 4 réplicas de 25 semillas para un total de 100 semillas por tratamientos. Las 500 semillas fueron escarificadas con corte de cubierta para eliminar la latencia física que presenta esta especie.

Los tratamientos fueron: 1) semillas sin tratar o control, 2) semillas inoculadas en IHPLUS® BF, 3) semillas inoculas con EcoMic®, 4) semillas inoculadas en Azofert® y 5) semillas inoculadas con IHPLUS® BF+ Azofert®+ EcoMic®.

Para el tratamiento 2 las semillas fueron inoculadas en la solución de IHPLUS® BF al 2% por 24 horas (Sánchez-Cárdenas *et al*., 2023), las del tratamiento 3 se realizó vía recubrimiento las semillas; para esto se preparó una mezcla de una cantidad de inóculo sólido equivalente al 10% del peso de las semillas (Ojeda *et al*., 2018), mientras que las semillas del tratamiento 4 se sumergieron en 2 ml de Azofert® por 20 min (Martínez-González, *et al.,* 2016) y para el tratamiento 5 se realizó una mescla con los tres biofertilizantes. Para todos los tratamientos después de aplicar los productos en las semillas se colocaron en papel adsorbente a ventilar al aire libre unos minutos antes de montar la prueba de germinación.

Test de germinación

Para realizar el test de germinación se empleó la metodología de la Asociación Internacional de Análisis de Semillas (ISTA). Se empleó la técnica sobre papel, que consiste en colocar dos papeles de filtro en cada gerbox y humedecerlo con 10 mL de agua destilada, se emplearon 4 réplicas con 25 semillas cada una por tratamiento, para un total de 100 semillas por tratamiento. Las gerbox fueron colocadas en la meseta del laboratorio a TPA (temperatura ambiente).

Se realizó diariamente el conteo de semillas germinadas, no germinadas y podridas, tomándose como criterio de semilla germinada aquella que emite la radícula. Con estos datos se determinó el porcentaje de germinación mediante la fórmula: %germinación= (semillas germinadas/total de semillas) x 100 y la velocidad de germinación mediante la fórmula: IVG=Σ(ni/ti) donde IVG-índice de velocidad de germinación, ni-número de semillas germinadas y ti-tiempo necesario para alcanzar el mayor porcentaje de germinación.

Vigor de plántulas

A los 15 días de colocadas las semillas a germinar, se tomaron 5 plántulas por cada réplica de cada tratamiento transcurrido el correspondiente tiempo de pregerminación y se les realizaron las mediciones: longitud de hipocótilo (cm) y longitud de radícula (cm). Con estos datos se determinó el índice de vigor mediante la fórmula IV = (Crecimiento de hipocótilo + Crecimiento de radícula) x Porcentaje de germinación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Germinación

En cuanto al comportamiento de la germinación no hubo diferencias significativas entre los tratamientos (figura 1). Donde el T5 (semillas inoculadas con IHPLUS® BF+ Azofert®+ EcoMic®) mostró el porcentaje de germinación más bajo en comparación con el T2 (semillas inoculadas con IHPLUS® BF) para un 61 y un 82% respectivamente.

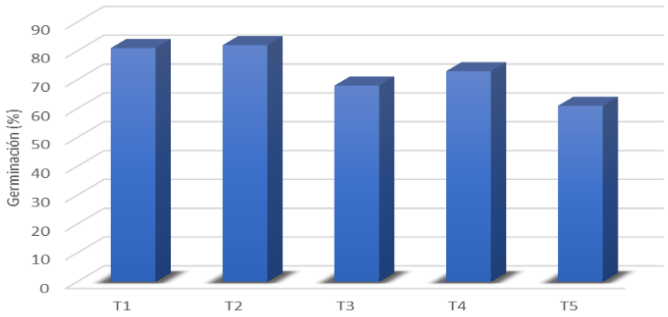


Figura 1. *Efecto de diferentes bioproductos sobre la germinación de las semillas de Leucaena leucocephala L. Medias de tratamientos, no difieren significativamente con p<0,05 según Duncan.*

Álvarez (2006) señalan que las semillas con germinación superior a 80% pueden clasificarse como de alta germinación, entre 60 y 80% como germinación media, y menores de 60% como baja germinación. Por lo que a pesar de ser semillas envejecidas (del año 2023) y de no presentar diferencias estadísticamente significativas se puede lograr resultados medios de la germinación con la aplicación de estos bioproductos.

Índice de velocidad de germinación

Respecto al índice de velocidad de germinación (figura 2) se observa diferencias significativas en cuanto al promedio de días del total de semillas germinadas. Las semillas que presentaron el promedio de germinación más rápida fueron las inoculadas en IHPLUS® BF con 4,1 días.

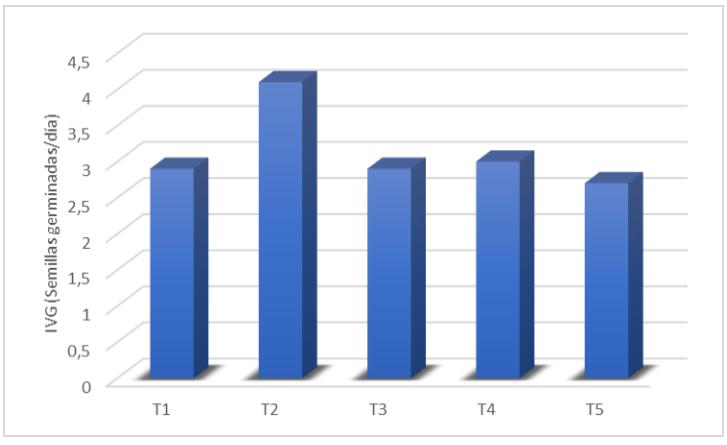


Figura 2. *Efecto de diferentes bioproducto sobre el índice de velocidad de germinación de las semillas de Leucaena leucocephala L. Medias de tratamientos, difieren significativamente con p<0,05 según Duncan.*

En la figura 3 se puede obtener una mejor observación en cuanto a la sinergia del porcentaje de germinación y el índice de velocidad de germinación. En la curva se destaca el T2 ya que pudo estar relacionado con lo expuesto por Díaz-Rodríguez, *et al.* (2020) afirmando que los micoorganismos facilita la entrada a las semillas de sustancias reguladoras del crecimiento como auxinas, citoquininas y giberelinas mediante el proceso de imbibición. Estos compuestos estimulan procesos como la división y el alargamiento celular que permiten el crecimiento de las diferentes estructuras vegetales.

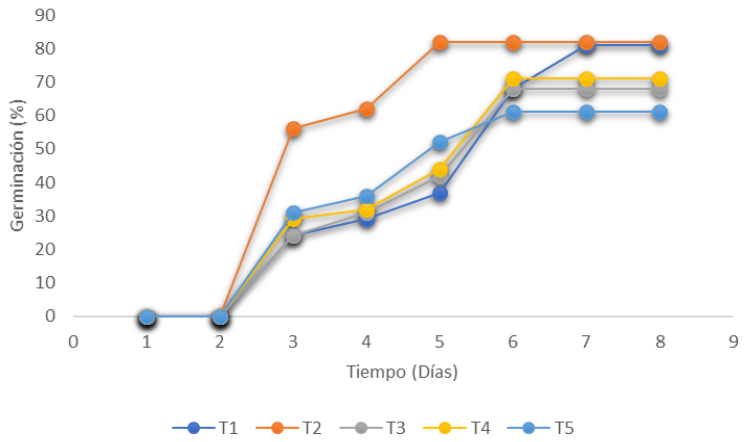


Figura 3. *Comportamiento entre porcentaje de germinación y IVG en semillas de Leucaena leucocephala L. bajo diferentes bioproductos.*

Longitud de hipocótilo y radícula

En la figura 4 no se observa diferencias significativas para los tratamientos con respecto a la longitud del hipocótilo, aunque para la longitud de la radícula no tuvo igual comportamiento ya que a diferencia de los anteriores resultados el T4 (semillas inoculadas en Azofert®) es la que alcanza los mejores resultados difiriendo al T2 y T1 para un 10,2 cm; 5,75 cm y 6,08 cm respectivamente.

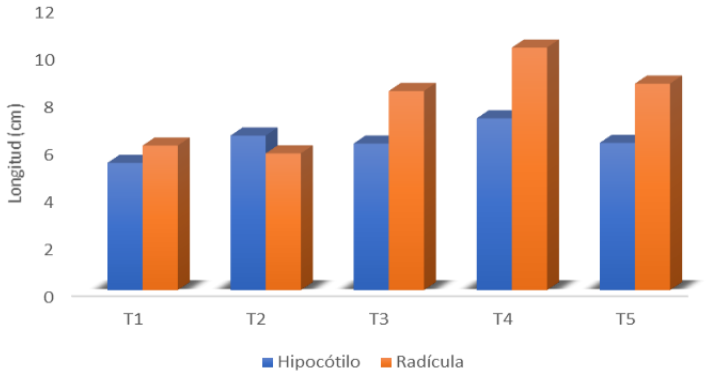


Figura 4. *Efecto de diferentes bioproducto sobre la longitud del hipocótilo y la radícula en las plántulas de Leucaena leucocephala L. Medias de tratamientos, difieren significativamente con p<0,05 según Duncan.*

Estos resultados se deben a que la presencia de rhizobium estimuló significativamente la elongación de la radícula igual comportamiento obtuvieron Martínez-González *et al.*,2016. Con respecto a la longitud del hipocótilo se debe a la presencia de auxina (que poseen la capacidad de sintetizar estas hormonas) que son producidas de una manera u otra por estos biofertilizantes.

Lencinas *et al.*, (2020) plantean que la promoción del crecimiento de la radícula y del hipocótilo en los primeros estadios del crecimiento podría conferirle una ventaja a la plántula en una etapa crítica de su desarrollo.

Índice de vigor de plántulas

El concepto calidad de la semilla, además de estar relacionado con la respuesta germinativa, también implica aspectos genéticos, fisiológicos y morfológicos (Navarro *et al.*, 2015), por lo que la prueba de germinación no es suficiente para expresar el grado de calidad de las simientes. El vigor no es una característica simple y aislada del comportamiento general de una simiente, sino que es la interacción de aquellas propiedades bióticas y abióticas, que influyen en las semillas y que determinan el nivel de actividad y el comportamiento de las mismas en el tiempo.

En el estudio los índices de vigor de las plántulas (figura 5) obtuvieron diferencia significativa entre los tratamientos ya que aunque en los T1, T2 y T3 tuviero igual comportamiento se alcanzo un alto valor en el T4 (1272) que difirio al T5 que solo alcanso un 907,23.

Se debe a que el Azofert® es un biofertilizante a base de bacterias diazotróficas denominadas rizobios que pueden producir lectinas, etileno, auxinas, citoquininas, giberelinas, poliaminas, sideróforos, entre otros que permiten promover la germinación (Morales-Mena *et al.*, 2023).

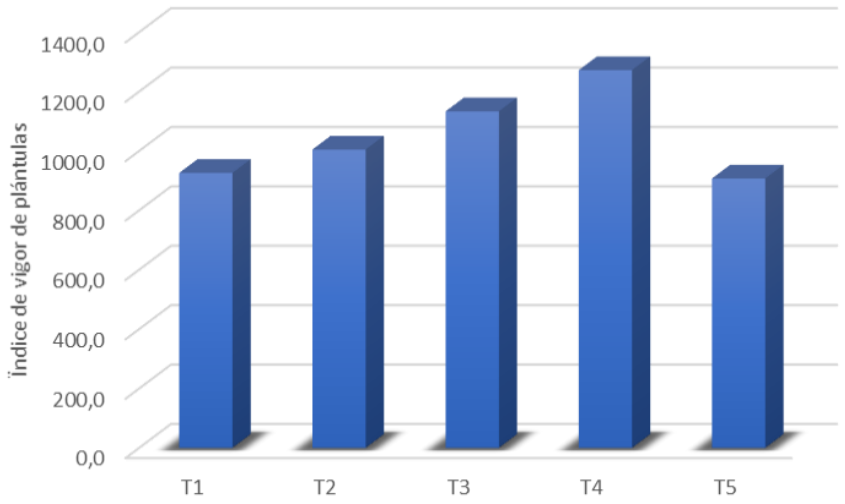


Figura 5. *Efecto de diferentes bioproducto sobre índice de vigor en plántulas de Leucaena leucocephala L. Medias de tratamientos, difieren significativamente con p<0,05 según Duncan.*

CONCLUSIONES

El comportamiento de la germinación en las semillas envejecidas de *Leucaena leucocephala* L. con la aplicación de estos biofertilizantes fue favorable ya que no la inhibieron, pero el IHPLUS®BF obtuvo los mejores resultados. En cuanto al vigor se destacó el Azofert® alcanzando los más altos valores. De manera general el uso de biofertilizantes en la agricultura constituye una alternativa para asegurar la calidad y productividad de las semillas de cultivos de interés agrícolas.

BIBLIOGRAFÍA

Barrera-Fontanet, Marta; Martínez-Ramírez, Rigoberto; Zuaznábar-Zuaznábar, Rafael & Rodríguez-Tassé, Dailín. 2024. Distribución temporal de leucaena leucocephala (Lam) de Wit en los cañaverales de Cuba. Revista Ingeniera Agrícola 14 (1), 1-6.

Calero, H.A.; Quintero, R.E.; Pérez, D.Y.; Olivera, V.D.; Peña, C.K. & Jiménez, H.J. 2019. Efecto entre microorganismos eficientes y Fitomas-E en el incremento agroproductivo del frijol. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, 17(1), 25-33.

Díaz-Rodríguez, A.; Abreu-Romero, Arleis; Urgellés-Cardoza, Irliadis & Abreu-Romero, Noryaisis. 2020. Producción artesanal y aplicación de microorganismos eficientes en el contexto agrícola cubano. Centro de desarrollo de la Montaña. (CDM). Proyecto Redes para una Agricultura Resiliente, RedAR.

Jiménez-Arteaga, María Caridad; González-Gómez, Luis Gustavo; Verdecia-Corría, Ana Julia & Oliva-Lahera, Anabel. 2020. Respuesta de Phaseolus vulgaris a la aplicación de Azofert-F, Micorriza y QuitoMax a la semilla, en dos períodos de siembra. Centro Agrícola, 47(1), 22-27.

Lencinas, M. G., V. M. Pesce; C. B. Flores; F. Vazquez & M. C. Nally. 2020. Evaluación del efecto de las levaduras vitivinícolas biofungicidas sobre la germinación de semillas y crecimiento de plántulas de lechugas (Lactuca sativa L.) in vitro. Análisis de fitotoxicidad. Terra Latinoamericana Número Especial 38-3: 715-724.



Martínez-González, Lisbel; Reyes-Guerrero, Yanelis; Falcón-Rodríguez, Alejandro; Nápoles-García, María C. & Núñez Vásquez, María de la C. 2016. Efecto de productos bioactivos en plantas de frijol (Phaseolus vulgaris L.) biofertilizadas. Cultivos Tropicales, 37(3):165-171.

Milera-Rodríguez, M. D. L. C.; Machado-Martínez, R. L., Alonso-Amaro, O.; Hernández- Chávez, M. B. & Sánchez-Cárdenas, S. 2019. Pastoreo racional intensivo como alternativa para una ganadería baja en emisiones. Pastos y Forrajes. 42. (1): 3-12.

Morales-Menas, Belkis; Hernández-Forte, Ionel & Nápoles-García, María Caridad. 2023. Estabilidad microbiológica de los biofertilizantes Azofert®-F y Azofert®-S. Cultivos Tropicales, Instituto nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), 44(3).

Navarro, Marlen; Febles, G & herrera, R.S. 2015. Vigor: essential element for seed quality. Cuban Journal of Agricultural Science, 49(4), 447-458.

Ojeda, LJ; González, PJ; Rivera, R; Furrazola, E; de la Rosa, JJ; Hernández, ME; Rodríguez, YI & Hernández, C. 2018. Inoculación de Canavalia ensiformis con hongos micorrízico arbusculares en la fase de establecimiento. Pastos y Forrajes,41(3):189-195.

Rivera, R; González, PJ; Ruiz, L; Martin, G. & Cabrera, A. 2023. Strategic Combination of Mycorrhizal Inoculants, Fertilizers and Green Manures Improve Crop Productivity. Review of Cuban Research. In Qiang-Sheng, W; Ying-Ning, Z; Yue-Jun, H; Nong Zhou (eds.). "New Research on Mycorrhizal Fungus". Nova Publishers, USA. p. 55-112.

Ruiz, T.E., Alonso, J., Valenciaga, Nurys, Febles, G., Lok, Sandra, Galindo, Juana, Díaz, H., & López, A. 2018. Relación entre el manejo y la leucaena (Leucaena leucocephala) para evitar que se convierta en planta invasora. Cuban Journal of Agricultural Science, 52(1), 87-96.

Sánchez-Cárdenas, Saray; Vázquez-Martínez, Joisel Lázaro; Domínguez-Ortega, Dayara; Revuelta-Oramas, Ismaray; Wencomo-Cárdenas, Hilda Beatriz; Hernández-Mijangos, Amado Miguel & Lascaiba-Espinosa, Dayana. 2023. Efecto de la inoculación de semillas de Leucaena leucocephala (Lam) de Witt cv. Cunningham con IHPLUS® BF en etapas de vivero. Pastos y Forrajes, Vol. 46,5.

Sánchez-Paz, Y. & Ramírez-Villalobos, M. 2006. Tratamientos pregerminativos en semillas de Leucaena leucocephala (Lam.) de Wit. y Prosopis juliflora (Sw.) DC. Revista de la Facultad de Agronomía, 23(3), 257-272.

Torres-Rodríguez, Juan Antonio; Reyes-Pérez, Juan José; Gonzáles-Gómez, Luis Gustavo; Jiménez-Pizarro, María; Boicet-Fabre, Tony; Enríquez-Acosta, Emmanuel Alexander; Rodríguez-Pedroso, Aida Tania; Ramírez-Arrebato, Miguel Ángel & Gonzáles-Rodríguez, Jhonn Chistopher. 2018. Respuesta agronómica de dos variedades de maíz blanco (Zeas mays, L.) a la aplicación de QuitoMax, Azofert y EcoMic. Biotecnia, Universidad de Sonora. México, vol.20, núm. 1, pp.3-7.

BMA-60. Efecto de la pregerminación de semillas de maíz (*Zea mays* L.) en el bioproducto Caldo Sulfocálcico sobre la germinación de semillas y vigor de plántulas

Effect of pregermination of corn seeds (*Zea mays* L.) in the bioproduct Sulfocalcium Broth on seed germination and seedling vigor

D. Domínguez Ortega[*]*; S. Sánchez Cárdenas; I. Revuelta Oramas; P.L. Mayoz Vega; K. Hernández Pérez Corcho; D. Lascaiba Espinosa; A. M. Hernández Mijangos*

Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey", Matanzas, Cuba

[*]Correspondencia a: dayara@ihatuey.cu

RESUMEN

Maize is a crop of great nutritional, social, and economic importance globally. The use of high-quality seeds is a fundamental factor for the success of many agricultural enterprises and seed banks that contribute to the conservation of essential germplasm for agriculture. The use of bioproducts has been proposed as a promising approach to improve seed germination and seedling establishment in a sustainable manner. Therefore, the objective of this study was to evaluate the effect of pre-germination of maize (*Zea mays* L.) seeds in the bioproduct Sulfocalcium Broth on germination and seedling vigor. The research was conducted in the Seed Analysis Laboratory of the Experimental Station of Pasture and Forage *Indio Hatuey*. A completely randomized experimental design was used, with 5 treatments (a pre-germination control of the seeds in water and four doses of Sulfocalcium Broth: 0.25%, 0.50%, 0.75% and 1.00%) and 4 replicates of 25 seeds for a total of 100 seeds per treatment. It was concluded that pre-germination of corn seeds in Sulfocalcium Broth has no significant effect on their germination percentage, however, it increases their germination speed, as well as the vigor of the seedlings.

Keywords: *doses, crop, laboratory, análisis, treatments.*

Palabras clave*: dosis, cultivo, laboratorio, análisis, tratamientos*.

INTRODUCCIÓN

El maíz es un cultivo de gran importancia alimentaria, social y económica a nivel global. Actualmente es el cereal líder en términos de volumen de producción y está destinado a convertirse en el rubro agrícola más cultivado y comercializado en la próxima década. Así, se ha estimado que para 2030 superará al trigo como el cultivo con mayor superficie de siembra (Erenstein *et al*., 2021; Erenstein *et al*., 2022).

La calidad fisiológica de las semillas, por lo general, es definida según su capacidad de germinación, vigor, viabilidad y longevidad, parámetros que influyen en el desempeño de la semilla en condiciones de campo y almacenamiento (Costa *et al*., 2021). El uso de semillas de alta calidad fisiológica es un factor fundamental para el éxito de muchas empresas agrícolas y bancos de semillas que ayudan a la conservación del germoplasma esencial para la agricultura. Además, contribuye al retorno económico deseado por los productores y al cumplimiento de las crecientes demandas en la producción agropecuaria y agroindustrial (Whitehouse *et al*., 2020; Costa *et al*., 2021).

El uso de bioproductos se ha propuesto como un enfoque prometedor para mejorar la germinación de semillas y el establecimiento de plántulas de manera sostenible (Gupta *et al*., 2022). Algunos bioproductos pueden usarse para aumentar la eficiencia metabólica y así mejorar la germinación en diferentes plantas. El efecto de los bioproductos a menudo depende la concentración y la especie de planta (Makhaye *et al*., 2021). Los bioproductos tienen el potencial de liberar la latencia y mejorar la germinación de semillas de muchas especies de plantas al alterar los procesos fisiológicos en las semillas, incluso bajo estrés abiótico (Gupta *et al*., 2022). Sin embargo, el uso de bioproductos como favorecedores de los procesos de germinación y calidad de plántulas de maíz es reciente en muchos países, pero a nivel local la información disponible es limitada, más aún en variedades locales de libre polinización, donde en general provienen de semilla reciclada y almacenada siguiendo métodos tradicionales, por lo que existe la necesidad de desarrollar este tipo de bioensayos a fin de probar la eficacia de los bioproductos para potenciar la germinación de semillas y el crecimiento temprano de plántulas (Cargua Chávez *et al*., 2023).

Objetivo: Evaluar el efecto de la pregerminación de semillas de maíz (*Zea mays* L.) en el bioproducto Caldo Sulfocálcico sobre su germinación y vigor de plántulas.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el Laboratorio de Análisis de Semillas de la Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, ubicada en Central España Republicana, municipio Perico, provincia Matanzas, durante el mes de mayo del año 2024. Se empleó un diseño experimental completamente aleatorizado. Se emplearon 5 tratamientos con 4 réplicas cada uno:

Tratamiento 1 Control (Semillas remojadas en agua)

Tratamiento 2 Semillas embebidas en Caldo Sulfocálcico (0,25%)

Tratamiento 3 Semillas embebidas en Caldo Sulfocálcico (0,50%)

Tratamiento 4 Semillas embebidas en Caldo Sulfocálcico (0,75%)

Tratamiento 5 Semillas embebidas en Caldo Sulfocálcico (1,00%)

Pregerminación de semillas

Se colocaron las semillas en los gerbox y se embebieron en 20 mL de cada solución. Transcurrido el tiempo de pregerminación de 4 horas se realizó el montaje del test de germinación.

Test de germinación

Para realizar el test de germinación se empleó la metodología de la Asociación Internacional de Análisis de Semillas (ISTA). Se empleó la técnica sobre papel, que consiste en colocar dos papeles de filtro en cada gerbox y humedecerlo con 10 mL de cada solución, se emplearon 4 réplicas con 25 semillas cada una por tratamiento, para un total de 100 semillas por tratamiento. Las gerbox fueron colocadas en la meseta del laboratorio a TPA.

Se determinó diariamente el número de semillas germinadas, no germinadas y podridas, tomándose como criterio de semilla germinada aquella que emite la radícula. Con estos datos se determinó el porcentaje de germinación mediante la fórmula: %germinación= (semillas germinadas/total de semillas) x 100 y la velocidad de germinación mediante la fórmula: IVG=Σ(ni/ti) donde IVG-índice de velocidad de germinación, ni-número de semillas germinadas y ti-tiempo necesario para alcanzar el mayor porcentaje de germinación.

Vigor de plántulas

A los 14 días de colocadas las semillas a germinar, se tomaron 5 plántulas por cada réplica de cada tratamiento y se les realizaron las mediciones: longitud de hipocótilo (cm) y longitud de radícula (cm). Con estos datos se determinó el índice de vigor mediante la fórmula IV = (Crecimiento de hipocótilo + Crecimiento de radícula) x Porcentaje de germinación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Germinación de semillas

Porcentaje de germinación

La mayoría de las semillas de maíz pregerminadas con las diferentes dosis de Caldo Sulfocálcico alcanzaron el máximo porcentaje de germinación, coincidiendo con el tratamiento control, lo cual indica que la dosis de Caldo Sulfocálcico no tuvo una influencia significativa en este factor de calidad del lote de semillas.

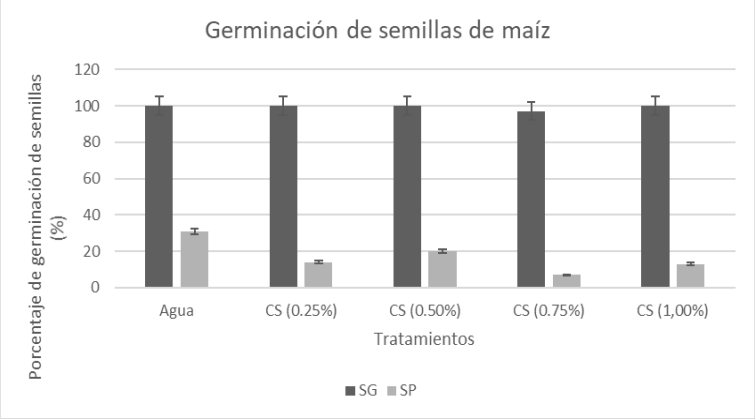


Figura 1. *Porcentaje de germinación de semillas de maíz pregerminadas con diferentes dosis de Caldo Sulfocálcico*

Índice de velocidad de germinación

La dosis de Caldo Sulfocálcico tuvo una influencia significativa en la velocidad de germinación de las semillas, siendo mayor en las semillas pregerminadas con Caldo Sulfocálcico al 0,50%; 0,75% y 1,00%, lo cual indica que las dosis más altas disminuyeron el tiempo necesario para que las semillas alcanzaran el máximo porcentaje de germinación, difiriendo del tratamiento control y la dosis mínima de pregerminación en Caldo Sulfocálcico.

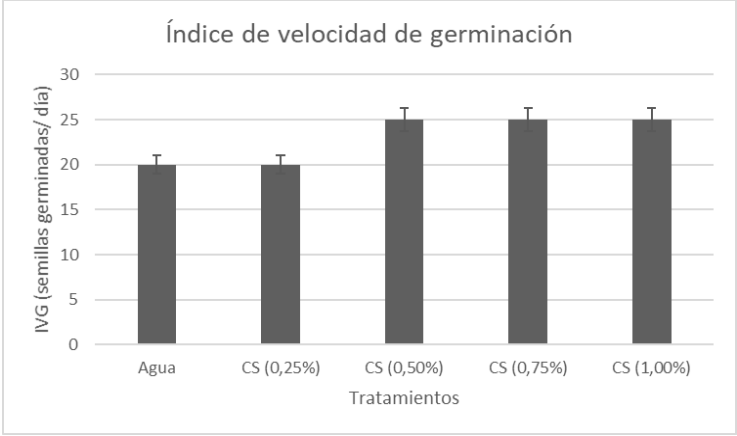


Figura 2. *Índice de velocidad de germinación de semillas de maíz pregerminadas con diferentes dosis de Caldo Sulfocálcico*

Cargua Chávez *et al.*, 2023 plantean que la pregeminación de semillas de maíz vía remojo en bioproductos previa al establecimiento en campo puede ser una alternativa efectiva para acelerar la germinación, la emergencia y el crecimiento inicial de plántulas de maíz, lo cual es una característica deseable en los tiempos actuales de crisis climática y estrés abiótico. Esto se demuestra en el presente estudio.

Vigor de plántulas

Las plántulas más vigorosas fueron las provenientes de semillas pregerminadas en Caldo Sulfocálcico al 0,25%, lo cual indica que dosis mínimas de este bioproducto favorecen el crecimiento de las plántulas de maíz. En este sentido, Marschner (2012) y Taiz *et al.* (2017) plantean que la acción de fitorreguladores y nutrientes presentes en la composición de los bioproductos induce el alargamiento del tallo, la expansión de las hojas, y actúa sobre la diferenciación y elongación celular, especialmente en las primeras etapas de desarrollo de las plántulas.

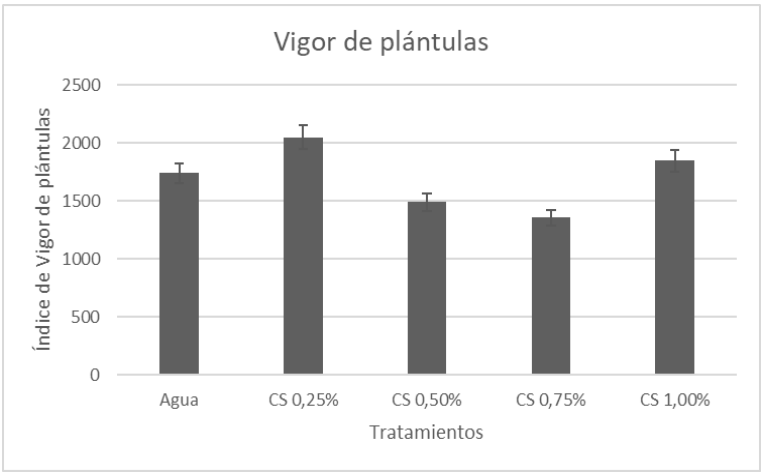


Figura 3. *Vigor de plántulas de maíz cuyas semillas fueron pregerminadas con diferentes dosis de Caldo Sulfocálcico*

CONCLUSIONES

La pregerminación de semillas de maíz en Caldo Sulfocálcico no tiene un efecto significativo sobre su porcentaje de germinación, sin embargo, incrementa su velocidad de germinación, así como el vigor de las plántulas.

BIBLIOGRAFÍA

Cargua Chávez, J. *et al.* 2023. Calidad fisiológica y crecimiento temprano de plántulas de maíz en función de dosis y tiempos de remojo de semillas en bioestimulante. South Sustainability, 4(1), e076. DOI: 10.21142/SS-0401-2023-e076.

Costa, C., Meneghello, G., Jorge, M. y Costa, E. 2021. The importance of physiological quality of seeds for agriculture. Colloquium Agrariae, 17(4), pp. 102-119. Disponible en: http://doi.org/10.5747/ca.2021.v17.n4.a452.

Erenstein, O., Chamberlin, J. y Sonder, S. 2021. Estimating the global number and distribution of maize and wheat farms. Global Food Security, 30, 100558. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j. gfs.2021.100558.

Erenstein, O., Jaleta, M., Sonder, K., Mottaleb, K. y Prasanna, B. 2022. Global maize production, consumption and trade: trends and implications. Food Security, 14, pp. 1295-1319. Disponible en: https://doi.org/10.1007/s12571-022-01288-7.

Gupta, S., Doležal, K., Kulkarni, M., Balázs, E. y Van Staden, J. 2022. Role of non-microbial biostimulants in regulation of seed germination and seedling establishment. Plant Growth Regulation, 97, pp. 271.

Gupta, S., Van Staden, J. y Doležal, K. 2022. An understanding of the role of seed physiology for better crop productivity and food security. Plant Growth Regulation, 97, pp. 171-173. Disponible en: https://doi.org/10.1007/s10725-022-00827-8.

Makhaye, G., Mofokeng, M., Tesfay, S., Aremu, A., Van Staden, J. y Amoo, S. 2021. Influence of plant biostimulant application on seed germination. En: S. Gupta y J. Van Staden (eds.), Biostimulants for crops from seed germination to plant development: A practical approach. Elsevier. Disponible en: https://doi.org/10.1016/C2019-0- 05281-8.

Marschner, P. 2012. Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants. (3.ª ed.). Londres: Elsevier.

Taiz, L., Zeiger, E., Moller, I. y Murphy, A. 2017. Fisiologia e desenvolvimento vegetal. (6.ª ed.). Porto Alegre: Artmed.

Whitehouse, K., Hay, F. y Lusty, C. 2020. Why seed physiology is important for genebanking. Plants, 9(5), p. 584. Disponible en: http://doi.org/10.3390/plants9050584.

BMA-61. Temperatura óptima de germinación y patrón de imbibición en agua en semillas de *Leucaena leucocephala* cv. Cunningham.

Optimum germination temperature and water imbibition pattern in *Leucaena leucocephala* cv. Cunningham seeds.

J. Reino Molina[1]; J. A. Sánchez Rendon[2] y L. Montejo Valdez[2]*

[1]Asociación Cubana de Producción Animal (ACPA), Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey (EEPFIH), Matanzas, Cuba

[2]Instituto de Ecología y Sistemática (IES), La Habana, Cuba

[*]Correspondencia a: jreino@ihatuey.cu

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue determinar la temperatura de germinación optima, así como el patrón de imbibición en agua en accesiones envejecidas y frescas de *Leucaena leucocephala* cv Cunningham. Para ello se diseñó un experimento de clasificación simple unifactorial y cinco replicas para conocer su respuesta germinativa a diferentes temperaturas del sustrato: previamente todas las semillas fueron escarificadas en agua a 80 C para eliminar su dormancia exógena. Para determinar su patrón de imbibición en agua las semillas fueron colocadas en placas de Petri humedecidas en agua destilada al rango de temperatura optimo determinado en el primer estudio y sometidas a diferentes tiempos de imbibición para determinar la dinámica de absorción de agua en relación con su peso fresco. La temperatura alterna de 25/30ºC representó el termoperíodo óptimo para la germinación de las semillas frescas y envejecidas de *Leucaena leucocephala* cv*. Cunningham.* Las semillas frescas de esta especie presentaron un patrón trifásico de absorción de agua cuando la siembra se realizó en la temperatura óptima de germinación.

Palabras clave: *Imbibición, semillas, termo periodo*

ABSTRACT

The objective of this study was to determine the optimal germination temperature and water imbibition pattern in aged and fresh accessions of *Leucaena leucocephala* cv. Cunningham. A simple, one-factor sorting experiment with five replicates was designed to determine their germination response to different substrate temperatures. All seeds were previously scarified in water at 80°C to eliminate exogenous dormancy. To determine their water imbibition pattern, the seeds were placed in Petri dishes moistened with distilled water at the optimal temperature range determined in the first study and subjected to different imbibition times to determine the dynamics of water uptake in relation to their fresh weight. The alternating temperature of 25/30°C represented the optimal thermoperiod for germination of fresh and aged seeds of *Leucaena leucocephala* cv. Cunningham. Fresh seeds of this species exhibited a triphasic pattern of water uptake when sown at optimal germination temperatures.

Keywords: *Imbibition, seeds, thermoperiod*

INTRODUCCIÓN

La Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey", Centro Nacional de Introducción para la rama de los pastos, forrajes y plantas arbóreas , entre sus tareas tiene la de conservar el germoplasma introducido en el país y el obtenido producto de las colectas y la mejora genética y para su mantenimiento es incuestionable la necesidad de introducir mecanismos que estimulen la germinación, así como el vigor de las plantas durante la emergencia, y a través de estos lograr valores aceptables para la posterior regeneración.

Entre los más utilizados se encuentran los tratamientos pregerminativos de hidratación-deshidratación (Sánchez, Orta y Muñoz, 2001a). Estos se basan fundamentalmente en la inmersión de las semillas en agua o soluciones osmóticas durante cierto tiempo con o sin deshidratación previa a la siembra (Henckel, 1982), lo que permite que un gran número de ellas alcancen rápidamente el nivel de humedad y estado metabólico deseado como consecuencia de la activación de numerosos procesos bioquímicos-fisiológicos relacionados con la germinación, la tolerancia al estrés ambiental y a la auto reparación enzimática de las membranas celulares. (Bray, 1995).

Por otra parte, la utilización de los tratamientos pregerminativos de hidratación-deshidratación se ve limitada en la práctica agrícola fundamentalmente por: 1) la falta de estandarización u optimización de ellos en cada especie, variedad o lote en particular. 2) lo costoso de su aplicación para grandes volúmenes de semillas (Henckel, 1982); y 3) la inadecuada extensión y divulgación entre los campesinos y productores de los resultados obtenidos en especies de interés agrícola como las hortalizas (Sánchez, Calvo, Muñoz y Orta,1999 a) En general, el estado del conocimiento

actual sobre los tratamientos de hidratación-deshidratación ha acumulado bastantes evidencias de las potencialidades de estos para su utilización en la práctica agrícola, como vía alternativa para mejorar el comportamiento agronómico de las especies cultivadas. Sin embargo, no existen experiencias donde se hayan aplicado con éxito en semillas de leguminosas arbóreas. Por consiguiente, se disponía de suficientes razones para investigar la respuesta que promueven los tratamientos hídricos, no solo por su interés teórico, sino por la significación práctica que podría tener la aplicación de los mismos para acelerar el crecimiento de las especies forestales empleadas en los sistemas silvopastoriles.

En Cuba, con el empleo de estos tratamientos se han obtenido incrementos notables, tanto en la germinación, como en el establecimiento bajo condiciones de déficit hídrico con respecto al testigo en semillas de plantas cultivadas, Sánchez, Calvo, Muñoz y Orta, (1999 a) y en forestales pioneras, bajo condiciones ambientales extremas, cuando combinaron los tratamientos hídricos con los de choque térmico al nivel de semillas sin germinar (Sánchez, 2003).

MATERIALES Y MÉTODOS

Determinación de la temperatura óptima de germinación en semillas envejecidas y frescas

Se diseñaron experimentos de clasificación simple unifactorial y 5 réplicas para conocer la respuesta germinativa de las semillas de esta accesión a diferentes temperaturas del sustrato. Antes de la siembra todas las semillas se sometieron a escarificación, tal como ha sido recomendado por González *et al.* (1998) para la eliminación de la dormancia exógena por impermeabilidad de las cubiertas al agua que presentan las semillas frescas y envejecidas de esta leguminosa, se utilizó una temperatura constante de 25ºC y 3 niveles de temperatura fluctuante: 25/30ºC, 25/35ºC y 25/40ºC con una alternancia de 8 horas para la temperatura más elevada y 12 horas para 25ºC, con una transición entre las mismas de 4 horas. Las pruebas de germinación se realizaron en placas de Petri (9 cm de diámetro) que se colocaron en cámara de crecimiento (Gallenkamp, Londres) equipadas con lámparas fluorescentes de 40 w situadas a 20 cm del nivel de las placas, con un fotoperíodo de 8 horas-luz que coincidió con el termoperíodo de mayor temperatura.

Determinación del patrón de inhibición en semillas envejecidas y frescas

En condiciones de laboratorio, las semillas previamente escarificadas se colocaron en placas de Petri (9 cm de diámetro y en cámara de crecimiento (Gallenkamp, Londres, con fotoperiodo similar al del primer paso) sobre papel de filtro humedecido con agua destilada a temperatura alterna de 25/30ºC y/o 25/35ºC (rango de temperatura óptimo para la germinación) y en luz blanca fluorescente. En diferentes tiempos de inhibición, de 4 horas durante 2 o más días, se pesaron para determinar la dinámica de absorción de agua en relación con el peso fresco. Para tal propósito se tomaron 5 réplicas de 50 semillas cada una por punto de imbibición. El contenido de humedad inicial de las semillas se determinó mediante el secado de las mismas durante 17 horas en una estufa mantenida a 103 ± 2ºC (ISTA, 1999). La hidratación de las semillas se consideró completa cuando se verificó el inicio de la germinación visible (brote de la radícula).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Determinación de la temperatura óptima de germinación en semillas envejecidas y frescas.

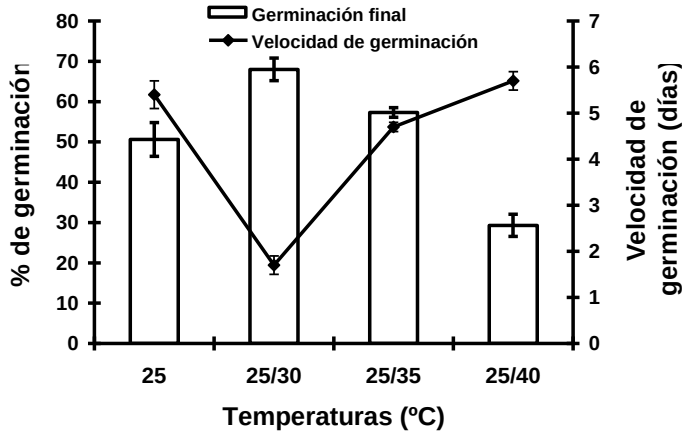


Figura 1. *Efectos de la temperatura del sustrato sobre el porcentaje y la velocidad de germinación de semillas frescas de Leucaena leucocephala Cv. Cunningham. Las líneas verticales representan el error estándar de las medias.*

En las semillas frescas de *L. leucocephala* Cv. Cunningham, tanto el porcentaje de germinación final como la velocidad de dicho proceso se afectaron significativamente (P≤0,001) por la temperatura del sustrato (figura 1). Los mejores resultados para incrementar y acelerar significativamente la germinación se obtuvieron a temperatura alterna de 25/30 ^{0}C. En cambio, la temperatura alterna de 25/40 ^{0}C fue subletal para la ocurrencia de la germinación de las semillas de este cultivar, en dichas condiciones de siembra se incremento considerablemente el porcentaje de semillas muertas con relación al resto de los otros rangos de temperatura ensayados.

Los resultados con la temperatura constante de 25 ^{0}C no difirieron significativamente de los alcanzados a 25/35 ^{0}C aunque en este último termoperiodo se incrementó significativamente la velocidad de germinación con relación a lo obtenido a 25 ^{0}C y a 25/40 ^{0}C.

En general los resultados evidenciaron que la germinación de las semillas frescas de *L. leucocephala cv.* Cunningham se desencadena tanto a temperatura constante como alterna, aunque la máxima germinación se alcanzo en el rango de temperatura de 25/30 ^{0}C. McDonald (2000) demostró que las semillas frescas de *L. leucocephala* mostraron la mayor velocidad de germinación en un amplio rango de temperaturas, que abarco desde 24 ^{0}C hasta 36^{0}C. En cambio, Souza-Filho (2000) obtuvo la máxima germinación a temperatura constante de 35^0 C y alterna de 20/35 ^{0}C, 20/40 ^{0}C 25/35 ^{0}C y 25/40 ^{0}C.

Por su parte, el termoperíodo de 25/40 ^{0}C. pudo haber sido inefectivo para la germinación, por inducir termoinhibición de eventos bioquímico-fisiológicos relacionados con el proceso germinativo (por ejemplo: síntesis de proteínas, elongación y división celular, etc) tal como ha sido informado en condiciones de estrés calórico para semillas de hortalizas por Khan (1992) y Bray (1995). Este fenómeno posiblemente se deba también al agotamiento de las reservas nutricionales destinadas para la germinación (Bonner, 1998).

Otra explicación posible al comportamiento germinativo obtenido a 25/40 ^{0}C podría ser el grado de maduración o vigor germinativo que tienen las semillas del lote empleado en el momento de la colecta o el manejo posterior de estas, como ha sido informado en otras especies de interés agrícola (Sánchez et al., 2001b)

En las semillas envejecidas de *L. leucocephala* cv. Cunningham no se obtuvo germinación a temperatura constante de 25ºC ni en los termoperíodos de 25-35 y 25-40ºC, excepto en el termoperíodo de 25-30ºC donde se alcanzó un 5,3% de germinación final al cuarto día de iniciada la siembra. Consecuentemente, la tempera-tura alterna de 25-30ºC también puede considerarse el rango óptimo para la imbibición tanto de las semillas frescas como de las envejecidas, debido a que se obtuvo la máxima germinación en el menor tiempo posible. Este fenómeno ha sido bien documentado en un gran número de semillas de importancia agroforestal (Andoh y Kobata,2001).

Determinación del patrón de Imbibición

Cuando las semillas frescas y escarificadas de *L. leucocephala* cv. Cunningham se hidrataron a temperatura alterna de 25-30ºC, siguieron un patrón trifásico de absorción de agua (figura 2), tal como sucede en la generalidad de las semillas de todos los cultivos (Bewley, 1997; Sánchez et al., 2001). El final de la fase I se alcanzó a las ocho horas y se caracterizó por una rápida imbibición, que según Bewley y Black (1994) se debe a factores puramente físicos, en particular al componente mátrico del potencial hídrico de los tejidos. La fase II fue un largo proceso de absorción de agua, que hasta las 25 horas fue un segmento estacionario de la curva; según Bewley (1997), esta fase se asocia con la mayoría de los eventos metabólicos relacionados con la germinación. La última etapa de la curva de imbibición (fase III) representó la emergencia de la radícula (i.e., germinación visible), que se alcanzó a las 30 horas de hidratación de las semillas.

La absorción de agua en las semillas frescas de *L. leucocephala* cv. Cunningham fue normal, debido a que no presentaron ningún tipo de dormancia innata después de su escarificación. Obroucheva y Antipova (1997) plantearon que el patrón trifásico de absorción de agua sólo aparece en aquellas semillas que no presentan mecanismos profundos de dormancia innata. También este patrón de imbibición de las semillas se ha observado en otras especies forestales que habitan en Cuba, como *Cecropia schreberiana* Miq., *Talipariti elatum* Sw., *Guazuma ulmifolia* Lam, *Trichospermum mexicanum* (DC.) Baill y *Calophyllum pinetorum* Bisse (Sánchez, Muñoz, Remis y Torres-Arias, 2002; Sánchez, Muñoz y Montejo, 2004), lo cual demuestra que las tres fases de absorción de agua no son únicas para las especies cultivadas, como las hortalizas.

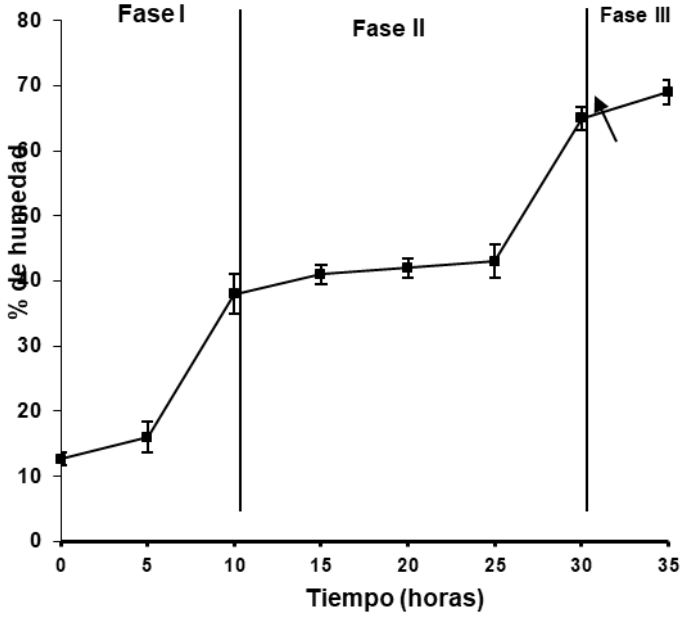


Figura 2. *Curva de hidratación de semillas frescas de Leucaena leucocephala cv Cunningham en agua a 25/30ºC.*

En las semillas envejecidas, que previamente fueron escarificadas, no se observó un patrón trifásico de absorción de agua (figura 3). Sin embargo, hasta las 10 horas la absorción fue rápida, en correspondencia con la fase I, y a partir de las 10 horas de imbibición se apreció un incremento lento y sostenido del contenido de humedad (fase II), sin alcanzar el inicio de la germinación visible (no hubo fase III) durante el tiempo de imbibición a que fueron sometidas las semillas (50 horas). Este resultado demostró la incapacidad del lote empleado para germinar en dichas condiciones de siembra, lo cual posiblemente se debió a la falta del vigor germinativo causado por el deterioro celular a que estuvieron sometidas las semillas durante su almacenamiento. Resultados similares obtuvieron Sánchez et al. (1999a) en semillas envejecidas de pimiento (*Capsicum annuum L.*) con bajo poder germinativo inicial.

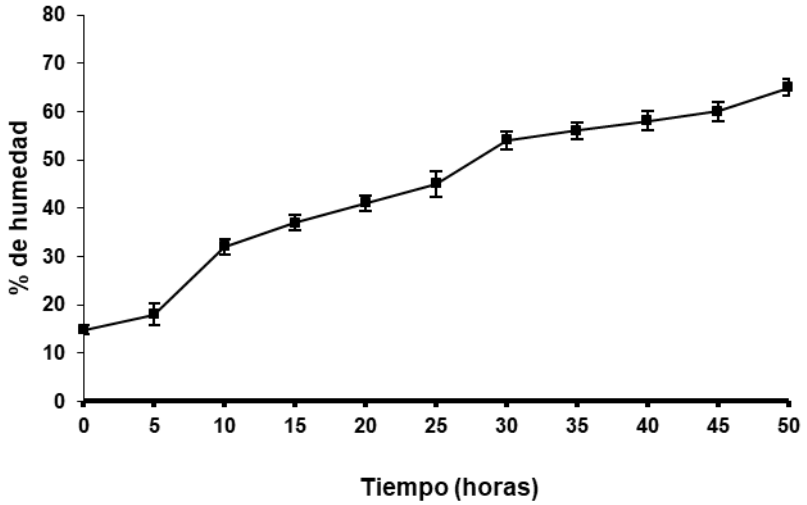


Figura 3. *Curva de hidratación de semillas envejecidas de Leucaena leucocephala cv Cunningham en agua a 25/30ºC. Las barras verticales muestran el error estándar de la media (±) cuando es más grande que el símbolo.*

CONCLUSIONES

Se determina que la temperatura alterna de 25/30ºC representó el termoperíodo óptimo para la germinación de las semillas frescas y envejecidas de *Leucaena leucocephala* cv. Cunningham. El rango de 25 /40 ^{0}C se considera subletal para la germinación.

Además, las semillas frescas de esta especie presentaron un patrón trifásico de absorción de agua cuando se elimina la dormancia innata que presentan por impermeabilidad al agua y los gases. Las semillas viejas no mostraron este patrón de absorción de agua.

BIBLIOGRAFÍA

Audoh,H & Kobata, T. 2001. Effects of seed hardening, wetting and redrying before sowing on germination and seedling emergence of a Japanase wheat variety norin 61 in desiccated soil. *Plant Prod.Sci*. 4:50

Bewley, J.D.1997. Seed germination and dormancy *The Plan Cell*. 9:1055

Bewley, J. D. & Black, M. 1994. Seeds: physiology of devolopment and germination. *Plenum Press.* New York.445p.

Bonner, F. T. 1998. Testing tree sedes for vigor: a review. *Seed Tecnology*.20:5-17

Bray, C. M. 1995. Biocheminal process during the osmopriming of sedes. En Seed development germination. (Eds. J. Kigel. & G. Galili). New York-Basel-Hong Kong. Marcel Dekker, Inc.767 p.

Henckel, P. 1982. Fisiología de la resistencia de las plantas al calor y la sequia (en ruso).

González, Y; Hernández, A & Mendoza; F. 1998. Comportamiento de la germinación y la viabilidad de las semillas de leguminosas arbustivas. I. Leucaena leucocephala cv. Cunningham. En: Memorias del III Taller Internacional Silvopastoril Los arboles y arbustos en la ganadería. EEPF Indio Hatuey. Matanzas. Cuba. 170 p.

ISTA.1995 Handbook of vigour test methods. International Seed Testing Association. Zurich, Zwitzerland.72 p.

Khan, A. A. 1992. Preplant physiological seed conditioning. *Hor. Rev.*14: 131-181

McDonald, M. B. 2000. Seed priming. En Seed Tecnology and its biological basic (M. Black. & J. D. Bewley, Eds). Sheffield Academic Press. P.286-325

Obroucheva, Natalie & Antipova, Olga. 1997. Physiology of the initiation of seed germination *Russian Journal of Plant Physiology*. 44:250-264.

Sánchez, J. A. 2003. Efectos de tratamientos de hidratación-deshidratación y choque térmico sobre la germinación y establecimiento de *Trichospermun mexicanum*. Tesis en opción al grado científico de Dr en Ciencias Biológicas. Ministerio-CITMA-IES. Cuidad de la Habana, Cuba.87 p.

Sánchez, J. A.; Calvo, E.; Muñoz, Barbara & Orta, R. 1999a. Comparación de dos técnicas de acondicionamiento de semillas y sus efectos sobre la conducta germinativa del pepino, pimiento y tomate. *Cultivos tropicales*: 20:51

Sánchez, J. A, Muñoz, Barbara & Montejo, Laura. 2004. Invigoration of pioneer tree seeds using prhyration treatments. *Seed Sci Technol*. 32:355-363

Sánchez, J. A.; Muñoz, Barbara; Remis, Y. & Torres – Arias, Y.2002. Correlación entre el tamaño de la semilla, la dormancia, la germinación y el vigor de plántulas de *Calophyllum pinetorum. Revista Jardín Botánico Nacional*. 23:75-84

Sánchez, J. A.; Orta, R. & Muñoz, Barbara. 2001a. Tratamientos pregerminativos de hidratación-deshidratación de las semillas y sus efectos en plantas de interés agrícola. *Agronomía Costarricense*.25:67-92.

Sanchez, J. A.; Muñoz, Barbara & Fresneda, J. 2001b. Combined effects of hardening hydration-dehydration and heat shock treatments of thegermination of tomato, pepper and cucumber. *Seed Sci. Technol*. 29:691

Souza-Filho, A.P.da S. 2000. Influence of temperatura, ligh and osmotic and saline stress on seed germination of *Leucaena leucocephala. Pasturas tropicales*.22:47-53.

BMA-62. Influencia del peso de las semillas gámicas y la concentración del medio MS en la germinación de *Cenchrus purpureus* CT-608

Influence of gametic seed weight and MS medium concentration on germination in *Cenchrus purpureus* CT-608

J. Rodríguez Luis[2]; M. Pérez Pérez[2]; A. Abreu Cruz[2]; M. Isidrón Pérez[2]; Y. Medina Mesa[1]; D. Fortes González[1]; R. S. Herrera García[1] y A. R. Hernández Montesinos[1]*

[1]Instituto de Ciencia Animal (ICA), San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

[2]Universidad Agraria de La Habana "Fructuoso Rodríguez Pérez". (UNAH), San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba

[*]Correspondencia a: andresraulhm@gmail.com

RESUMEN

El objetivo del siguiente estudio fue determinar la influencia del peso de las semillas gámicas y la concentración de Murashige y Skoog (MS) en la germinación de *Cenchrus purpureus* CT-608. El experimento se desarrolló en el Laboratorio de Biotecnología de la facultad de Agronomía de la Universidad Agraria de la Habana. Como material vegetal se empleó semillas gámicas maduras de la accesión *C. purpureus* Cuba CT-608. Se evaluaron cinco tratamientos con diferentes porcientos de MS (15, 25, 35 y 50) y agua destilada estéril como control. Se empleó un diseño completamente al azar con tres repeticiones para cada tratamiento con 60 semillas cada una. Posterior a la siembra se midió a los siete días la Germinación (%) y la Longitud de la primera hoja (cm). El análisis de los datos de la longitud de la hoja y el porciento de germinación determinó diferencias significativas para el tratamiento T2 (MS 25%) con respecto a las concentraciones mayores de medio de cultivo. El peso de los grupos de 60 semillas gámicas por repetición, no presentó diferencias significativas entre los tratamientos. El medio de cultivo con concentración de 25 % de MS fue el de mejor comportamiento en cuanto a las variables estudiadas. Se recomienda este medio para germinar semillas gámicas de *C. purpureus*.

Palabras clave*: forraje, MS, semillas gámicas, viabilidad,*

ABSTRACT

This study aimed to determine the influence of gametic seed weight and Murashige and Skoog (MS) medium concentration on *Cenchrus purpureus* CT-608 germination. The experiment was conducted at the Biotechnology Laboratory, Faculty of Agronomy, Agrarian University of Havana. Mature gametic seeds from the *C. purpureus* Cuba CT-608 accession served as plant material. Five treatments were evaluated: four MS concentrations (15%, 25%, 35%, and 50%) and sterile distilled water as control. A completely randomized design was employed with three replications of 60 seeds per treatment. Germination percentage (%) and first leaf length (cm) were measured at seven days post-sowing. Statistical analysis revealed significant differences ($p<0.05$) in leaf length and germination percentage for treatment T2 (25% MS) compared to higher concentrations. Seed weight per 60-seed replication group showed no significant differences between treatments. The 25% MS medium demonstrated optimal performance for both variables and is recommended for gametic seed germination in *C. purpureus*.

Keywords: *forage, gamic seeds, MS, viability*

INTRODUCCIÓN

Cenchrus purpureus (Schumach.) Morrone es una de las gramíneas forrajeras más relevantes en sistemas ganaderos tropicales, destacando su uso para la alimentación de rumiantes mediante el corte o pastoreo. Además, se reportan otros usos como planta ornamental y medicinal, en la industria se emplea su fibra para la fabricación de papel y como biocombustible (Nguyen *et al.,* 2021; Tan *et al.,* 2022; Wessapak *et al.,* 2023; POWO, 2025).

En *C. purpureus* se encuentran dos tipos de reproducción: sexual (por semillas) y asexual (por esquejes vegetativos). Las semillas sexuales son cariópsides elipsoides de 1,5–2 × 0,8–1 mm y presentan problemas de baja fertilidad entre 10 y 18% de germinación. Las semillas gámicas presentan escasas reservas de nutrientes esenciales para la germinación, lo que induce a la obtención de plantas pequeñas, de crecimiento y desarrollo lento y que en varios casos conduce a la muerte inmediata posterior a la emisión de la hoja y la raíz primaria. Por lo que, esta forma de reproducción se emplea únicamente con fines selectivos y de mejora genética (Cheng, 1991; Singh *et al.,* 2013; Wessapak *et al.,* 2023).

El medio Murashige y Skoog (MS), está compuesto por 22 macro y micro nutrientes que son necesario para el correcto desarrollo de las plantas, además de vitaminas y sacarosa, y es ampliamente utilizado en la preparación de medios en el cultivo de tejidos vegetales *in vitro* (Boeri, 2015). El medio MS se emplea como base en el cultivo de tejidos de especies del género *Cenchrus* como son los casos de *C. purpureus* y *Cenchrus ciliaris* L. (Shashi, 2021; Prokopiuk *et al.,*

2023). Sin embargo, en la literatura consultada no se reporta el uso de este medio en la germinación de semillas sexuales en gramíneas.

En la actualidad se desarrollan ensayos para generar mutaciones mediante la irradiación con ^{60}Co en semillas gámicas de la accesión donante *C. purpureus* Cuba CT-608, con el objetivo de generar variabilidad genética y tolerancia a estrés por altas temperaturas. Debido a las características, antes mencionadas, de las semillas sexuales de esta especie; se trazó como primer objetivo determinar la influencia del peso de las semillas gámicas y la concentración de MS en la germinación de *C. purpureus* CT-608.

MATERIALES Y MÉTODOS:

El presente estudio se desarrolló en el Laboratorio de Biotecnología de la facultad de Agronomía de la Universidad Agraria de la Habana, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

Material vegetal: Se tomaron semillas gámicas maduras del segmento intermedio de la panícula espiciforme de la accesión *C. purpureus* CT-608. Las semillas se recolectaron de plantas con la misma edad de rebrote, y establecidas en el banco de semillas del área de aclimatación perteneciente al Laboratorio de Biotecnología de la facultad de Agronomía de la Universidad Agraria de la Habana, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

Recolección, procesamiento y traslado de muestras: Las semillas botánicas se recolectaron entre los meses de enero y febrero de 2025. La recolección de semillas se realizó en el horario de la mañana (8:00 a 10:00 am) y seguido se secaron en estufa de recirculación de aire a 40 ºC por 48 h. Posterior al secado se seleccionaron las semillas maduras y que no presentaran daños físicos.

Antes de realizar el ensayo se determinó el peso de las semillas (g), por lo que se pesaron grupos de 60 semillas para conocer su variabilidad. A continuación, se realizó una prueba de germinación en algodón y diferentes medios de germinación compuestos por agua destilada estéril y variantes de concentraciones de medio MS (Murashige y Skoog, 1962), durante siete días para determinar la viabilidad.

Tratamientos y diseño experimental: Se evaluaron cinco tratamientos con diferentes porcientos de MS como medio de germinación de las semillas (tabla 1). Se empleó un diseño completamente al azar con tres repeticiones para cada tratamiento con 60 semillas cada una y la unidad experimental fueron placas de Petri.

Variables de análisis: Posterior a la siembra se midió a los siete días la Germinación (%) y la Longitud de la primera hoja (cm).

Tabla 1. *Tratamientos con las variantes de concentraciones de MS*

Tratamientos	Medio de germinación
T_o	Agua destilada estéril
T_1	Agua destilada estéril/ 15%MS
T_2	Agua destilada estéril/ 25%MS
T_3	Agua destilada estéril/ 35%MS
T_4	Agua destilada estéril/ 50%MS

Análisis estadístico: Para la variable expresada en porciento se le realizó el análisis de los supuestos teóricos del análisis de varianza Normalidad de los errores por la dócima Shapiro-Wilk (1965) y Homogeneidad de Varianza por la dócima de Levene (1960), al incumplir estos supuestos, se realizó análisis de varianza no paramétrico Kruskal Wallis y se aplicó dócima de Conover (1999) para $p<0,05$.

Se realizó análisis de varianza según diseño completamente aleatorizado y para la comparación de medias se utilizó la dócima de Duncan (1955) para $p<0.05$. El procesamiento de los datos se realizó en los paquetes estadísticos STATISTICA (2003), para el análisis de los supuestos del análisis de varianza e InfoStat versión 2012 (Di Rienzo *et al.* 2012), para el análisis no paramétrico y el análisis de varianza completamente aleatorizado.



RESULTADOS Y DISCUSIÓN:

El análisis de los datos de la longitud de la hoja a los siete días determinó diferencias significativas para el tratamiento T2 (MS 25%), sin embargo, no se evidenciaron diferencias significativas para los restantes tratamientos con respecto al control. En cuanto al peso de los grupos de 60 semillas gámicas por repetición, no presentó diferencias significativas entre los tratamientos (tabla 2).

Los resultados del análisis de la variable porciento de germinación evidenció diferencias significativas entre los cinco tratamientos. El tratamiento con concentración de MS 25% difirió del resto y fue el de mayor porciento de germinación con respecto a los otros tratamientos donde se empleó el MS como medio de germinación. El tratamiento testigo con agua destilada estéril fue el de menor porciento de germinación (tabla 3).

Tabla 2. *Análisis de las variables peso de las semillas y longitud de la hoja a los siete días*

Tratamiento Variables	T0 (Control)	T1 (MS 15%)	T2 (MS 25%)	T3 (MS 35%)	T4 (MS 50%)	EE y Signif.
Longitud de la hoja (cm)	1,89 ^{b}	1,76 ^{b}	2,72 ^{a}	1,91 ^{b}	2,10 ^{b}	±0,12 p<0,0001
Peso de las semillas (g)	0,036	0,035	0,047	0,033	0,034	±0,005 p=0,2835

a,b: letras distintas indican diferencias significativas para p<0,05

Tabla 3. *Análisis de la variable porciento de germinación a los siete días*

Tratamiento Variable	T0 (Control)	T1 (MS 15%)	T2 (MS 25%)	T3 (MS 35%)	T4 (MS 50%)	Signif.
% de Germinación	2,33 ^{a} (6,66) DE=5,00	5,67 ^{ab} (12,77) DE=0,96	13,17 ^{c} (19,44) DE=0,96	9,17 ^{abc} (16,11) DE=4,20	9,67 ^{bc} (16,66) DE=1,67	p=0,0333

a,b,c: letras distintas indican diferencias significativas para p<0,05

() media general

DE: desviación estándar

El comportamiento en los resultados de las variables porciento de germinación de las semillas y longitud de la hoja se puede relacionar con los componentes del medio de cultivo y no con el peso de los lotes de semillas que se encontraron en el rango de 0,033 a 0,047 g. En este sentido cabe destacar que el medio MS presenta concentraciones relativamente altas de nitrógeno y potasio, además de fósforo, calcio, magnesio y azufre en concentraciones de 1 a 3 mM. Este medio de cultivo presenta otros macros y micro nutriente, y vitaminas como la Tiamina. De igual forma el medio contiene Sacarosa como fuente de carbono lo que facilita la obtención de energía en estos primeros estadios de germinación y la formación de hojas y raíces en las plantas (Mroginski y Roca, 1991; Boeri, 2015).

La germinación de las semillas gámicas de *C. purpureus* se encuentra entre 10 y 18 % (Singh *et al.,* 2013). No obstante, entre los tratamientos del presentes estudio, solo se halló un valor (13,17% de germinación) próximo a este intervalo cuando se empleó el 25% MS. La germinación de semillas sexuales de *C. purpureus,* está poco estudiada al igual que los factores que en ella influyen. Sin embargo, Polo y Espinosa (2022) reportaron que la capacidad de germinación, de semillas sexuales de *C. purpureus* cv. Elefante Carajás, fue en aumento hasta el último día (16 días) en que se evaluó el porcentaje de germinación, alcanzándose un máximo de 100%. En este experimento realizado en el corregimiento de Tocumen, provincia de Panamá, Republica Panamá se evaluó el efecto de diferentes patrones de siembra y porcentaje de germinación en la producción y calidad nutritiva con semilla gámica de este cultivar.

En estudios previos Diz y Schank (1991), determinaron que la germinación de *C. purpureus* cv. Elefante Carajás, se encontró entre 79 a 88% para la fracción de semillas grandes y de 56 a 78% para las semillas pequeñas, después de las evaluaciones de las diferentes características de las semillas y de las plántulas. Resultados diferentes en el porcentaje de germinación se reportan en la variedad King grass, el cual se encuentra entre 8 y 17% en un experimento para inducir mutaciones mediante radiaciones gamma provenientes de una fuente de ^{60}Co (Cruz *et al.,* 1991). De acuerdo a esta información se puede definir que el comportamiento en la germinación de las semillas sexuales puede ser característica de cada variedad de *C. purpureus* y puede estar influenciada por las condiciones de siembra y cultivo.

CONCLUSIONES

El medio de cultivo con concentración de 25 % de MS fue el de mejor comportamiento en cuanto al porciento de germinación y la longitud de las hojas.

BIBLIOGRAFÍA

Boeri, P. 2015. ¿Cómo se nutren las plantas de probeta? En: Plantas de probeta: manual para la propagación de plantas por cultivo de tejidos *in vitro*. Sharry, S. E., Adema, M. & Abedini, W. (eds.). Ed. Universidad Nacional de La Plata (EDULP), Buenos Aires, Argentina. pp. 1-102. ISBN: 978-950-34-1254-1

Cheng, Y. 1991. Forage breeding in Taiwan-Review. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, 4(3): 203–209. ISSN: 1976-5517. DOI: https://doi.org/10.5713/ajas.1991.203

Conover, W. J. 1999. Practical nonparametric statistics. 3th Edition. Ed. John Wiley and Sons, Hoboken. pp. 1-608. ISBN: 978-0-471-16068-7

Cruz, R., Herrera, R. S., Padrón, E., Martínez, R. O., Marta Monzote, Tuero, R. & García, M. 1991. Effect of gamma radiations in *Pennisetum purpureum* cv. King grass, *Cynodon nlemfuensis* cv. Jamaicano and *Leucaena leucocephala* cv. Perú. Cuban Journal of Agricultural Science, 25(3): 301-306. ISSN: 2079-3480

Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., González, L., Tablada, M. & Robledo, C. W. 2012. InfoStat versión 2012. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL http://www.infostat.com.ar

Diz, D. A & Schank, S.C. 1991. Seed and seedling characterization of pearl millet x napiergrass hexaploid hybrids. Proceedings of the Soil and Crop Science Society of Florida, Belle Grade, 50: 69-75. ISSN: 0096-4522.

Duncan, D.B. 1955. Multiple range and múltiple F test. Biometrics, 11(1): 1-42. ISSN: 1541-0420

Ledezma, E. A. P., & Guevara, M. I. E. 2022. Rendimiento y características químicas e influencia de diferentes patrones de siembra del pasto *Pennisetum purpureum* CV. elefante carajás. Revista investigaciones agropecuarias, 4(2): 73-81. ISSN: 2644-3856

Levene, H. 1960. Robust tests for equality of variances. In: Contributions to Probability and Statistics: Essays in Honor of Harold Hotelling. Ed. by I. Olkin et al. Palo Alto, CA: Stanford University Press, pp. 278-292. ISBN: 0804705968

Mroginski, L. A. & Roca. W. M. 1991. Establecimiento de cultivos de tejidos vegetales *in vitro*. En: Cultivo de tejidos en la agricultura. Fundamentos y aplicaciones prácticas. Roca, W. M. & Mrogrinski, L. A. (eds.). Ed. CIAT. pp. 127-141. ISBN: 958-9183-15-8

Murashige, T. & Skoog, F. 1962. A revised medium for rapid growth and biossays with tobacco tissue culture. Physiologia Plantarum, 15: 473-497. ISSN: 1399-3054. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.x

Nguyen, B. T., Le, L. B., Pham, L. P., Nguyen, H. T., Tran, T. D. & Van Thai, N. 2021. The effects of biochar on the biomass yield of elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schumach) and properties of acidic soils. Industrial Crops and Products, 161: 113224. ISSN: 1872-633X. DOI: https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.113224

POWO. 2025. Plants of the World Online. Kew Royal Botanic Gardens. Consultado el 20 de junio de 2025. https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:77106033-1

Prokopiuk, B., Kapczyńska, A. & Pawłowska, B. 2023. Establishing *in vitro* cultures of P*ennisetum* 'Vertigo®' and its shoot multiplication under different LED light quality. Acta Scientiarum Polonorum, Hortorum Cultus, 22(6): 19-28. ISSN: 2545-1405. DOI: https://doi.org/10.24326/asphc.2023.5164

Shapiro, S. & Wilk, B. 1965. An análisis of variante test for normalita (complete simples). Biométrica. 52: 591-611. ISSN: 0210-4199.

Singh, B. P., Singh, H. P. & Obeng, E. 2013. Elephant grass. In: Biofuel Crops: Production, Physiology and Genetics. Singh, B. P. (ed.). Ed. CAB International: Fort Valley State University, Fort Valley, G. A., USA. pp. 271–291. DOI: https://doi.org/10.1079/9781845938857.0271





StatSoft, Inc. (2003). STATISTICA (data analysis software system), version 7. www.statsoft.com.

Tan, F., He, L., Zhu, Q., Wang, Y., Chen, C. & He, M. 2022. *Pennisetum* hydridum: a potential energy crop with multiple functions and the current status in China. BioEnergy Research, 15: 850–862. ISSN: 1939-1242. DOI: https://doi.org/10.1007/s12155-021-10263-7

Wessapak, P., Ngernsaengsaruay, C. & Duangjai, S. 2023. A taxonomic revision of *Cenchrus* L. (Poaceae) in Thailand, with lectotypification of *Pennisetum macrostachyum* Benth. PhytoKeys, 234: 1–33. ISSN: 1314-2003. DOI: https://doi.org/10.3897/phytokeys.234.106486

BMA-63. Influencia de las irrdiaciones con ^{60}CO en la longitud de la hoja y la germinación de semillas gámicas de *Cenchrus purpureus* CT-608

Influence of ^{60}CO irradiation on leaf length and gametic seed germination in *Cenchrus purpureus* CT-608

A. R. Hernández Montesinos[1]; M. Isidrón Pérez[2]; M. Pérez Pérez[2]; A. Abreu Cruz[2]; J. Rodríguez Luis[2]; Y. Medina Mesa[2]; Y. Rodríguez Perdomo[3]; D. Fortes González[1] y R. S. Herrera García[2].*

[1]Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba.

[2]Universidad Agraria de La Habana Fructuoso Rodríguez Pérez". (UNAH), Cuba.

[3]Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA), Cuba.

[*]Correspondencia a: andresraulhm@gmail.com

RESUMEN

El presente estudio se desarrolló con el objetivo de determinar la influencia de las irradiaciones con ^{60}Co en la longitud de la hoja y la germinación se semillas gámicas de *Cenchrus purpureus* CT-608. Los experimentos se realizaron en el Laboratorio de Técnicas de Irradiación perteneciente al Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria. Como material vegetal se tomaron semillas gámicas maduras de la accesión *C. purpureus* CT-608. Se realizaron tres ensayos donde se evaluaron, en cada caso, cinco tratamientos con diferentes dosis de irradiación con ^{60}Co (50, 100, 150, 200, 250 Gy) y un control sin irradiar. Se empleó un diseño completamente al azar con tres repeticiones para cada tratamiento con 60 semillas en cada caso. Se midió a los siete días la Germinación (%) y la Longitud de la primera hoja (cm). Se realizó análisis de varianza no paramétrico Kruskal Wallis y análisis de varianza según diseño completamente aleatorizado y para la comparación de medias se utilizó la dócima de Duncan para $p<0.05$. En los tres ensayos se observó diferencias significativas para la variable longitud de la hoja entre los tratamientos. Dosis mayores a 100 Gy disminuyeron la longitud de la hoja de las plantas germinadas. La variable porcentaje de germinación, no demostró diferencias significativas entre los tratamientos para cada ensayo. La irradiación con ^{60}Co influyó en la disminución de longitud de la hoja a partir de la dosis de 100 Gy, y no presentó diferencias en el porcentaje de germinación de las semillas gámicas.

Palabras clave*: forraje, mutantes, radiación gamma*

ABSTRACT

This study aimed to determine the influence of ^{60}Co gamma irradiation on leaf length and gametic seed germination in *Cenchrus purpureus* CT-608. Experiments were conducted at the Irradiation Techniques Laboratory, National Center for Animal and Plant Health (CENSA). Mature gametic seeds from the *C. purpureus* CT-608 accession served as plant material. Three trials evaluated five irradiation treatments (50, 100, 150, 200, and 250 Gy) plus an unirradiated control per-trial. A completely randomized design was implemented with three replications of 60 seeds per treatment. Germination percentage (%) and first leaf length (cm) were measured at seven days post-treatment. Data were analyzed using Kruskal-Wallis non-parametric ANOVA and randomized design ANOVA, with Duncan's test ($p<0.05$) for mean comparisons. All trials showed significant differences in leaf length between treatments. Doses >100 Gy reduced leaf length in germinated plants. Germination percentage exhibited no significant differences across treatments. ^{60}Co irradiation reduced leaf length at doses ≥100 Gy but did not affect gametic seed germination rates.

Keywords*: fodder, gamma radiation, mutants*

INTRODUCCIÓN

El uso de radiación gamma permite generar variabilidad intraespecífica y determinar el rango de radiosensibilidad (RRS) para el mejoramiento de plantas a través de mutagénesis. Las variaciones genéticas definen el potencial para evolucionar ante cambios ambientales y perpetuar la especie. En consecuencia, la generación de variabilidad es fundamental para el mejoramiento genético (Avendaño-Arrazate *et al.,* 2012). El ^{60}Co es un isotopo radiactivo con alta capacidad ionizante que ha sido utilizado en el mejoramiento genético de diferentes cultivos para inducir mutaciones (Ángeles-Espino *et al.,* 2013).

Al exponer un organismo a radiaciones ionizantes y con dosis bajas, los impactos sobre la estructura celular o del ADN son mínimos, mientras que, con altas dosis, el genoma sufre múltiples impactos y puede ser causa de muerte (Olasupo *et al.,* 2016). Por esta razón, el primer paso para inducir mutagénesis efectiva con radiaciones ionizantes es determinar la dosis óptima de radiación a través de curvas de radiosensibilidad en diferentes variables. Con dosis de radiación gamma inferiores al 50% de la curva, la modificación en la estructura del genoma es mínima o bajo impacto. Por el contrario, si la radiación supera la media en la curva, la estructura celular o ADN sufren mayor impacto de acuerdo con el incremento (Thole *et al.,* 2012).

En Cuba Cruz *et al.* (1991), utilizaron las radiaciones ionizantes con ^{60}Co para inducir mutaciones en las especies *Cenchrus purpureus* (Schumach.) Morrone cv. King grass, *Cynodon nlemfuensis* Vanderyst cv. Jamaicano y *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit cv. Perú. En la especie *C. purpureus* cv. King grass irradiaron esquejes y semillas con dosis en el rango de 0-100 y 0-500 Gray (Gy) respectivamente. Determinaron la dosis letal media (DL_{50}) y las dosis de estimulación (DE) y obtuvieron la dosis de estimulación de 10 y 100 Gy para las semillas agámicas y gámicas respectivamente. Dosis mayores inhibieron el crecimiento y llegaron a causar la muerte de los tejidos.

En la actualidad se desarrollan investigaciones para inducir mutaciones mediante radiaciones ionizantes en semillas gámicas de la accesión *C. purpureus* CT-608 con la finalidad de obtener nuevos mutantes con características superiores en cuanto a producción de biomasa y tolerancia a estrés abiótico. De esta forma se desarrollaron tres ensayos con el objetivo de determinar la influencia de las irradiaciones con ^{60}Co en la longitud de la hoja y la germinación se semillas gámicas de *C. purpureus* CT-608.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los experimentos de irradiaciones con ^{60}Co se realizaron en el Laboratorio de Técnicas de Irradiación perteneciente al Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA). Se modificaron los métodos propuestos por Cruz *et al.* (1991) y Herrera *et al.* (1991), para la inducción de mutaciones en semillas gámicas de *C. purpureus*.

Material vegetal: se tomaron semillas gámicas maduras del segmento intermedio de la panícula espiciforme de la accesión *C. purpureus* CT-608. Las semillas provienen de plantas con la misma edad de rebrote, y establecidas en el banco de semillas del área de aclimatación perteneciente al Laboratorio de Biotecnología de la Facultad de Agronomía de la Universidad Agraria de la Habana, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

Recolección, procesamiento y traslado de muestras: las semillas botánicas se recolectaron entre los meses de enero y febrero de 2025. La recolección se realizó en el horario de la mañana (8:00 a 10:00 am) y seguido se secaron en estufa de recirculación de aire a 40 ºC por 48 h. Posterior al secado se seleccionarán las semillas maduras y que no presentaran daños físicos, y se pesaron 18 grupos de 60 semillas para conocer su variabilidad.

Antes del traslado al laboratorio de irradiaciones se depositaron las semillas durante 48 h en desecadora con sílica gel para estabilizar la humedad. Las semillas se depositaron, en grupos de 60, en bolsas con cierre Zip debidamente selladas y etiquetadas para su traslado hacia el Laboratorio de Técnicas de Irradiación del CENSA.

Irradiación con ^{60}Co: las semillas fueron sometidas a radiaciones ionizantes tipo gamma, provenientes de un irradiador autoblindado de ^{60}Co tipo Ob-Servo ignis, a un potencial de dosis de 10 kGy/h. Se evaluaron dosis en el rango de 0-250 Gy, con el propósito de inducir mutaciones y lograr variabilidad genética en el material vegetal.

Durante el procedimiento de irradiación se depositaron las bolsas con las semillas de forma horizontal dentro del cilindro contenedor (150 mm de diámetro y altura 280 mm), con 20% de uniformidad de dosis en sus puntos, y se aseguró la misma distancia a la fuente. El proceso se realizó a temperatura ambiente.

Siembra de las semillas gámicas irradiadas: las semillas irradiadas se germinaron en placas Petri con algodón y medio de germinación compuesto por agua destilada estéril y 25 % de MS (Murashige y Skoog, 1962), durante siete días. Después de emitida la primera hoja se transfirieron, de forma independiente, a bandejas metálicas con una mezcla de suelo y materia orgánica (50/50 %).

Tratamientos y diseño experimental: se realizaron tres ensayos donde se evaluaron, en cada caso, cinco tratamientos con diferentes dosis de irradiación con ^{60}Co (50, 100, 150, 200, 250 Gy) y un control sin irradiar. Se empleó un diseño completamente al azar con tres repeticiones para cada tratamiento con 60 semillas cada caso y la unidad experimental fueron placas de Petri.

Variables de análisis: posterior al traslado en las placas de Petri se midió a los siete días la Germinación (%) y la Longitud de la primera hoja (cm).

Análisis estadístico: para la variable expresada en porciento se le realizó el análisis de los supuestos teóricos del análisis de varianza Normalidad de los errores por la dócima Shapiro-Wilk (1965) y Homogeneidad de Varianza por la dócima de Levene (1960), al incumplir estos supuestos, se realizó análisis de varianza no paramétrico Kruskal Wallis y se aplicó dócima de Conover (1999) para $p<0,05$.

Se realizó análisis de varianza según diseño completamente aleatorizado y para la comparación de medias se utilizó la dócima de Duncan (1955) para $p<0.05$. El procesamiento de los datos se realizó en los paquetes estadísticos STATISTICA (2003), para el análisis de los supuestos del análisis de varianza e InfoStat versión 2012 (Di Rienzo *et al.* 2012), para el análisis no paramétrico y el análisis de varianza completamente aleatorizado.

Resultados y discusión:

En los tres ensayos se observó diferencias significativas para la variable longitud de la hoja entre todos los tratamientos (tabla 1). Los tratamientos con dosis mayores a 100 Gy disminuyeron la longitud de la hoja de las plantas germinadas. El efecto estimulante se halló en la dosis de 50 Gy, en la cual se obtuvo hasta 3 cm de longitud de la hoja en uno de los ensayos. La dosis de irradiación con ^{60}Co que redujo el 50% del crecimiento de las plantas se encontró a los 150 Gy, comparada con el tratamiento control sin irradiar.

El análisis de la variable porcentaje de germinación de las semillas gámicas irradiadas, no demostró diferencias significativas entre los tratamientos para cada ensayo (tabla 2). Sin embargo, el tratamiento con dosis de 150 Gy presentó un efecto estimulante en las semillas ya que se obtuvo valores en el intervalo de diez y 22 % de germinación entre los ensayos. La dosis de 100 Gy causó la reducción de la germinación con valores por debajo de los hallados en el tratamiento control.

Cruz *et al.* (1991) determinaron el efecto de las radiaciones gamma en el porcentaje de germinación de semillas sexuales de *C. purpureus* var. King grass, donde encontraron valores entre 8 % para el control sin irradiar y 17 % para la dosis de estimulación a 100 Gy en el intervalo de dosis de 0 a 500 Gy. Además, en este estudio se evaluó la altura de las plantas como otro indicador morfológico de variabilidad entre los mutantes obtenidos y como resultado dos de los materiales (154 y 155) presentaron enanismo.

Tabla 1. *Influencia de las irradiaciones con ^{60}Co en la longitud de la hoja de plantas obtenidas a partir de semillas gámicas de C. purpureus CT-608*

Tratam Longitud de la hoja (cm)	Dosis de irradiación con ^{60}Co (Gy) 0	50	100	150	200	250	EE y Signif.
Ensayo 1	2,47 ^{a}	2,33 ^{ab}	2,25 ^{ab}	2,00 ^{b}	0,74 ^{c}	0,50 ^{c}	±0,12 p<0,0001
Ensayo 2	2,72 ^{a}	3,03 ^{a}	2,21 ^{b}	1,24 ^{c}	1,32 ^{c}	1,49 ^{c}	±0,17 p<0,0001
Ensayo 3	2,45 ^{a}	2,37 ^{a}	1,58 ^{b}	1,86 ^{b}	1,65 ^{b}	1,13 ^{c}	±0,13 p<0,0001

a,b,c: letras distintas indican diferencias significativas para p<0,05

Tabla 2. *Influencia de las irradiaciones con ^{60}Co en la germinación de semillas gámicas de C. purpureus CT-608*

Tratam % de Germinación	Dosis de irradiación con ^{60}Co (Gy) 0	50	100	150	200	250	Signif.
Ensayo 1	6,50 (13,88) DE=2,55	5,17 (12,77) DE=0,96	8,17 (15,00) DE=3,34	16,00 (22,77) DE=4,19	12,50 (17,78) DE=3,85	8,67 (15,55) DE=3,47	p=0,1167
Ensayo 2	8,33 (12,22) DE=2,55	14,83 (17,22) DE=3,47	6,33 (9,44) DE=5,09	7,17 (10,00) DE=6,01	9,33 (12,78) DE=2,55	11,00 (13,89) DE=0,96	p=0,3947
Ensayo 3	9,17 (10,55) DE=5,09	12,83 (13,33) DE=2,89	7,00 (8,89) DE=3,47	15,83 (15,55) DE=1,92	7,83 (9,44) DE=3,47	4,33 (6,66) DE=1,67	p=0,0977

() media general

DE: desviación estándar



En otras gramíneas forrajeras Álvarez-Holguín *et al.* (2017), evaluaron el efecto de la irradiación con ^{60}Co en semillas gámicas en las cuales se empleó las dosis de 100, 200, 300, 450, 600 y 900 Gy en las especies navajita (*Bouteloua gracilis* (Kunth) Lag. ex Griffiths), banderita (*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.), buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) y llorón (*Eragrostis curvula* (Schrad.) Nees). En este estudio se determinó la DL_{50} y la dosis donde se reduce el 50% del crecimiento RC_{50}, para conocer la dosis óptima de irradiación para inducir mutaciones en estas especies y se evaluaron las variables porcentaje de germinación, índice de velocidad de germinación, longitud de plúmula y longitud de radícula.

Los autores encontraron como resultado que en general, los valores de las variables disminuyeron conforme se incrementó la dosis de irradiación, lo cual permitió determinar la DL_{50} y RC_{50} para cada especie. La media ponderada se obtuvo a los 628, 712, 698 y 411 Gy para los pastos llorón, buffel, banderita y navajita, respectivamente y recomendaron estas dosis para realizar mejoramiento genético a través de mutagénesis con irradiación gamma (Álvarez-Holguín *et al.,* 2017).

En otras especies de gramíneas como *Zea mays* L. se obtuvo inhibición en el porcentaje de germinación de semillas cuando se emplearon dosis de irradiación con ^{60}Co superior a 100 Gy lo que afectó el desarrollo normal de la planta y los niveles de clorofila (Marcu *et al.,* 2013). Además, en Trigo (*Triticum aestivum* L.) se reporta incremento en el rendimiento y disminucion de la altura cuando se empleó dosis de 250 Gy (Kim *et al.,* 2019).

Los resultados obtenidos en el presente estudio y los ejemplos mencionados demuestran la marcada diferencia de las dosis de irradiación con ^{60}Co en las especies de gramíneas, y como puede variar la respuesta en los indicadore morfológicos y los reproductivos, entre géneros y accesiones de la misma especie. Características morfológicas como la longitud de la hoja y la altura de la planta, y reproductivas como el porcentaje de germinación, son altamente susceptibles a sufrir cambios por la influencia de las radiaciones gamma, estas mutaciones son de especial interés para obtención de nuevas variedades.

CONCLUSIONES

La irradiación con ^{60}Co influyó en la disminución de longitud de la hoja a partir de la dosis de 100 Gy, y no presentó diferencias significativas ($p<0.05$) entre los tratamientos y el porcentaje de germinación de semillas gámicas de *C. purpureus* CT-608.

BIBLIOGRAFÍA

Álvarez-Holguín, A., Corrales-Lerma, R., Morales-Nieto, C. R., Hugo, C., Arrazate, A. & Villarreal-Guerrero, F. 2017. Dosis óptima de irradiación gamma con Co^{60} para inducción de mutagénesis en pastos. Nova Scientia, 9 (2): 65 – 82. ISSN: 2007 – 0705

Ángeles-Espino, A., Valencia-Botín, A. J., Virgen-Calleros, G., Ramírez-Serrano, C., Paredes-Gutiérrez, L., & Hurtado-De la Peña, S. 2013. Determinación de la dosis letal (DL_{50}) con Co^{60} en vitroplántulas de *Agave tequilana* var. Azul. Revista Fitotecnia Mexicana, 36(4): 381-386. ISSN: 0187-7380.

Avendaño-Arrazate, C. H., Cadena-Íñiguez, J., Arévalo-Galarza, M. L., Cisneros-Solano, V. M., Aguirre-Medina, J. F., Moreno-Pérez E, C., Cortés-Cruz, M., Castillo-Martínez, C. R. & Ramírez-Vallejo, P. 2012. Variación genética en el complejo infraespecífico de chayote evaluada mediante sistemas isoenzimáticos. Pesquisa agropecuária. brasileria. Brasília, 47(2): 244-252. ISSN: 1678 -3921. DOI: https://doi.org/10.1590/S0100- 204X2012000200013

Conover, W. J. 1999. Practical nonparametric statistics. 3th Edition. Ed. John Wiley and Sons, Hoboken. pp. 1-608. ISBN: 978-0-471-16068-7

Cruz, R., Herrera, R. S., Padrón, E., Martínez, R. O., Marta Monzote, Tuero, R. & García, M. 1991. Effect of gamma radiations in *Pennisetum purpureum* cv. King grass, *Cynodon nlemfuensis* cv. Jamaicano and *Leucaena leucocephala* cv. Perú. Cuban Journal of Agricultural Science, 25(3): 301-306. ISSN: 2079-3480

Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., González, L., Tablada, M. & Robledo, C. W. 2012. InfoStat versión 2012. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL http://www.infostat.com.ar

Duncan, D.B. 1955. Multiple range and múltiple F test. Biometrics, 11(1): 1-42. ISSN: 1541-0420

Herrera, R. S., Cruz, R., Martínez, R. O. & Padrón, E. 1991. Aplicación de las técnicas nucleares para la obtención de mutantes en pastos y forrajes en Cuba. En: Plant Mutation Breeding for Crop Improvement. International Atomic Energy Agency. Viena. Vol. 1, p. 505-512.

Kim, Sang Hoon, Kim, Y. S., Lee, H. J., Jo, Y. D., Kim, J. B., & Kang, S. Y. 2019. Biological effects of three types of ionizing radiation on creeping bentgrass. International Journal of Radiation Biology, 95(9): 1–6. ISSN: 1362-3095. DOI: https://doi.org/10.1080/09553002.2019.1619953

Levene, H. 1960. Robust tests for equality of variances. In: Contributions to Probability and Statistics: Essays in Honor of Harold Hotelling. Ed. by I. Olkin *et al.* Palo Alto, CA: Stanford University Press, pp. 278-292. ISBN: 0804705968

Marcu, D., Cristea, V. & Daraban, L. 2013. Dose-dependent effects of gamma radiation on lettuce (*Lactuca sativa* var. capitata) seedlings. International Journal of Radiation Biology, 89(3): 219–223. ISSN: 1362-3095. DOI: https://doi.org/10.3109/09553002.2013.734946

Murashige, T. & Skoog, F. 1962. A revised medium for rapid growth and biossays with tobacco tissue culture. Physiologia Plantarum, 15: 473-497. ISSN: 1399-3054. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.x

Olasupo, F.O., Ilori, C.O., Forster, B.P. & Bado, S. 2016. Mutagenic effects of gamma radiation on eight accessions of Cowpea (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.). American Journal of Plant Sciences, 7: 339-351. ISSN: 2158-2750. DOI: https://doi.org/10.4236/ajps.2016.72034.

Shapiro, S. & Wilk, B. 1965. An análisis of variante test for normalita (complete simples). Biométrica, 52: 591-611. ISSN: 0210-4199.

StatSoft, Inc. 2003. STATISTICA (data analysis software system), version 7. www.statsoft.com.

Thole, V., Peraldi, A., Worland, B., Nicholson, P., Doonan, J. H. & Vain, P. 2012. T-DNA mutagenesis in *Brachypodium distachyon*. Journal of Experimentañ Botany, 63(2): 567–576. ISSN: 1460-2431. DOI: https://doi.org/10.1093/jxb/err333



BMA-64. Efecto del 2,4-D y variantes de combinaciones de fitohormonas en la inducción de callos en *Cenchrus purpureus* CT-608

Effect of 2,4-D and different phytohormone combinations on callus induction in *Cenchrus purpureus* CT-608

M. Pérez Pérez[1]; A. Abreu Cruz[1]; M. Isidrón Pérez[1]; N. González Ruiz[1]; R. S. Herrera García[2] y A. R. Hernández Montesinos[2]*

[1]Universidad Agraria de La Habana "Fructuoso Rodríguez Pérez"(UNAH), San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

[2]Instituto de Ciencia Animal (ICA), San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

[*]Correspondencia a: andresraulhm@gmail.com

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo determinar el efecto de la combinación entre el 2,4-D y variantes de fitohormonas en la inducción de callos en *C. purpureus* CT-608. Los experimentos se desarrollaron en el laboratorio de Biotecnología Vegetal de la facultad de Agronomía de la Universidad Agraria de la Habana. Como material vegetal se emplearon ápices caulinares de *C. purpureus* CT-608 y se realizaron tres experimentos con cuatro tratamientos compuestos por variantes de combinaciones de reguladores del crecimiento vegetal (2,4-D, 6-BAP, AIA, ANA y AIB). Posterior a la siembra se analizaron mediante observación, a los 60 días, la formación de callos y los explantes cloróticos. En los resultados se observó que al utilizar concentraciones de 1 mg/L de 6-BAP, ANA, AIB y AIA en combinación con 1 y 3 mg/L de 2,4-D, los explantes no tuvieron la capacidad de formar callos y se encontraban cloróticos. En el primer y segundo ensayo se evidenció que el tratamiento con concentración de 3 mg/L de 2,4-D estimuló la formación de callos en la superficie del explante sin embargo, en el tercer experimento no se obtuvo este comportamiento. En el tratamiento donde se empleó 1 mg/L de ANA se percibió la rápida formación de raíces. La concentración de 3 mg/L de 2,4-D sin combinar con otros reguladores del crecimiento vegetal, inducen la formación de callos en explantes de *C. purpureus* CT-608.

Palabras clave*: explante, forraje, reguladores del crecimiento*

ABSTRACT

This study aimed to determine the effect of 2,4-D combined with variant phytohormones on callus induction in *Cenchrus purpureus* CT-608. Experiments were conducted at the Plant Biotechnology Laboratory of the Faculty of Agronomy, Agrarian University of Havana. Stem apices of *C. purpureus* CT-608 were employed as plant material, with three experiments comprising four treatments of variant plant growth regulator combinations (2,4-D, 6-BAP, IAA, NAA, and IBA). At 60 days post-culturing, callus formation and chlorotic explants were analyzed through observation. Results indicated that explants treated with combinations of 1 mg/L 6-BAP, NAA, IBA, and IAA plus 1 or 3 mg/L 2,4-D failed to form calli and exhibited chlorosis. In the first and second trials, 3 mg/L 2,4-D stimulated callus formation on explant surfaces; however, this response was not observed in the third experiment. The treatment with 1 mg/L NAA prompted rapid root formation. Uncombined 3 mg/L 2,4-D induced callus formation in *C. purpureus* CT-608 explants.

Keywords*: explant, forage, growth regulators*

INTRODUCCIÓN

Cenchrus purpureus (Schumach.) Morrone es uno de los cultivos forrajeros tropicales más importantes en la alimentación de especies rumiantes, debido a su amplia utilización en sistemas de alimentación de corte y acarreo, esto se debe a su elevado rendimiento de biomasa por unidad de superficie, tolerancia a la sequía intermitente y eficiencia en el uso del agua. Además, posee excelente calidad del forraje, resistencia a enfermedades y fácil propagación (Anderson *et al.,* 2016; Nguyen *et al.,* 2021; Tan *et al.,* 2022).

Los reguladores de crecimiento más usados en la iniciación y mantenimiento del cultivo de callo son el ácido indol-3-acético (AIA), ácido naftalén acético (ANA) y el ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4 -D), en concentraciones que generalmente oscilan de 0.1 a 10.0 mg/L. Estas sustancias químicas tienen la capacidad de regular el crecimiento, la división celular y la diferenciación de raíces en cultivo *in vitro*. La auxina sintética 2,4-D, es un potente agente mutagénico que induce variabilidad genética en el cultivo *in vitro* y su inclusión en el medio de cultivo incrementa el crecimiento desordenado de las células formadoras de callos. Bajas concentraciones de esta auxina permiten la formación de blancas y compactas masas de callos y no comprometen la regeneración de plantas (Blanca, 2015; Krishnamurthy *et al*., 2015).

En *C. purpureus* Haydu y Vasil (1981) reportaron la formación de plantas a partir de callos utilizando 2,4 D y requirieron un tiempo no menor de tres meses para la regeneración. Además, Herrera *et al.* (2003) emplearon concentraciones de 3 mg/L de 2-4 D para la formación de callos en un experimento para inducir variación somaclonal en *C. purpureus* Cuba

CT-115, con el objetivo de obtener plantas tolerantes a la sequía y salinidad. Por otra parte, Llanes *et al.* (2005) utilizaron el ANA en concentraciones de 0,5, 1 y 2 mg/L para inducir callos a partir de explantes de hojas inmaduras de *C. purpureus* Cuba CT-115.

En la actualidad se desarrollan investigaciones para inducir variación somaclonal mediante la inducción de callos con 2,4-D con la finalidad de obtener nuevos mutantes de *C. purpureus.* Sin embargo, la relación de esta auxina con otros reguladores del crecimiento no se ha estudiado, con profundidad, en la formación de callos en esta especie forrajera. Por lo que el objetivo del presente estudio consistió en determinar el efecto de la combinación entre el 2,4-D y variantes de fitohormonas en la inducción de callos en *C. purpureus* CT-608.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los experimentos se realizaron en el Laboratorio de Biotecnología de la Facultad de Agronomía de la Universidad Agraria de la Habana (UNAH). Para la realización de los experimentos de regeneración por organogénesis indirecta de *C. purpureus* CT-608, se siguieron los criterios propuestos por Herrera *et al.* (2003) y Llanes *et al.* (2005) a los cuales se les realizaron modificaciones en las concentraciones de hormonas y en el procedimiento de la metodología.

Material vegetal: Se tomaron ápices caulinares de *C. purpureus* CT-608, con la misma edad de rebrote, y establecidas en el banco de semillas del área de aclimatación perteneciente a la Facultad de Agronomía de la Universidad Agraria de la Habana (UNAH).

Siembra y desinfección: La siembra de los explantes se realizó en el flujo laminar previamente desinfectado con etanol al 70% y con el uso de lámpara de luz ultravioleta por 30 min antes de comenzar la implantación. Los explantes se fraccionaron y se extrajeron los meristemos apicales y seguido se desinfectaron con etanol al 70% durante 1 minuto. Posterior, se lavaron con suficiente agua destilada estéril e hipoclorito de sodio (NaClO) al 4% durante 15 min. Por último, se lavaron con suficiente agua destilada estéril antes de realizar la siembra.

A continuación de la desinfección, los explantes se establecieron en tubos de ensayo con 15 mL de medio de cultivo basal Murashige y Skoog (1962) (MS), suplementado con 30 g L de sacarosa, 8 g L de agar, y diferentes combinaciones de concentraciones hormonales (2,4-D, 6-BAP, AIA, ANA y AIB) que constituyeron los tres experimentos de inducción de callos (tabla 1). En la preparación del medio se ajustó el pH a 5,7 con hidróxido de sodio al 0,1 N y ácido clorhídrico al 0,1 N antes de la esterilización, que se realizó en autoclave a 121 ºC y 1,5 kg cm-2 de presión durante 20 minutos.

Después de implantar los ápices caulinares se incubaron en cámara de crecimiento, en oscuridad durante 60 días, con humedad relativa de 70 ± 5 %, y temperatura de 25 ± 2 °C. Posterior a la siembra *in vitro* se analizaron mediante observación, a los 60 días, la formación de callos y los explantes cloróticos.

Tabla 1. *Combinaciones de reguladores del crecimiento empleadas en los experimentos de inducción de callos en C. purpureus CT-608.*

Experimento	Tratamientos	Concentraciones de hormonas (mg/L)				
		6-BAP	2,4-D	ANA	AIA	AIB
1	T0	-	-	-	-	-
	T1	-	3	-	-	-
	T2	1	1	1	-	-
	T3	1	3	1	-	-
2	T0	-	-	-	-	-
	T1	-	3	-	-	-
	T2	1	1	-	1	-
	T3	1	3	-	1	-
3	T0	-	-	-	-	-
	T1	-	3	-	-	-
	T2	1	1	-	-	1
	T3	1	3	-	-	1

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del primer experimento demostraron que en el intervalo de 30 a 45 días se logran obtener masas de callos organogénicos en la superficie cortada del explante, en el tratamiento T1 con 3mg/L de 2,4-D (figura 1.a.). En los tratamientos donde se emplearon las combinaciones de (2,4-D, 6-BAP y ANA) y el control, no se indujo callos a los 60 días de ejecución del ensayo, sin embargo, se formaron raíces en los explantes cloróticos del tratamiento con 1 mg/L de ANA (figura 1.b.). Llanes *et al.* (2005), percibieron la rápida formación de raíces con concentraciones de 1 y 2 mg/L de ANA en un experimento para inducir callos en explantes de hojas inmaduras de *C. purpureus* Cuba CT-115. Sin embargo, Enríquez *et al.* (1997) no encontraron formación adventicia de raíces al utilizar concentración de 2 mg/L de ANA en *Saccharum officinarum* L.

En el segundo experimento se combinaron las auxinas 2,4-D y AIA, y la citocinina 6-BAP en diferentes concentraciones. Como resultado se obtuvo a los 60 días, en el tratamiento con 3mg/L de 2,4-D, la formación de callos embriogénicos en algunos de los casos y en otros se indujo masas amorfas de tejido vegetal sin diferenciar (figura 1.c.). Los tratamientos donde se incluyó el AIA y el control, no formaron callos y los explantes presentaron clorosis. Herrera *et al.* (2003), empleó medio basal MS, suplementado con 3 mg/L de 2-4 D para la formación de callos e incluyó 0,5 mg/L de AIA y 1 mg/L de 6-BAP para la inducción y diferenciación de brotes en *C. purpureus* Cuba CT-115.

La combinación de reguladores del crecimiento vegetal empleados en los tratamientos del tercer experimento no indujo callos en ninguno de los casos incluido el control. Sin embargo, en el tratamiento testigo se observó la formación de plantas cloróticas con todos sus órganos vegetativos (figura 1.d.). Se verificó en los tres ensayos, que al utilizar concentraciones de 1 mg/L de 6-BAP, ANA, AIB y AIA en el medio de cultivo, no favoreció la formación de callos a partir de explantes apicales de *C. purpureus* CT-608, aun cuando se variaron las concentraciones de 2,4-D.

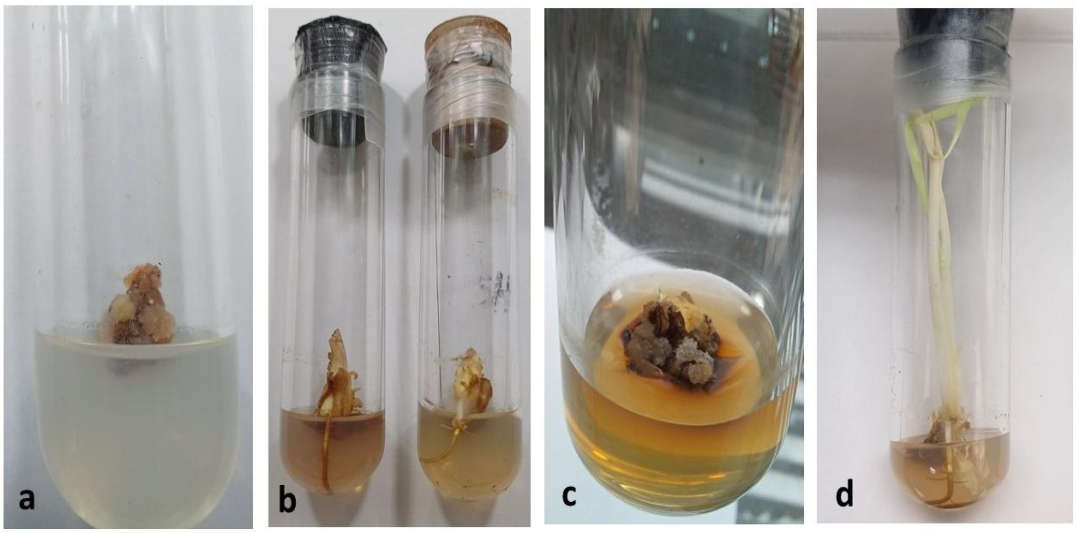


Figura 1. *a. Inducción de callo organogénico con 3 mg/L 2,4-D en el Experimento 1. b. Explantes cloróticos con formación de raíces en el tratamiento con 1 mg/L de ANA en el Experimento 1. c. Callo embriogénico obtenido con 3 mg/L 2,4-D en el Experimento 2. d. Desarrollo de planta clorótica con todos sus órganos vegetativos en el tratamiento control del Experimento 3.*

En Poaceae, por lo general, se utiliza el 2,4-D para la inducción de callos (Wang *et al.*, 2001). Esta hormona es un potente agente mutagénico que induce variabilidad genética en el cultivo *in vitro* por lo que es muy común su uso en programas de mejoramiento genético por inducción de variación somaclonal (Blanca, 2015; Krishnamurthy *et al.*, 2015).

En otra especie del género *Cenchrus* se reportan estudios en los que se emplea el 2,4-D en la formación de callos, como el realizado por Kumar *et al.* (2015) en *Cenchrus ciliaris* L. En la investigación emplearon esta auxina para micropropagar una rara planta sexual obligada de *C. ciliaris* (IGFRI-CcSx-08/1), mediante la inducción de callos a partir de inflorescencias inmaduras y medio de cultivo compuesto por MS, suplementado con ácido 3,5 mg L. Como resultado obtuvieron plantas genéticamente idénticas al donante con un 70 % de supervivencia en condiciones *ex vitro*.

Por otra parte, Shashi (2021) desarrolló un protocolo de regeneración vegetal altamente reproducible mediante embriogénesis somática y organogénesis de brotes para *C. ciliaris*. En el cual utilizó tres explantes (semillas, ápices de brotes e inflorescencias inmaduras) de cuatro genotipos (IG-3108, IG-718, IG-74 y DBC15-8/32/10) para la inducción de callos y la regeneración vegetal. Como resultado obtuvo la mayor tasa de formación de callos, para todos los tipos de explantes, con el medio MS suplementado con 0,5 mg L de 6-BAP y 3 mg L de 2,4-D.

CONCLUSIONES

La concentración de 3 mg/L de 2,4-D sin combinar con otros reguladores del crecimiento vegetal, inducen la formación de callos. El ANA en concentración de 1 mg/L estimula la formación de raíces en explantes de *C. purpureus* CT-608.

BIBLIOGRAFÍA

Anderson, W. F., Sarath, G., Edme, S., Casler, M. D., Mitchell, R. B., Tobias, C. M., Hale, A. L., Sattler, S. E. & Knoll, J. E. 2016. Dedicated herbaceous biomass feedstock genetics and development. BioEnergy Research, 9 (2): 399-411. ISSN: 1939-1242. DOI: https://doi.org/10.1007/s12155-015-9709-8.

Blanca, V. 2015. ¿Cómo se forman los nuevos órganos *in vitro*? Capítulo 6. En: Plantas de probeta: manual para la propagación de plantas por cultivo de tejidos *in vitro*. 1a ed. Adaptada. Eds. Sandra Sharry, Marina Adema y Walter Abedini. Ed. Universidad Nacional de La Plata (EDULP), Buenos Aires, Argentina. p. 92. ISBN. 978-950-34-1254-1

Enríquez, G. A., Vazquez-Padrón, R. I., Prieto-Samsonov, D. L., Perez, M. & Selman-Housein, G. 1997. Genetic transformation of sugarcane by Agrobacterium tumefaciens using antioxidant compounds. Biotecnología Aplicada 14:169-174. ISSN: 0864-4551.

Haydu, Z. & Vasil, I. K. 1981. Somatic embryogenesis and plant regeneration from leaf tissues and anthers of *Pennisetum purpureum* Schum. Theoretical and Applied Genetics, 59: 269-273. ISSN: 1432-2242. DOI: https://doi.org/10.1007/BF00264978

Herrera, R. S., Chaplé, Z., Cruz, A. M., Romero, A. & García, M. 2003. Obtainment of *Pennisetum purpureum* plantles resistant to drought and salinity. Technical note. Cuban Journal of Agricultural Science. 37(2): 189-191. ISSN: 2079-3472.

Krishnamurthy, K. V., Bahadur, Bir. John Adams, S. & Venkatasubramanian Padma. 2015. Development and Organization of Cell Types and Tissues. In: Plant Biology and Biotechnology. Volume I: Plant Diversity, Organization, Function and Improvement. Bir Bahadur, Manchikatla Venkat Rajam, Leela Sahijram and K.V. Krishnamurthy (eds.). Ed. Springer New Delhi Heidelberg New York Dordrecht London. p. 95. ISBN 978-81-322-2286-6

Kumar, S., Sahu, N. & Singh, A. 2015. High-frequency *in vitro* plant regeneration via callus induction in a rare sexual plant of *Cenchrus ciliaris* L. *In Vitro* Cellular & Developmental Biology-Plant, 51, 28-34. DOI: https://doi.org/10.1007/s11627-015-9664-2

Llanes, L., Enríquez, G. & Herrera, R. S. 2005. Formación de brotes por cultivo *in vitro* en *Pennisetum purpureum* vc. Cuba CT-115. I Congreso de Producción Animal, La Habana. CD-ROM. p. 1564

Murashige, T. & Skoog, F. 1962. A revised medium for rapid growth and biossays with tobacco tissue culture. Physiologia Plantarum, 15: 473-497. ISSN: 1399-3054. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.x

Nguyen, B. T., Le, L. B., Pham, L. P., Nguyen, H. T., Tran, T. D. & Van Thai, N. 2021. The effects of biochar on the biomass yield of elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schumach) and properties of acidic soils. Industrial Crops and Products, 161: 113224. ISSN: 1872-633X. DOI: https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.113224

Shashi, B. V. 2021. Enhanced somatic embryogenesis and plantlet regeneration in *Cenchrus ciliaris* L. In Vitro Cellular & Developmental Biology – Plant, 57: 99–509. ISSN: 1054-5476. DOI: https://doi.org/10.1007/s11627-020-10148-y

Tan, F., He, L., Zhu, Q., Wang, Y., Chen, C. & He, M. 2022. *Pennisetum* hydridum: a potential energy crop with multiple functions and the current status in China. BioEnergy Research. 15: 850–862. ISSN: 1939-1242. DOI: https://doi.org/10.1007/s12155-021-10263-7

Wang, Z., Hopkins, A. & Mian, R. 2001. Forage and Turf Grass Biotechnology. Critical Reviews in Plant Sciences, 20(6): 573–619. ISSN: 1549-7836. DOI: https://doi.org/10.1080/20013591099281



BMA-65. Empleo de Guácima (*Guazuma ulmifolia* Lam.), Algarrobo del país (*Albizia saman* (Jacq.) Merr.) y Chote (*Palmentiera edulis* D.C.), como árboles en potreros

Use of Guácima (*Guazuma ulmifolia* Lam.), Algarrobo del país (*Albizia saman* (Jacq.) Merr.) and Chote (*Palmentiera edulis* D.C.) as trees in pastures

E. Rodríguez del Rio[1] y F. Medinilla Nápoles[2**].*

[1]UCTB Estación Experimental de Pastos y Forrajes de Sancti Spíritus. IIPF. Cuba.

[2]Centro Meteorológico Provincial de Sancti Spíritus, INSMET, CITMA. Cuba.

[*]Correspondencia a: emigdiogr9@gmail.com

[**]Correspondencia a: fernando.medinilla@ssp.insmet.cu. fmedinillan66@gmail.com

RESUMEN

Hoy en día, por diversas razones, el cultivo de pasturas mejoradas es mínimo y la vegetación natural está regresando, incluyendo pasturas naturales y árboles, que contribuyen a restaurar el equilibrio ecológico al tiempo que brindan comodidad y alimento a los animales. Numerosas especies de árboles se establecen en pasturas como vegetación sucesional, y otras requieren control. Por estas razones, el objetivo de este estudio es evaluar cualitativamente la relevancia de establecer tres especies de árboles, como Guácima (*Guazuma ulmifolia* Lam.), Algarrobo del país (*Albizia saman* (Jacq.) Merr.) y Chote (*Palmentiera edulis* D.C.), en sistemas ganaderos. Los métodos utilizados fueron un diseño transversal no experimental, y se utilizaron entrevistas y observación científica para obtener datos. Las entrevistas se realizaron utilizando una guía semiestructurada, adaptada para este estudio con base en la propuesta de los autores. Se confirmó que estas tres especies son las más apropiadas para formar el componente principal de los sistemas de pastizales (silvopastoril), independientemente de otras. La encuesta no sólo preguntó cuáles de estas especies eran preferidas, sino que también ofreció la oportunidad de proponer otras e indagó sobre sus principales propósitos, como sombra y alimento, métodos de propagación y su potencial productivo.

Palabras clave: *ecosistema*, *pastizales*, *silvopastoreo*, *alimentación animal*.

ABSTRACT

Today, for various reasons, the cultivation of improved pastures is minimal, and natural vegetation is returning, including natural pastures and trees, which contribute to restoring ecological balance while providing comfort and food for animals. Numerous tree species establish themselves in pastures as successional vegetation, and others require control. For these reasons, the objective of this study is to qualitatively evaluate the relevance of establishing three tree species, such as Guácima (*Guazuma ulmifolia* Lam.), Albizia saman (*Albizia saman* (Jacq.) Merr.), and Chote (*Palmentiera edulis* D.C.), in livestock systems. The methods used were a non-experimental cross-sectional design, and interviews and scientific observation were used to obtain data. The interviews were conducted using a semi-structured guide, adapted for this study based on the authors' proposal. It was confirmed that these three species are the most appropriate to form the main component of grassland systems (silvopasture), independent of others. The survey not only asked which of these species were preferred, but also offered the opportunity to propose others and inquired about their main purposes, such as shade and food, propagation methods, and their productive potential.

Keywords: *ecosystem, grasslands, silvopasture, animal feed.*

INTRODUCCIÓN

Durante años la producción ganadera en Cuba provocó la sustitución del bosque original en praderas, carentes de árboles o con muy poca presencia; se hizo un denodado esfuerzo en el cultivo de pastos mejorados, con los que mediante el pastoreo directo o la producción de heno y silos, además del forraje verde y la suplementación con residuos de la industria azucarera en lo fundamental, se desarrolló un modelo de producción que aumentó la producción de leche y carne, pero no con la eficiencia económica productiva esperada ni la sostenibilidad deseada (Iglesias *et al.*, 2011).

En la actualidad, las limitaciones de recursos, el alto costo de los combustibles, los fertilizantes y los piensos, unido a la degradación ambiental y los efectos del cambio climático hacen insostenible este modelo de producción. Se impone un cambio del que la propia naturaleza en parte se está encargando. Los pastos mejorados están siendo reemplazados por los naturales y las especies arbóreas y arbustivas proscritas en la ganadería están ocupando su espacio.

El gran reto de la ganadería moderna consiste en incrementar la producción de carne y leche en forma acelerada y sostenible, de tal manera que permita suplir la demanda de la población y que, además, garantice la conservación de los recursos naturales y del medio ambiente. Dentro del esfuerzo en la generación y aplicación de tecnologías apropiadas

a las características de nuestro medio, se visualiza la actividad ganadera en sistemas silvopastoriles, que constituyen un enfoque válido, necesario y actual en la capacitación, investigación y transferencia para el desarrollo de la producción animal en nuestro país. Un sistema silvopastoril, es cualquier situación donde se desarrollen conjuntamente, boles o arbustos con pasturas y animales, en un manejo integral cuyo objetivo principal sea incrementar el beneficio neto por hectárea a largo plazo (Giraldo, 1996).

En el presente trabajo se propone el empleo de tres especies forestales: Guácima (*Guazuma ulmifolia* Lam.), Algarrobo del País (*Albizia saman* (Jacq.) Merr.) y Chote (*Palmentiera edulis* D.C.), de relevante importancia en la alimentación y confort animal, como componente arbóreo principal en las áreas de pastizales, lo que se puede definir como Árboles en Potrero o Sistemas Silvopastoriles. No se trata de hacer un monocultivo de estas especies sino que de una forma u otra sean las de mayor presencia; además de otras que también contribuyan en la alimentación, el bienestar animal, la mejora del entorno y del ecosistema en general.

Mediante la caracterización de las especies propuestas se pretende que productores y personas dedicadas a la ganadería obtengan conocimiento de sus cualidades para la reforestación en potreros, con lo que se puede lograr el mejoramiento gradual de la fertilidad de los suelos, la infiltración del agua gracias al proceso de descompactación, la disminución de los procesos erosivos, el embellecimiento del paisaje y el refugio de la fauna silvestre, el confort de los animales y hasta de las personas y en particular su decisiva contribución en la alimentación de la masa en el periodo seco, en el que los pastos se deprimen; gracias a su potencial productivo de frutos y forraje de calidad. En la naturaleza, guácima y algarrobo del país son especies pioneras en la restauración de ecosistemas degradados y el chote en su área de distribución natural e inclusive en las nuestras puede jugar una función semejante.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación fue de tipo exploratorio y descriptivo, para caracterizar el potencial de uso de especies arbóreas en la producción animal en fincas en desarrollo. Se utilizó un diseño no experimental de corte transversal, y la entrevista y la observación científica como técnicas para la obtención de datos. La entrevista fue desarrollada con el uso de una guía semiestructurada, con arreglos para este trabajo a partir de la propuesta de los autores.

Dentro de los indicadores a evaluar se encuentran:

- Opinión sobre la especie,
- Preferencia por la especie,
- Propósito,
- Período de fructificación,
- Formas de propagación,
- Potencial productivo,
- Otros.

Las entrevistas realizadas abarcaron un universo de 10 productores, 10 técnicos y especialistas forestales y ganaderos y 5 académicos y científicos, para un total de 25 entrevistados. Se realizaron visitas exploratorias a seis fincas ganaderas, vinculadas al proyecto territorial titulado "Mitigación de los impactos de la variabilidad y el cambio climático en la cadena de producción ovina en Sancti Spíritus", el cual está dirigido a acompañar la implementación de las propuestas aprobadas por el Programa SAS-CUBA y mejorar la resiliencia de los sistemas de producción de ganado menor a la variabilidad y el cambio climático, mediante la implementación de buenas prácticas agropecuarias y una transición hacia prácticas agroecológicas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el presente resultado se muestran las opiniones de productores y expertos, que a partir de entrevistas realizadas reflejan una caracterización del uso de estas especies en la crianza de animales, las cuales fueron enriquecidas con el uso de la bibliografía consultada.

Las entrevistas realizadas nos confirmaron, por criterio mayoritario, la hipótesis de que Guácima, Algarrobo del País y Chote pueden y deben ser las especies de máxima prioridad en la reforestación de los ecosistemas ganaderos. Los aspectos de mayor relevancia, destacados por los entrevistados son: el período de fructificación, las formas de propagación y el potencial productivo; además de otras bondades que ofrecen con relación al confort animal y el mejoramiento de los ecosistemas. Entre las tres especies se complementa el período de producción de alimentos distribuido durante todo el año, donde se destaca que el Chote (*Palmentiera edulis* D.C.), ofrece alimento (follaje, flores y frutos) durante todo el año, mientras que las dos restantes ofrecen su máximo potencial productivo en el período poco lluvioso del año, que coincide con la disminución de alimentos provenientes de pastos.



Algunos de los consultados consideran, además de estas, otras como Leucaena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) De Wit.*)*, Palma Real (*Roystonea regia* O.F.Cook), Mango (*Mangifera indica* L.) y Bien Vestido (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp.). Estas no fueron propuestas como prioritarias, por no considerarse que reunieran todos los requisitos; sin embargo, pueden aparecer en cierta medida como complemento de la biodiversidad funcional del sistema.

En las visitas a las fincas se constató la presencia de estas especies. Sin embargo, solamente en tres de las seis, se fomenta su inclusión como sistema alimentario en zonas de pastoreo.

Estos resultados han sido descritos por otros autores en diferentes estudios, los cuales nos permitieron resumir las características de las especies propuestas, como se describe a continuación.

Breve caracterización de las especies propuestas

Guácima (*Guazuma ulmifolia* Lam.), de la familia *malvaceae*, es un árbol de hasta 20 metros de altura, el tronco mide entre 30 y 60 cm de ancho, su dosel es compacto y redondeado, con hojas que permanecen verdes todo el año, excepto en áreas con una estación seca prolongada (Muñoz *et al*., 2012). También se conoce como guácima, guácimo y caulote.

Es un árbol nativo de las regiones tropicales de América. En el estado de Veracruz, México es muy abundante y crece entre la vegetación secundaria, en las tierras de cultivo, pastizales, orillas de caminos, carreteras y en cualquier sitio abandonado o en descanso. Se conoce como un árbol multipropósito porque brinda diversos productos y servicios para la población rural. Regularmente se utiliza su madera como leña o para construir muebles y palos para escobas artesanales, se utiliza como producto medicinal por sus propiedades antidiabéticas y cicatrizantes, y también se utilizan sus frutos y follaje para la alimentación del ganado, entre otros usos (López *et al*., 2020).

Este árbol habita en terrenos planos y suavemente ondulados desde los 27 grados de latitud norte en México hasta los 28 grados de latitud sur en Paraguay y el norte de Argentina y también en las islas del Caribe. Se adapta a climas cálidos tanto húmedos como secos del trópico y subtrópico. Se encuentra desde el nivel del mar hasta los 1 200 metros de altitud. Su rango óptimo de pluviosidad está entre 700 y 1500 mm (Murgueitio *et al*., 2015).

Según Muñoz *et al* (2012), en Cuba crece de forma espontánea formando parte de los bosques semicaducifolios. La planta se clasifica en el grupo funcional de estrategia sucesional de pionera tardía y puede encontrarse tanto en laderas de montañas bajas, como en cañadas y pastizales. Se establece, la mayoría de las veces, de forma natural en lugares abiertos como potreros, áreas de cultivo, e inclusive de ornato público como parques y áreas verdes. De forma empírica, los productores utilizan el follaje para alimentar el ganado en épocas de carestía y los vacunos, ovinos, caprinos y equinos entre otros persiguen sus frutos para consumo.

De las especies propuestas, la guácima o guácimo es un árbol versátil para la ganadería; además de ser una fuente de alimento y árbol de sombra, su madera es utilizada para fabricar productos como cajas y mangos de herramientas, sus semillas, corteza y hojas tienen propiedades medicinales. (FEDEGAN, 2017).

El árbol es reconocido ampliamente como pionero y de gran uso en sistemas silvopastoriles en América del Sur. La planta presenta buena capacidad de adaptación a las condiciones de perturbación, se desarrolla en un amplio rango climático y en distintos tipos de vegetación. Por consiguiente, se recomienda emplear en las primeras fases de reforestación o rehabilitación de áreas degradadas (Muñoz *et al*., 2012). (Murgueito *et al*., 2015) También la consideran como una especie importante para los sistemas de silvopastoreo como árbol multipropósito; como fuente de forraje, frutos comestibles, sombrío para el ganado, leña y carbón. Según los propios autores, el contenido de proteína del guácimo varía entre 13 y 17 % en las hojas y entre 7 y 10 % en los frutos. En las hojas jóvenes la proteína cruda varía entre 16 y 23 % y en los tallos jóvenes entre 7 y 8%.

Algarrobo del País, (*Albizia saman* (Jacq.) Merr. o *Samanea saman)* de la familia Leguminosae (Mimosoideae) (WFO, 2025). Según varios autores es un árbol de gran tamaño que en su hábitat natural puede alcanzar entre 10 y 25 metros de altura. La copa es amplia y simétrica, y está soportada por ramas horizontales que se extienden ampliamente en forma de sombrilla, con follaje plumoso.

Es un árbol oriundo del trópico seco americano, que se ha generalizado en todo el trópico húmedo y subhúmedo. Se extiende desde México, por toda la América o húmedo y subhúmedo. Se extiende desde México, por toda la América Central hacia Colombia y Venezuela en Suramérica. Además, se encuentra naturalizado y ampliamente disperso en la mayor parte de las islas caribeñas, principalmente en Cuba, Jamaica, Puerto Rico e Islas Vírgenes, así como en las islas del Pacífico (Delgado *et al.,* 2014).

El algarrobo crece en suelos ligeros, medios y pesados, y también se adapta a condiciones alcalinas y ácidas. Puede tolerar encharcamientos por cortos períodos. Presenta características peculiares. Brinda excelente sombra, madera, y produce y distribuye gran cantidad de frutos (vainas) de alta calidad nutritiva, que son un importante suplemento forrajero para el ganado durante el período poco lluvioso (Delgado *et al*., 2014).

Además de su utilidad como alimento animal, tiene otros usos importantes como planta melífera, maderable y medicinal. Su forma más común de propagación es por semillas, pero también se reproduce por esquejes y raíces. Muchos de los árboles que se encuentran en pastos pueden ser remanentes de bosques pasados. Es una especie pionera, que coloniza claros y campos abandonados (Palma-García *et al*., 2018). Los mismos autores informan que el algarrobo forma parte de bosques perennifolios y estacionalmente secos, pero en particular de aquellos abiertos de sabana. Crece en mesetas

y llanos (pendientes menores o iguales a 5 %), con drenaje moderado, donde el rango de temperaturas varía de 20 a 38°C, y la precipitación anual fluctúa de 600 a 2 500 mm, con un promedio de 1 400 mm y en altitudes que van desde el nivel del mar hasta los 1 100 metros. Se le puede encontrar a campo abierto, en áreas cultivadas y pastizales, sobreviviendo de dos a seis meses de sequía.

En Cuba se le puede encontrar en sistemas agroforestales como sombra para el café, en lugares que la especie presenta una relativa abundancia se ha extendido por sitios abandonados formando parte de la vegetación sucesional; por su gran porte una vez que logra sobrepasar la altura media de la vegetación sustituye al Marabú (*Dychrostachys cinérea* L.) especie muy conocida en el país por su gran potencial como planta invasora, que ha ocupado grandes extensiones de áreas ganaderas. Coloniza además sitios de potreros donde pastan los animales logrando imponerse.

El algarrobo es una especie de gran rusticidad y resistencia a la sequía, pero es de un desarrollo lento el primer año y solo comienza a fructificar después de unos seis a ocho años desde la plantación, obteniendo su plena productividad a los 10 o 15 años. La maduración del fruto se presenta de febrero a mayo, aunque la máxima producción se presenta de abril a mayo. En Cuba el periodo de floración y fructificación según los resultados de la consulta es similar al de Centroamérica

Para la ganadería, según Palma-García *et al.*, (2018), el algarrobo es una excelente opción no sólo porque su amplia copa provee sombra, sino también porque su habilidad para fijar nitrógeno mejora la cantidad y calidad nutritiva de los pastos cercanos y debajo del árbol. Por otra parte, las vainas son un importante suplemento como forraje para el ganado bovino, ovino, caprino y cerdos durante la época de estiaje. El mismo autor señaló que la principal utilidad del árbol se encuentra en sus vainas carnosas, que se producen en gran abundancia y constituyen un forraje muy bueno para el engorde de todo tipo de animales de pastoreo, que se alimentan de ellos con gusto; los árboles maduros tienen un rendimiento, en promedio de 200 a 250 kg de vainas por árbol, por temporada.

La palatabilidad de los frutos del algarrobo para el ganado se reconoce desde hace mucho tiempo. La digestibilidad total de las vainas de samán, con el uso de la técnica in vitro de dos pasos (digestión ruminal e intestinal) demostraron que esta puede ser tan alta como74 % (Wrangham *et al*. 1991). Cuando los animales se alimentan de las vainas enteras, como sucede en pastoreos naturales, una gran proporción de las semillas intactas pasan a través del tracto digestivo y se expulsan con las heces (Janzen 1983). Por tanto, al hablar de su poder alimenticio tendremos que referirnos a los frutos sin semillas a no ser que estos se cosechen y se procesen como harinas (Delgado *et al*., 2014).

El fruto del algarrobo es oleífero. El aceite que se obtiene de las semillas contiene 5,6 % de ácidos grasos libres y está compuesto por nueve ácidos grasos, de ellos más del 90% son insaturados (Esuoso, 1996).

Para la reforestación en pastizales en Cuba la propagación de la especie debe ser por regeneración natural o por plantación y en algunos casos se pueden combinar ambos métodos. Todo depende de la presencia de la especie, la premura y la economía de los productores.

Se tiene que considerar que en los sitios donde existe en diferentes etapas de desarrollo lo más importante es seleccionar y proteger a los más jóvenes sabiendo que, a pesar de la relativa baja palatabilidad de las hojas, el ganado también daña plantas jóvenes. Mantener un espaciamiento prudencial entre los adultos de tal forma que no exista competencia entre sí o con otras especies o exceso de sombra al pasto. Los árboles se plantan normalmente a espaciamientos amplios en pasturas, 20 o 30 m de separación (Palma-García *et al*., 2018). Por sus altos volúmenes de madera de calidad y la leña, los arboles adultos que sobren o sufran daños y para Cuba y otros países la ocurrencia de ciclones o fuertes vientos puede ser la causa principal, deben ser talados y comercializados, lo que da valor al sistema. El aprovechamiento también puede hacerse en épocas de carestía o si se quiere hacer inversiones u para otros fines.

El chote es un árbol de la familia Bignoniaceae (Domínguez-Orta *et al*., 2018). Su nombre científico aparece en diferentes publicaciones indistintamente como *Palmentiera edulis* D.C. *o Parmentiera edulis*. Esta planta es originaria de México y el Norte de América Central, como El Salvador y Honduras, se distribuye en regiones con climas tropicales, cálidos, semicálidos y templados, así como en alturas de 200 hasta los 2 240 metros sobre el nivel del mar, (Borras-Enriquez *et al*., 2024).

El árbol del chote crece de 5 hasta 15 metros, con un tronco de 30 cm, es un árbol de rápido crecimiento, a los dos o tres años, empieza a producir frutos. Estos pueden desarrollarse tanto en las ramas como en el tronco; su producción es constante. El fruto de chote es alargado y carnoso, de color amarillo-verdoso, (Borras-Enriquez *et al*., 2024).

En el año 1953 el eminente botánico cubano Juan Tomas Roig y Mesa informa que *Palmentiera edulis* D.C., conocida como Ají de Cabaiguán es cultivada en Cabaiguán, provincia de Las Villas (hoy provincia Sancti Spíritus) le llaman ají por la forma de su fruto.

En varias zonas de la provincia Sancti Spíritus y quizás en otras se ha extendido en sitios abandonados y potreros, con gran poder colonizador. Es una planta muy apreciada por la mayoría de los ganaderos no solo por la sombra sino principalmente por su abundante producción de flores y frutos de gran valor nutritivo de forma permanente; muy codiciada por bovinos ovinos caprinos y hasta los cerdos; lógicamente con picos de fructificación, principalmente en la época poco lluviosa. Otros ganaderos que no les gusta la presencia del arbolado en sus fincas o que no tienen la cultura de limpiar periódicamente sus potreros no la aprueban.



La producción del Chote se inicia de 2 a 3 años después del trasplante, con un rendimiento aproximado de 1 000 a 2 000 frutos al año y forma parte de la vegetación nativa. Durante el periodo de sequía, existe la disponibilidad de frutos de chote, los cuales son ávidamente consumidos por bovinos que pastorean libremente. En cuanto a su composición nutricional, contiene fibra cruda, proteína, grasa y extracto libre de nitrógeno, además de un alto contenido de micronutrientes, como vitamina C, Fe, Zn y Cu (Álvarez-Olivera *et al*., 2010; Morales-Sánchez *et al*., 2015).

El fruto de chote se caracteriza por alto contenido de carbohidratos disponibles (82,1 al 86,3%), tales como azúcares simples como la glucosa, fructosa, disacáridos como la sacarosa y polisacáridos como el almidón, y cuando el fruto se encuentra en su máximo estado de madurez presenta un alto nivel de dulzor. Así mismo, contiene fibra dietaría que son moléculas de interés en la salud, ya que no se degradan en el tracto digestivo y genera una sensación de saciedad (sentirse satisfecho al comer). La composición en Porcentaje (%): materia seca 13,0 a 15,0, materia orgánica 82,0 al 91,0, proteínas 0,3 a 3,0, grasas 1,2 a 1,8, carbohidratos disponibles 82,1 a 86,3, azúcares1 5,0 al 7,2, cenizas 2,5 a 3,9, fibra dietaria 2,0 a 3,4.

Durante el periodo de sequía, existe la disponibilidad de frutos de chote, los cuales son ávidamente consumidos por bovinos que pastorean libremente. El chote es un árbol forrajero, a pesar de sus espinas hemos observado vacunos, ovinos y caprinos ramoneando su follaje principalmente en plantas jóvenes, sus frutos son consumidos como alimento (Pérez-Morales *et al*., 2022).

En nuestra ganadería las plantas se han establecido de forma natural, diseminadas por los animales, un esfuerzo por establecer la especie en otros sitios donde no está presente demanda de su cultivo en vivero y su plantación en campo.

De forma general hay dos aspectos a considerar de elevada importancia relacionados con el efecto de la sombra o el área del dosel de los árboles. La primera concerniente al cambio climático. Según Zapata *et al* (2020) la sombra de los árboles mitiga el impacto de los rayos del sol. Los animales y el ser humano encuentran refugio para protegerse durante las horas más inclementes del día. La temperatura bajo los árboles puede fácilmente ser inferior en 3 grados centígrados (o aún mas) comparada con las áreas expuestas directamente a la plena exposición solar. La frescura que proporciona la sombra de los árboles permite que el ganado consuma los pastos y lleve a cabo su digestión con mayor comodidad, con lo que se logra un mejor aprovechamiento del alimento (mejor eficiencia alimentaria). Lo anterior significa mayor producción de leche y carne. Según los propios autores, los animales expuestos a los rayos directos del sol en las horas más cálidas del día sufren lo que se denomina estrés calórico; el consumo de alimento disminuye y se afecta la producción de carne, de leche, y la reproducción.

El otro aspecto se relaciona con la influencia que puede ejercer la sombra sobre el pasto; la presencia de los animales bajo los árboles sobre el pasto y la aparición de otro tipo de vegetación no siempre deseada por los productores. No todas las gramíneas soportan la sombra. Se ha observado que las especies de los géneros *Dichanthium* y *Bothriochloa,* presentes en Cuba y que ocupan gran parte de las áreas de pastizales, son intolerantes a la sombra y según esta aumenta disminuye su presencia. Por el contrario, otro pasto natural: *Paspalum notatum* la soporta y se desarrolla en condiciones de poca luminosidad. Las especies o variedades de *Panicum* (*Megathyrsus maximus*) prefieren ciertos niveles de sombra y las de *Cynodon* también son tolerantes. De igual forma innumerables especies de leguminosas nativas o naturalizadas prefieren o soportan la sombra entre las que podemos citar a los *Desmodium canum*, *ovalifolium,* y *triflorum*, y al *Teramnus labialis*.

El aglomeramiento de animales, casi siempre por la poca presencia del arbolado hace disminuir o desaparecer el pasto. Los propios animales o la avifauna trasladan muchas semillas de plantas herbáceas, arbustivas y arbóreas que bajo los árboles encuentran condiciones propicias para su desarrollo; eliminar las indeseables y favorecer la presencia de otras y en especial de gramíneas y leguminosas tolerantes a la sombra tiene que ser tarea de los ganaderos.

CONCLUSIONES

Las entrevistas realizadas nos confirmaron, por criterio mayoritario, la hipótesis de que Guácima (*Guazuma ulmifolia* Lam.), Algarrobo del País (*Albizia saman* (Jacq.) Merr.) y Chote (*Palmentiera edulis* D.C.) pueden y deben ser las especies de máxima prioridad en la reforestación de los ecosistemas ganaderos.

Dentro de los aspectos de mayor relevancia, destacados por los entrevistados son: el período de fructificación, las formas de propagación y el potencial productivo que se extiende durante todo el año, especialmente en el período poco lluvioso cuando disminuyen sustancialmente los alimentos provenientes de pastos. Estas especies contribuyen además al confort animal y al mejoramiento de los ecosistemas.

BIBLIOGRAFÍA

Álvarez-Olivera P. A., Calzada-Almas, E. y Batisa-Cruz C. 2010. Etnobotánica y propagación de armentiera edulis D.C., árbol de uso múltiple en Cuba. Revista Forestal Baracoa. 29, 1.

Borras-Enriquez A., González, J.L., Veana, F. 2024. Chote… Chote… Cuajilote. Revista - Divulgación de Ciencia y Educación. Mayo – Agosto 2024, Vol. 2, No. 2 34

Delgado, D.C., Beltrán, J., Heras, R., Cairo, J., Horta, Y. 2014. Samanea saman, a multi-purpose tree with potentialities as alternative feed for animals of productive interest. Cuban Journal of Agricultural [En línea]. 2014, 48(3). 205-212. ISSN: 2079-3480. http://cjascience.com/index.php/CJAS/article/view/573.

Domínguez Orta, J. C., & Herrera Martínez, G. 2018. Una delicia en el árbol: el pepino kat. Desde El Herbario CICY, 10, 156–159. http://www.cicy.mx/sitios/desde_herbario/2018.

Esuoso, K. O.1996. The nutritive value of Monkey Pod (Samanea saman) Rivista Italiana delle Sostanze. 73:165

FEDEGAN, 2017. Conozca el árbol guácimo y sus altos niveles proteicos. Federación Colombiana de ganaderos (FEDEGAN). Contecto Ganadero. Com, Bogota, Colombia. http://www.fedegan.org.co/noticias/conozcaelarbolguácimo.

Giraldo, L. A. 1996. Potencial del guácimo (Guazuma ulmifolia) en sistemas silvopastoriles. Agroforestería para la producción animal en América Latina. L. Alfonso Giraldo V. Universidad Nacional de Colombia, Medellín. Colombia.

Iglesias, J., Simón, L., Hernández, I., Castillo, E., Ruíz, T., Valdés, L. R. 2011. Sistemas de producción basados en pastos, forrajes y leñosas forrajeras para la ceba vacuna. En: Milagros Milera, ed. André Voisin: Experiencia y aplicación de su obra en Cuba. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey.

Janzen, D.H. 1983. Pithecellobium saman (Cenízero, Genízero, Raintree). En: Janzen DH (ed) Costa Rican natural history. University of Chicago Press, Chicago, pp 305–330.

Lópes, S., Olguín C., Pérez, P., Villarruel, M, 2020. Sistemas silvopastoriles intensivos con guácimo: Experiencia en Veracruz con pequeños produtores. https://www.researchgate.net/publication/280945026. https://www.researchgate.net/publication/342570944_Sistemas_silvopastoriles_intensivos_con_guacimo_Experiencia_en_Veracruz_con_pequenos_productores.

Morales-Sánchez, V., Osuna-Fernández, H. R., Brechú-Franco, A., Laguna-Hernández, G. y Vargas-Solís, R. 2015. Evaluación del efecto antiurolítico del fruto de Parmentiera aculeata en rata Wistar. Botanical Sciences. 93(2): 293-298.

Muñoz, B.C., Sánchez, J.A., Montejo, L.A., Herrera, P., Gamboa, A. 2012. Guia Técnica para la reproducción de especies arbóreas pioneras. Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente, Instituto de Ecología y Sistemática, 2012. https://www.researchgate.net/publication/28094502.

Murgueitio, E., Barahona, R., Chará, J.D., Flores, M., Mauricio, R.M., Molina, J. 2015. Cuban J. Agric. Sci. vol.49 no.4 Mayabeque oct.-dic. 2015. Versión On-line ISSN 2079-3480. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2079-34802015000400017.

Palma-García, J. M., y González, C. 2018. Recursos arbóreos y arbustivos tropicales para una ganadería bovina sustentable. Colima, México: Universidad de Colima, 2018. http://www.ucol.mx>publicacionesenlinea>adjunto.

Pérez-Morales, S., Crosby-Galván M. M., Ramírez-Mella, M., Bárcena Gama, J. R., Hernández-Mendo, O., & Crosby-Galván, E. M. 2022. Alimentación de bovinos en praderas de chote (*Parmentiera aculeata* (Kunth) Seem.) en el trópico húmedo de México. Agro-Divulgación, 2(5).

WFO. 2025. *Samanea saman* (Jacq.) Merr. On-line; http://www.worldfloraonline.org/taxon/wfo-0000194888.

Wrangham, R. W. ; Conklin, N. L. ; Chapman, C. A. ; Hunt, K. D. ; Milton, K. ; Rogers, E. ; Whiten, A. ; Barton, R. A., 1991. The significance of fibrous foods for Kibale forest chimpanzees. Phil. Trans.: Biol. Sci., 334 (1270): 171-178. https://www.feedipedia.org/node/25405.

Zapata, A., y Silva, B.E. 2020. Sistemas silvopastoriles. Aspectos teóricos y prácticos. CARDER, CIPAV. Editorial CIPAV. Segunda edición. Cali, Colombia 2024. ISBN: 978-958-9386-96-5. http://www.cipav.org.co



BMA-66. Cálculo de indicadores ambientales para vacunos machos en pastoreo

Calculate of Environmental Indicators to Bovine Males under Grazing

J. Iraola[1*], *R. Dios-Palomares*[2]

[1]Instituto de Ciencia Animal, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba,

[2]ETSIAM. Universidad de Córdoba, España

*Correspondencia a: jiraola08@gmail.com

RESUMEN

Este trabajo tuvo como objetivo definir un método de cálculo relacionado con la implicación medioambiental de los sistemas de engorde de vacunos en pastoreo, mediante la construcción de indicadores ambientales (IA). Se consideraron las actividades de manejo potencialmente negativas al ambiente en estos sistemas. A partir de este estudio se determinó un indicador global para engorde en pastoreo denominado Indicador Ambiental de Pastoreo (IAP). Este indicador global se cuantificó asignándole un factor de riesgo ambiental entre 0 y 100. Se aplicó una escala de Likert y se calcularon los pesos estimados para cada índice parcial sobre la base de consultas realizadas a diferentes expertos. Se concluye que el método propuesto permite el estudio y la evaluación de los impactos ambientales en los sistemas de ganado de engorde en pastoreo.

Palabras clave: *Impacto medioambiental; ganadería; Recursos naturales.*

ABSTRACT

The aim of this research was to define a method of calculate related to the environmental implications of fattening systems for grazing cattle, through a new set of environmental indicators (EI). This study helped determine a global fattening indicator under grazing conditions, named Environmental Grazing Indicator (EGI). It was quantified using an environmental risk factor between 0 and 100. A Likert-type scale was applied, and the weights estimated for each partial index were calculated according to the data provided by different experts. This new method enables the study and evaluation of environmental impacts on cattle fattening systems under grazing conditions.

Keywords: *Environment impact; livestock; natural resources*

INTRODUCCIÓN

Diferentes organizaciones gubernamentales y no gubernamentales, realizan acciones dirigidas a reducir las emisiones de GEI y promueven prácticas de manejo menos agresivas para los agroecosistemas destinados a la producción vacuna en pastoreo. Esto, permitiría desarrollar agroecosistemas amigables con el medioambiente, de manera que contribuyan con la seguridad alimentaria y la salud humana ((Hyland *et al.*, 2016; FAO, 2024).

Este trabajo se concentra en la implicación con el medioambiente que generan los sistemas de engorde de vacunos en pastoreo. La investigación se desarrolló mediante la construcción de indicadores ambientales (IA) de acuerdo a los trabajos desarrollados por Fernández (2010) para rumiantes menores en España, con el objetivo de definir un método de cálculo implicado con los impactos ambientales que ejercen estos sistemas en pastoreo. En ese sentido, los impactos ambientales que se estudiaron están relacionados con las actividades más implicadas con la biodiversidad, la degradación de los suelos y la contaminación del agua y el aire.

Sobre la base de estas implicaciones, se describen los principales impactos ambientales y las principales características de estos sistemas en pastoreo. Por último, se describe la metodología de construcción de los IA, las variables relacionadas con la construcción de los índices. Este ejercicio de investigación, permite analizar el factor de riesgo ambiental en cada finca. Asimismo, posibilita estimar su participación sobre los recursos naturales y su efecto contaminante al ambiente.

MATERIALES Y MÉTODOS

En este trabajo se definió un indicador global que permitirá estimar el factor de riesgo ambiental en sistemas de engorde de machos vacunos en pastoreo. El Indicador Ambiental de Pastoreo (IAP). El mismo está sustentado en actividades en condiciones de pastoreo, que son potencialmente negativas sobre los recursos naturales. Asimismo, se cuantifica mediante un factor de riesgo ambiental entre 0 y 100. Los sistemas que tomen valores entre 0-33 tienen un factor de riesgo ambiental bajo, entre 33 y 66 el riesgo se considerará moderado y por encima de 66 los sistemas presentarán un riesgo alto para el ambiente.

Los datos para calcular este indicador se obtienen a partir de una encuesta estructurada y dirigida a los propietarios o gerentes en cada finca (Tabla 1). Las actividades a evaluar para el cálculo del IAP, se conformaron por ocho indicadores o índices parciales (IAP_1, $IAP_{2,}$,...,IAP_8). Estos índices recogen los efectos medioambientales de los siguientes aspectos: la siembra de pastizales, el manejo de las pasturas y su nutrición, la inclusión de leguminosas arbustivas, el pastoreo en zonas consideradas de montañas y el acceso a los recursos hídricos superficiales. Estas actividades se pueden realizar mediante tres alternativas diferentes y excluyentes, que a su vez son consideradas como bajo, medio y alto impacto medioambiental. En consecuencia, la alternativa empleada por el ganadero en su explotación, al índice parcial correspondiente se le asignará el valor 0, 50 o 100, respectivamente.

Tabla 1. *Encuesta para productores que tienen sistemas de engorde de vacunos en pastoreo.*

1. Labranza mecánica en suelos llanos para establecer áreas de pasturas: a) Labranza mínima__ b) Labranza convencional__ c) Labranza convencional después de talar y quemar___
2. Labranza mecánica en suelos con pendientes para establecer nuevas áreas de pasturas: a) Labranza mínima utilizando las curvas de nivel__ b) Labranza convencional perpendicular a la pendiente__ c) Labranza convencional a favor de la pendiente____
3. Rehabilitación de pastizales: a) Rehabilita con reposo y manejo__ b) Rehabilita con gradeo y fertilizante químico __ c) Rehabilita con fuego controlado___
4. Aporte de nutrientes en los pastizales de gramíneas: a) Introduce leguminosas arbóreas__ b) Fertiliza con abonos orgánicos__ c) Fertiliza con abonos químicos___
5. Sobrepastoreo: a) No presentan sobrepastoreo__ b) Presentan sobrepastoreo en el periodo poco lluvioso__ c) Presentan sobrepastoreo durante todo el año___
6. Áreas de pastoreo en zonas con pendientes: a) Áreas con pendientes hasta 20%____ b) Áreas con pendientes entre 20 y 60%____ c) Áreas con pendientes superior a 60%____
7. Contribución a la mitigación de metano con la introducción de SSP en los pastizales: a) Inclusión de SSP con leucaena entre 50 y 100%____ b) Inclusión de leucaena hasta el 50%____ c) Solo pastizales de gramíneas___
8. Acceso de los animales a las fuentes de aguas (ríos, lagunas, embalses, entre otros): a) Acceso controlado ___ b) Acceso semicontrolado___ c) Acceso libre___

Para la construcción del IAP, se resume la información referente a los ocho índices parciales mediante una media ponderada. Dado que no todos los índices parciales han de tener la misma importancia en el impacto global, se impone la estimación de una ponderación (w) para cada uno de ellos. Estos valores se establecieron a partir de consultas aplicadas a 13 expertos en aspectos medioambientales en la producción ganadera. Así, cada experto respondió una pregunta relacionada con cada indicador parcial según la escala de Likert (Liker, 1932; Cuervo, 2009). Las preguntas tuvieron valores de riesgo ambiental entre 1 y 5, con el valor de 1: el riego fue considerado bajo, 2: moderado, 3: intermedio, 4: alto y 5: muy alto. Finalmente, con base a las respuestas, se calcularon los pesos (w).

El IAP, según la finca y el sistema, se calcula mediante la suma ponderada de los valores que toman los indicadores parciales multiplicado por su peso estimado (Tabla 2). Mediante este procedimiento, se obtiene una medida estimada global del nivel de riesgo ambiental que genera cada finca. A continuación, se presenta la ecuación general:

$$IAP_i = \sum_{i=1}^{n} I_i * w_i$$

Donde:

I_i= es el valor de cada indicador parcial en la i-ésima unidad (j=1,..,N)

w_i= peso asignando para cada indicador parcial en la i-ésima unidad (j=1,..,N)



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 2, se muestra el indicador IAP en la primera columna. En la segunda columna se representan los indicadores parciales que componen al IAP y en la tercera las alternativas de manejo o categorías. Los valores de 0, 50 y 100 que aparecen en la cuarta columna para cada categoría dentro del mismo, son considerados con niveles, bajo, moderado y alto, respectivamente. El peso estimado y los impactos sobre los recursos naturales y la biodiversidad, se pueden ver en las columnas 5 y 6. Con relación a los pesos estimados (w) para cada indicador parcial, se obtuvieron valores homogéneos en correspondencia con los criterios emitidos por los expertos consultados en las encuestas. Los IAP_1, IAP_2 y el IAP_6 tomaron las puntuaciones más altas, lo que indica que las actividades comprendidas en estos indicadores representan un mayor riesgo ambiental, según los expertos, en estos sistemas.

Los indicadores IAP_1 e IAP_2 (trabajo mecánico del suelo en terrenos llanos y con pendientes, respectivamente), agrupan las labores mecánicas que se realizan en el suelo para la siembra de pastizales encaminadas a fomentar el engorde de vacunos. Esto permite estimar el nivel de riesgo ambiental que ejercen las actividades de labranzas mecánicas sobre el recurso suelo, lo cual está en correspondencia con lo planteado por Oviedo (2018; Ruge *et al.*, 2023). Por ejemplo, en el IAP_1 la actividad que se considera de mayor riesgo ambiental, fue la labranza convencional, luego de talar y quemar áreas boscosas con una puntuación de 100. En cuanto al IAP_2, la labranza convencional a favor de la pendiente fue la actividad de mayor riesgo. Estas actividades tienen serias implicaciones sobre el recurso suelo, y en la contaminación del aire, como consecuencia de las emisiones de gases de CO_2 por el uso de la maquinaria y el fuego. Además, según DeClerK 2011; Murgueitio et al., 2015) una reducción de la vegetación afecta la biodiversidad en los agroecosistemas.

El IAP_3, valora la rehabilitación de los pastizales. En estas actividades, los ganaderos frecuentemente utilizan maquinaria, fertilizantes químicos y en ocasiones, los pastizales degradados se rehabilitan con fuego controlado. Este indicador, refleja las implicaciones que tienen estas prácticas por parte de los ganaderos hacia el recurso suelo, el aire y en la biodiversidad. Por su parte, sería conveniente destacar que la mayor cantidad de explotaciones destinadas a la ceba vacuna en Cuba, se realiza en condiciones de pastoreo. El uso de la maquinaria con aperos de discos y las quemas inducidas para establecer nuevas siembras y rehabilitar pastizales, son actividades frecuentes por parte de los ganaderos. De ahí la importancia de reducir el uso de la maquinaria hasta la labranza mínima y eliminar el fuego como práctica de rehabilitación. Esto permitirá minimizar los daños al ambiente y lograr una mayor sustentabilidad de las áreas ganaderas.

Tabla 2. *Indicador ambiental para sistemas de engorde de vacunos en pastoreo.*

	Indicadores parciales	Categorías	Valor de riesgo ambiental	Peso (w)	Impacto
Indicador ambiental de pastoreo (IAP)	**IAP_1:**Tratamiento mecánico del suelo en terrenos llanos	Labranza mínima	0	0.14	S, A, BD
		Labranza convencional	50		
		Labranza convencional, después de tala y quema	100		
	IAP_2: Tratamiento mecánico del suelo en terrenos con pendientes	Labranza mínima utilizando las curvas de nivel	0	0.15	S, A, BD
		Labranza convencional perpendicular a la pendiente	50		
		Labranza convencional a favor de la pendiente	100		
	IAP_3: Rehabilitación de pastizales	Rehabilitación con reposo y manejo	0	0.12	S, A, BD
		Rehabilitación con gradeo y fertilizantes químico	50		
		Rehabilitación con fuego controlado	100		
		Introducción de leguminosas	0		

	IAP_4: Aporte de nutrientes en los pastizales	Fertilización orgánica	50	0.11	S, RH, A, BD
		Fertilización con agroquímicos	100		
	IAP_5: Presión de pastoreo	Sin sobrepastoreo	0	0.11	S, RH, BD
		Sobrepastoreo en periodo poco lluvioso (PPLL)	50		
		Sobrepastoreo todo el año	100		
	IAP_6: Pendiente del área de pastoreo	Pastoreo en pendientes hasta 20%	0	0.14	S
		Pastoreo en pendiente entre 20-60%	50		
		Pastoreo en pendiente mayor de 60%	100		
	IAP_7: Mitigación de CH_4 en pastoreo	Utilización de SSP de leucaena entre 50 y 100%	0	0.11	A
		Utilización de SSP de leucaena hasta 50%	50		
		Utilización solo de gramíneas	100		
	IAP_8: Acceso a las fuentes de agua superficiales	Acceso controlado	0	0.11	RH, S, BD
		Acceso semicontrolado	50		
		Acceso libre	100		

Leyenda: para los IAP_1; IAP_2; IAP_3; IAP_4; IAP_5; IAP_6; IAP_7; IAP_8 el factor de riesgo ambiental (0: bajo; 1: moderado; 2: alto); Impacto Ambiental: (S: suelo; A: aire; RH: recursos hídricos; BD: biodiversidad)

En el IAP_4 se definieron las acciones implicadas con la incorporación de nutrientes para el desarrollo de las gramíneas. Dentro de estas acciones, el uso excesivo de agroquímicos sintéticos para incrementar el rendimiento de los pastizales, se convierte en la actividad de mayor riesgo en este indicador parcial. Esta práctica, de acuerdo con varios estudios científicos, incrementa el riesgo de contaminación al suelo, el aire, las aguas subterráneas y recursos hídricos superficiales cercanos a estos agroecosistemas. Además, el uso de los agroquímicos puede afectar la biodiversidad.

En este trabajo, el IAP_5 está relacionado con el sobrepastoreo y permite estimar la incidencia sobre los recursos naturales y la biodiversidad. En el manejo de los pastizales, el factor antrópico, constituye un elemento determinante en todo el proceso productivo que se desarrolla en cada finca. En ese sentido, las prácticas inadecuadas de manejo pueden conducir a una reducción de la cobertura vegetal como consecuencia del incremento de la presión de pastoreo y presentar diferentes niveles de degradación en los sistemas de pastizales (Stuart *et al.* 2018; Milera *et al.*, 2019; Iraola *et al.,* 2022). Esta situación, puede favorecer la erosión eólica e hídrica de los suelos, la compactación, el drenaje deficiente, la presencia de cárcavas, así como la reducción de la biodiversidad.

Otro aspecto vinculado con el manejo de los sistemas de pastoreo se analiza en el IAP_6. Este indicador está relacionado al pastoreo en áreas con pendientes. Muchas áreas ganaderas se establecen en terrenos con pendientes de más de 20%, consideradas zonas de montañas, donde su manejo y pastoreo, puede incidir fuertemente sobre la erosión y compactación de los suelos.

Según Benítez *et al.* (2007), el relieve del terreno interactúa con el sistema de conducción de pastoreo y ambos presionan sobre las necesidades de mantenimiento de los rebaños, lo que reduce la capacidad productiva de la cría animal. Además, a medida que crece la pendiente del terreno, se tiende a incrementar la posibilidad de erosión de los suelos. En consecuencia, la acción de pastoreo puede compactar el suelo, reducir la capacidad de infiltración del agua e incrementar la escorrentía y los riesgos de erosión. Por lo tanto, se considera que el manejo del pastoreo en estas condiciones es responsable de la degradación de los suelos.

Dentro del IAP, el IAP_7 presenta las variables que se relacionan con las emisiones de metano en pastoreo. En este caso, la introducción de sistemas silvopastoriles (SSP) con *Leucaena leucocephala* o *Tithonia diversifolia* en las áreas de pastizales de gramíneas, puede contribuir a mitigar las emisiones de metano. Los taninos que contienen estas plantan contribuyen a reducir las poblaciones de bacterias metanogénicas y mitigar las emisiones de CH_4 al ambiente producto de la fermentación ruminal. La utilización de los SSP con leucaena por ejemplo, permite también, incrementar la capacidad productiva de los pastizales de gramíneas y mejorar el aporte proteico en la alimentación de los animales. Hasta cierto punto, este indicador posibilita estimar el riesgo ambiental que tienen las fincas con el uso o no de los SSP.

Los animales en pastoreo pueden tener acceso a las diferentes fuentes de agua dentro de la finca, que pueden estar protegidas al acceso por parte de los animales o no. En el IAP_8, se indican las acciones relacionadas con el acceso a las diferentes fuentes hídricas como: ríos, arroyos, embalses artificiales y lagunas, entre otros. Siempre que los animales tengan acceso libre a las diferentes fuentes de aguas, constituyen un riesgo potencial para la contaminación de las aguas y pueden contribuir con la degradación de los suelos y afectar la biodiversidad de los ecosistemas (FAO 2019).

CONCLUSIONES

Se definió un indicador global para sistemas de vacunos machos en pastoreo, que se denominó Indicador Ambiental de Pastoreo (IAP) y la metodología que se presenta, permite el estudio y la evaluación de los impactos ambientales en estos sistemas en correspondencia con la naturaleza de la finca de producción.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al financiamiento de la Agencia Española de Colaboración Internacional para el Desarrollo, en el programa I.1. "Becas de investigación para y sobre el desarrollo", para desarrollar esta investigación. También, se agradece a la Universidad de Córdoba y al Departamento de Estadística por el apoyo y las facilidades brindadas para realizar la investigación.

REFERENCIAS

Benítez, D.G., Pérez, M.B., Ramírez, S.A., Blanco, A., Camejo, N., Castellanos, M.E., Díaz, V.M., Guerra, J. Guevara, O., Hernández, M., Miranda, M., Pérez, S.D., Ricardo, O.J., Ricardo, S.O., Rosabal, A. & Vega, P.J. 2007. El Manejo de la Finca Ganadera en la Montaña. Editado Alfa Europe Aid, Congreso IIA "Jorge Dimitrov". Bayamo. Cuba.

Cuervo, J.A. 2009. Construcción de una escala de actitudes hacia la matemática (tipo Likert) para niños y niñas entre 10 y 13 años que se encuentran vinculados al programa de pretalentos de la escuela de matemáticas de la Universidad Sergio Arboleda. Tesis de Maestría. Universidad Sergio Arboleda. Colombia, pp. 67.

FAO 2019. Cambio climático y seguridad alimentaria y nutricional en América Latina y el Caribe. Impacto de buenas prácticas de producción ganadera con bajas emisiones de gases de efecto invernadero en la seguridad alimentaria, la nutrición y el medio ambiente. Santiago de Chile, pp. 56. ISBN: 978-92-5-131223-0

FAO 2024. La ganadería, sus problemas ambientales y opciones. Documentos de la FAO, Roma.

Fernández, E. 2010. Metodologías para la evaluación y mejora del impacto ambiental de los sistemas ganaderos: Análisis comparado y posibilidades de aplicación en el sector de los pequeños rumiantes de Andalucía. Tesis en opción al grado de Máster de Zootecnia y Gestión Sostenible. España.

Hyland, J.J., Styles, D., Jones, D.L. & Williams A.P. 2016. Improving livestock production efficiencies presents a major opportunity to reduce sectoral greenhouse gas emissions. Agricultural Systems. 147, 123-131.

Iraola, J., García, Yenny., Fraga, L.M., Gutiérrez, D., Cino, D.M., Barros-Rodríguez, M, Hernández, J.L. & Albelo, D. 2022. Comportamiento productivo de machos vacunos en silvopastoreo con Tithonia diversifolia. Livestock Research for Rural Development 34 (11). https://www.lrrd.org/lrrd34/11/34100dira.html

Likert, R. 1932. A technique for the measurement of attitudes. Arch. Psychology. 22(140), 5-55.

Milera, M., Machado, R., Alonso, A., Hernández, M. & Sánchez, S. 2019. Intensive rational grazing as alternative for low-emission animal husbandry. Pastos y Forrajes. 42(1), 3-12. ISSN 2078-8452.

Murgueitio, R.E., Barahona, R. Chará, J., Flores Martha, F., Mauricio, R.M. & Molina, J.J. 2015. Los Sistemas Silvopastoriles Intensivos en América Latina Alternativa sostenible para enfrentar el cambio climático en la ganadería. En Memorias: V Congreso de Producción Animal Tropical. Habana. 16-20/11/2015. Cuba, pp. 245-300. ISBN: 978-969-7171-70-6.

Oviedo, M. & Cruz, O. 2018. Evaluation of sustainability in the production systems of the 29 diary of the Nazareno Agricultural Company. Cien Universitaria. 16(1), 32.

Ruge, M.F., Contreras, L. & Figueroa, L. 2023. *Tithonia diversifolia* una especie prometedora en la recuperación de suelos ganaderos. Finca Santa Isabel, Sucre-Colombia. Revista Facultad de Ciencias Básica. 9(1). DOI: https://doi.org/10.18359

Stuart, J.R., Alonso, J. & Iraola, J. 2018. ¿Ganancia por animal o por hectárea?. Memorias VI Congreso de Producción Animal Tropical 2018. ISBN: 9789-959-7171-80-5.

BMA-67. Clasificación del plano ambiental en vacunos carniceros con el empleo del análisis multivariado

Classification of the environmental level in beef cattle using multivariate analysis

Y Rodríguez Calvo[1]; Y García Hernández[1] y J Iraola Jeréz[1]*

[1]Instituto de Ciencia Animal. Carretera Central Km 47 y ½ AP 24, San José de las Lajas, Mayabeque.

Autor para la correspondencia: yusleiby96@gmail.com

RESUMEN

Se realizó una caracterización del plano ambiental en pruebas de comportamiento de vacunos carniceros mediante Análisis de Discriminante Canónico. Se consideraron 9 variables predictoras relacionadas con características productivas y ambientales. Se analizaron los registros de las pruebas de comportamiento de diferentes genotipos en 2 rebaños genéticos de Pinar del Rio y Villa Clara, así como variables agroclimáticas específicas de estas regiones. Se empleó como variable categórica al plano ambiental, con tres niveles (alto, medio y bajo). Como resultados del análisis se obtuvieron diferencias significativas entre los 3 grupos ambientales. Con respecto a la variabilidad entre grupos, la variable Empresa es la que muestra la mayor varianza, lo que podría reflejar diferencias en manejo o infraestructura entre los niveles de Plano ambiental. La raza mostró correlaciones significativas con casi todas las variables en el nivel ambiental alto. La primera función canónica mostró una correlación canónica alta (0.948), lo que indica una fuerte relación entre las variables predictoras y la discriminación de planos ambientales. Entre las variables más influyentes se encuentra la empresa, el año de prueba y el acumulado de lluvias. Los coeficientes canónicos estandarizados permitieron obtener las variables canónicas a partir de las originales y se puedo constatar que el primer eje canónico representa mejor las diferencias entre los tres grupos ambientales y permite agrupar los individuos en función de sus similitudes o diferencias en las variables canónicas, con el fin de clasificarlos. El estudio, constituye una herramienta práctica que puede ser mejorada con la incorporación de otras variables predictoras.

Palabras clave*: discriminante canónico, plano ambiental*

ABSTRACT

A characterization of the environmental level was achieved in performance tests of beef cattle using Canonical Discriminant Analysis. Nine predictor variables related to productive and environmental traits were considered. Records from performance tests of different genotypes in two genetic herds from Pinar del Rio and Villa Clara were analyzed, as well as agro-climatic variables specific to these regions. The environmental level was used as a categorical variable, with three levels (high, medium, and low). The analysis resulted in significant differences between the three environmental groups. Regarding variability between groups, the variable herd showed the greatest variance, which could reflect differences in management or infrastructure between environmental levels. Breed showed significant correlations with almost all variables at the high environmental level. The first canonical function showed a high canonical correlation (0.948), indicating a strong relationship between the predictor variables and environmental level discrimination. Among the most influential variables were: the herd, the year of the trial, and the cumulative rainfall. The standardized canonical coefficients allowed us to obtain the canonical variables from the original ones, and it was found that the first canonical axis best represents the differences between the three environmental groups and allows us to group individuals based on their similarities or differences in the canonical variables, for the purpose of classifying them. The study constitutes a practical tool that can be enhanced by incorporating other predictor variables in the future.

Keywords*: canonical discriminant, environmental level*

INTRODUCCIÓN

En los estudios genéticos, para estimar el componente de la *varianza genética aditiva*, es conveniente, desde el punto de vista estadístico, agrupar variables que se consideran como efectos fijos y que minimizan el efecto o ruido ambiental (rebaño-año-época) y en otros casos más precisos, el rebaño-día de control. En los estudios de interacción genotipo-ambiente (IGA), los sementales se clasifican de acuerdo a su plasticidad fenotípica, y pueden llegar a mostrar valores genéticos específicos para cada ambiente diferente, los que se obtienen generalmente a partir de los registros de su descendencia (Poppe *et al*., 2021, Campos *et al.,* 2022).

La clasificación de "ambiente", determinada por el investigador, puede ser muy amplia, desde diferentes sistemas de manejo y alimentación, áreas geográficas o en los modelos de norma de reacción, se establece un gradiente ambiental y cada individuo describe una función específica (Ramón *et al.,* 2021 y Mulim *et al*., 2022). A la hora de recomendar el uso selectivo de sementales evaluados por IGA, se establece la disyuntiva de caracterizar lo que constituye un ambiente "bueno" o "malo" y cuales variables pueden estar englobadas dentro del arreglo de rebaño-año-época.



Durante los años 2018 al 2022 se ha observado un decrecimiento del 35.6% en los nacimientos de la masa ganadera en el sector estatal (Anuario Estadístico de Cuba, 2022). Esta situación repercute en el escaso número efectivo para el completamiento de los grupos de contemporáneos y la posterior promoción de sementales. Igualmente, la crisis económica sostenida ha impedido contar con un grupo importante de insumos tales como suplementos nutricionales, medicamentos, fertilizantes para los suelos, implementos de medición como las pesas, etc. y ha favorecido que los animales culminen las Pruebas de Comportamiento con indicadores desfavorables comparados con la media esperada. En este contexto se hace necesario reevaluar las condiciones ambientales y de manejo en que se desempeñan las actuales pruebas de comportamiento y disponer de una clasificación del plano ambiental (que incluya cuestiones nutricionales, ambientales, de manejo, etc.) para poder recomendar el uso selectivo de los hijos de toros probados, de acuerdo al ambiente real donde va a vivir su progenie para obtener una respuesta adecuada en la producción de carne.

El Análisis Discriminante Canónico es una técnica estadística multivariada que permite diferenciar grupos predefinidos (razas, dietas, niveles productivos) basándose en múltiples variables correlacionadas. Su aplicación en producción animal tiene múltiples ventajas:1. Permite la clasificación eficiente de individuos (Identifica animales con características superiores para selección genética o manejo diferenciado; 2. Reduce la dimensionalidad (Resume múltiples variables en funciones canónicas que maximizan la separación entre grupos, facilitando la visualización e interpretación; 3. Identificación de variables clave (Revela cuales variables son más relevantes para discriminar grupos, lo que permite optimizar recursos al enfocarse en indicadores decisivos; 4. Mejora de decisiones productivas (Evalúa el impacto de dietas, mejora genética o manejo en el rendimiento).

El objetivo del presente estudio es emplear la estadística multivariada, específicamente el Análisis Discriminante Canónico para proponer una clasificación y a la vez caracterizar el plano ambiental de machos vacunos carniceros en prueba de comportamiento, contando con la mayor cantidad posible de variables que describan el ambiente real al que están sometidos los individuos en un momento dado, y además que sirva como herramienta predictiva del desempeño de los hijos de sementales.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo con los registros correspondientes a las pruebas de comportamiento de los diferentes genotipos presentes en la Empresa Genética Pecuaria (EPG) "Camilo Cienfuegos", localizada en el municipio Consolación del Sur, perteneciente a la provincia Pinar del Rio y la Unidad Empresarial de Base (UEB) Abra Güinía, localizada en el municipio Manicaragua, provincia Villa Clara. Se emplearon los registros de los animales que culminaron la prueba en los años 2021 al 2023. Los datos primarios se introdujeron en una base de datos, la cual se editó y depuró usando la versión 9.3 del paquete estadístico SAS (SAS, 2013). Tanto el número de muestra por raza, como las medias de las variables relacionadas con el crecimiento de estos animales se muestran en las tablas 1 y 2.

Con el objetivo de obtener una clasificación individual del plano ambiental en que se encuentra cada animal, se empleó el análisis de discriminante canónico, técnica multivariada que permite examinar las diferencias entre grupos (en este caso, tres niveles de "ambiente": ALTO, MEDIO y BAJO) en función de múltiples variables predictoras y establecer la relación entre la variable dependiente **plano ambiental** (variable categórica) y las variables independientes métricas.

La variable categórica **plano ambiental** se generó a partir de las soluciones (BLUE -mejor estimador lineal insesgado- por sus siglas en inglés) del efecto fijo empresa-año de prueba-trimestre de inicio, ya que este arreglo en bloque pretende asimilar la mayor parte de la varianza no genética. Para ello se empleó un modelo mixto, cuya variable respuesta fue el Peso al final de la prueba y que incluyó como efectos fijos: la raza, además del rebaño-año de prueba-trimestre de inicio y como efecto aleatorio el del padre. La clasificación del plano ambiental en ALTO, MEDIO o BAJO tomó en consideración el valor del estimador, así como la diferencia significativa o no con respecto a la media del mismo ($p< 0.05$), de modo que aquellos individuos que mostraron estimadores significativamente superiores al valor medio, se clasificaron como en plano ambiental ALTO, los que no difirieron, en plano MEDIO y los que fueron significativamente inferiores como plano ambiental BAJO.

Dentro de las variables métricas que caracterizan el plano nutricional se consideró la condición corporal, para lo cual se asignó a cada animal un valor dentro de una escala del 1 al 4, basados en la ganancia individual durante el periodo de la prueba de comportamiento, de modo que aquellos animales que ganaron menos de 250 g/d se clasificaron con el valor más bajo (1), lo cual indica que se encuentra en un plano nutricional malo. El valor de 2 o "regular" se les asignó a aquellos cuya ganancia estuvo en el rango de 250-500g/d. La clasificación de "adecuado" o valor 3 correspondió a ganancias superiores a 500 y hasta 750 g/d y la calificación de "excelente" o valor de 4 correspondió a los que obtuvieron ganancias superiores a 750 g/d.

La distribución de los datos según la escala de clasificación del plano nutricional fue la siguiente:

Condición corporal	Proporción
Mala (1)	0.53
Regular (2)	0.37
Adecuada (3)	0.10
Excelente (4)	0.0

Los datos agroclimáticos, pertenecientes a ambas empresas ganaderas fueron captados a partir de los boletines decenales emitidos por el Centro de Meteorología Agrícola perteneciente al Instituto de Meteorología, los cuales se llevaron a una base de datos para ser procesados. Se calcularon los promedios por trimestre de la temperatura máxima, brillo solar y velocidad del viento. En el caso de las precipitaciones se empleó el valor acumulado o sumatoria trimestral. Se analizaron un total de 279 observaciones para el análisis canónico, distribuidas en tres grupos: plano ambiental alto (153), plano bajo (20) y medio (106). Los ficheros de datos productivos y de indicadores agroclimáticos se conectaron mediante la variable empresa-año- trimestre, de forma que se calcularon los valores acumulados de precipitaciones (mm) por trimestre-empresa-año, así como el promedio de las variables: temperaturas máximas, (°C); brillo solar (horas), velocidad media del viento (m/s) y humedad relativa (%). Se incluyeron un total de 9 variables predictoras relacionadas con características ambientales y productivas del ganado de carne (Condición Corporal, Raza, Año de prueba, Empresa, Temperatura máxima (°C), Humedad relativa (%), Brillo solar (hs), Acumulado de lluvia (mm) y Velocidad del viento (m/s). Para el análisis de discriminante canónico se empleó el procedimiento CANDISC del SAS. v. 9.1.3 (2013)

Tabla 1. *Valores medios Peso al nacimiento (PN), Peso a la incorporación (PI) y peso al final de prueba de comportamiento (PF) de los animales presentes en la prueba de comportamiento entre 2021 y 2023 en la UEB Abra Güinía.*

Genotipo	PN (kg)				PI (kg)				PF (kg)			
	·	Min	Max	CV	·	Min	Max	CV	·	Min	Max	CV
Cebú Brahman (n=110)	**25,3**	16,0	31,0	12,2	**145,3**	104,0	208,0	14,3	**202,0**	125,0	262,0	2,3
Cebú Bermejo (n=83)	**26,2**	23,0	29,0	6,0	**149,1**	92,0	218,0	16,8	**211,0**	146,0	267,0	11,8

Tabla 2. *Valores medios de Peso al nacimiento (PN), Peso a la incorporación (PI) y peso al final de prueba de comportamiento (PF) de los animales presentes en la prueba de comportamiento entre 2021 y 2023 en la EPG Camilo Cienfuegos*

Genotipo	PN (kg)				PI (kg)				PF (kg)			
	·	Min	Max	CV	·	Min	Max	CV	·	Min	Max	CV
Cebú Brahman (n=76)	**31,1**	26,0	35,0	6,2	**134,6**	120,0	180,0	11,6	**294,2**	239,0	355,0	8,5
Santa Gertrudis (n=11)	**29,9**	28,0	33,0	5,3	**144,6**	120,0	180,0	16,4	**298,5**	240,0	330,0	9,8

SILVOPAT – 2025 | ICA | ISBN: 978-959-7171-88-1 | Cu-ID: https://cu-id.com/book/978-959-7171-88-1

Charolaise (n=6)	**29,8**	26,0	32,0	8,0	**120,0**	120,0	120,0	0,0	**294,2**	265,0	360,0	11,4
F1 Criollo x Limousin (n=5)	**30,4**	34,0	29,0	6,8	**168,0**	140,0	190,0	12,9	**312,6**	293,0	330,0	5,4
5/8 Charolaise:3/8 Cebú (n=48)	**31,1**	26,0	37,0	9,0	**131,7**	120,0	158,0	8,3	**217,2**	135,0	279,0	15,0
Chacuba (n=10)	**29,8**	26,0	35,0	11,1	**134,7**	120,0	157,0	11,2	**206,3**	140,0	260,0	20,2

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de Discriminate Canónico permitió obtener las matrices de correlación intra-clases, las que muestran la variabilidad dentro de cada grupo o plano. En el grupo ALTO (**tabla 3**) las variables raza y acumulado de lluvias presentan una correlación positiva y moderada (r = 0.42), lo que sugiere que, a mayor precipitación, mayor podría ser el rendimiento del ganado, consistente con estudios que vinculan el clima y productividad animal, como los de Thornton *et al.*, 2009. Igualmente, en este plano se evidencian correlaciones significativas entre la empresa y los indicadores agroclimáticos, como reflejo de las variaciones entre diferentes regiones del país. En los otros dos planos ambientales (MEDIO y BAJO) estas correlaciones específicas entre variables no se comportan de la misma forma, por ejemplo, en plano medio la raza solamente mostró correlaciones significativas con algunas variables climáticas como el acumulado de lluvias, la humedad relativa y el brillo solar. Si se analizan las correlaciones en el plano bajo solamente fueron significativas en el caso de las variables agroclimáticas entre sí.

La variable raza, en el plano ambiental alto se correlacionó de manera significativa con todas las variables, exceptuando la humedad relativa y la velocidad del viento. Este puede ser indicativo de la adaptabilidad del ganado a entornos específicos. El efecto de la raza en los análisis de discriminante canónico ha permitido, por ejemplo, la diferenciación genética de cabras lecheras según su producción láctea y composición de la leche (Legaz *et al.,* 2009),

Con respecto a la variabilidad entre planos ambientales, la variable EMPRESA es la que muestra la mayor varianza entre grupos (F = 391.74, p < 0.0001), lo que podría reflejar diferencias en manejo o infraestructura entre los niveles de Plano ambiental. Esta variable está asociada a prácticas institucionales propias y resalta la relevancia del manejo en la diferenciación de los planos ambientales, apoyando hallazgos como los de Rust & Rust (2013), que vinculan la gestión eficiente con mejores resultados productivos.

La importancia de factores climáticos como el acumulado de precipitaciones y las temperaturas elevadas coincide con los estudios que destacan el impacto de la precipitación y temperatura en la productividad ganadera (Herrero *et al.*, 2016).

La alteración térmica del aire conduce al aumento de la temperatura ambiental; siendo la misma de importancia para los bovinos por encima de los 24 °C para el *Bos taurus* (West, 2003) y superior a los 27°C para el ganado cebuíno (Yousef, 1985) Las variaciones de la radiación solar en la fase circadiana son aditivas en la medida en que el estrés generado se acumula en el animal; generando agotamiento, fatiga metabólica, desgaste energético y comprometimiento de las reservas y fluidos corporales (Monteny, 2003)

Tabla 3. *Coeficientes de correlación intra-clase para el plano ambiental Alto / Pr > |r|*

Variable	Cond Corporal	Raza	Año de prueba	Empresa	Tmax (°C)	Hr (%)	Brillo solar (hs)	Ac lluvia (mm)	Viento (m/s)
Cond Corporal	**1.00**	**-0.48** *<.0001*	**0.18** *0.03*	**-0.40** *<.0001*	**-0.28** *0.001*	**0.10** *0.20*	**-0.35** *<.0001*	**-0.43** *<.0001*	**0.02** *0.82*
Raza	**-0.48** *<.0001*	**1.00**	**-0.46** *<.0001*	**0.65** *<.0001*	**0.41** *<.0001*	**0.06** *0.46*	**0.37** *<.0001*	**0.42** *<.0001*	**-0.11** *0.16*
Año de prueba	**0.18** 0.03	**-0.46** <.0001	**1.00**	-0.64 *<.0001*	**-0.19** *0.02*	**-0.34** *<.0001*	-0.29 *0.003*	**-0.48** *<.0001*	**-0.10** *0.24*

Empresa	**-0.40** *<.0001*	**0.65** *<.0001*	**-0.64** *<.0001*	**1.00**	**0.56** *<.0001*	**0.07** *0.38*	**0.56** *<.0001*	**0.39** *<.0001*	**-0.15** 0.06
Tmax (°C)	**-0.28** *0.001*	**0.41** *<.0001*	**-0.19** *0.02*	**0.56** *<.0001*	**1.00**	**0.59** *<.0001*	**0.20** *0.01*	**0.48** *<.0001*	**-0.79** *<.0001*
Hr (%)	**0.10** *0.20*	**0.06** *0.46*	**-0.34** *<.0001*	**0.07** *0.38*	**0.59** *<.0001*	**1.00**	**-0.30** *0.004*	**0.24** *0.005*	**-0.60** *<.0001*
Brillo solar(hs)	**-0.35** *<.0001*	**0.37** *<.0001*	**-0.29** *0.002*	**0.56** *<.0001*	**0.20** *0.01*	**-0.30** *0.001*	**1.00**	**0.41** *<.0001*	**-0.08** *0.35*
Ac lluvia (mm)	**-0.43** *<.0001*	**0.42** *<.0001*	**-0.48** *<.0001*	**0.39** *<.0001*	**0.48** *<.0001*	**0.24** *0.003*	**0.41** *<.0001*	**1.00**	**-0.13** *0.12*
Viento (m/s)	**0.02** *0.82*	**-0.11** *0.16*	**-0.10** *0.24*	**-0.15** *0.06*	**-0.79** *<.0001*	**-0.60** *<.0001*	**-0.08** *0.35*	**-0.13** *0.12*	**1.00**

Algunas variables como la velocidad del viento tienen contribuciones menores, lo que sugiere que otros factores no incluidos podrían ser más relevantes que este último.

Entre los estadísticos del discriminate canónico, el Lambda de Wilks (0.065) ($p < 0.0001$), indica que el modelo discrimina significativamente entre los grupos o planos ambientales. Igualmente, la Traza de Pillai y Hotelling-Lawley, también significativos ($p < 0.0001$), confirman diferencias multivariadas. Por su parte, los autovalores indican que el primer eje canónico explica el 94.11% de la varianza ($R^2 = 0.899$), mientras que el segundo solo el 5.89%. Esto sugiere que la mayor separación entre grupos ocurre en la primera dimensión canónica.

La primera función canónica mostró una correlación canónica alta (0.948), lo que indica una fuerte relación entre las variables predictoras y la discriminación de planos ambientales. Entre las variables más influyentes se encuentra la empresa, el año de prueba y el acumulado de lluvias, con coeficientes estandarizados de 3.16, 0.92 y 0.96 respectivamente. Los coeficientes canónicos estandarizados (que se normalizan por las desviaciones estándar de las variables) o pesos canónicos se utilizaron para crear las variables canónicas a partir de las variables originales e indican cuánto contribuye cada variable original a la formación de la variable canónica. Esto sugiere que factores institucionales como la Empresa y climáticos como el acumulado de lluvias son claves para diferenciar los grupos o niveles ambientales. La segunda función canónica resultó también significativa, aunque con una menor correlación (0.598), Variables como el año de prueba y el acumulado de lluvias siguen siendo relevantes, pero con patrones distintos.

Con respecto a las medias canónicas para grupo ambiental (tabla 4), el grupo ALTO se ubicó en valores negativos del primer eje -2.69, diferenciándose claramente de los otros grupos. El nivel ambiental bajo se encontró posicionado en valores positivos del primer eje (2.98) y negativos del segundo (-2.56), lo que sugiere un perfil único (ej. menor precipitación o manejo diferenciado.

Por su parte el nivel MEDIO, se comporta similar al ALTO en el segundo eje, pero con valores extremos en el primero (3.32), lo que podría indicar transición o mezcla de características.

Tabla 4. *Valores medios de las variables canónicas en cada Plano ambiental.*

Plano Ambiental	Can1	Can2
alto	-2.69	0.019
bajo	2.98	-2.56
medio	3.32	0.455

En la figura 1 se representa de manera gráfica las puntuaciones canónicas o valores de las variables canónicas para cada observación (individuo) en los 2 ejes canónicos. Éstas se calcularon multiplicando el valor de las variables originales por los pesos canónicos (Tabla 5) y representan la posición de cada individuo en las dimensiones canónicas. Se puedo constatar que el primer eje canónico representa mejor las diferencias entre los tres niveles ambientales y las puntuaciones canónicas permiten visualizar y agrupar los individuos en función de sus similitudes o diferencias en las variables canónicas, con el fin de clasificarlos. Este tipo de análisis ha sido usado en el campo de la producción animal (González *et al*., 2021) para la caracterización biométrica diferencial de múltiples razas de gallinas en peligro de extinción.

Tabla 5. *Coeficientes o Pesos Canónicos de las variables predictoras en cada una de las 2 variables canónicas (Can1 y Can 2)*

Variable	Can1	Can2
Cond Corporal	0.16	0.31
Raza	0.00	0.00
Año de prueba	1.31	1.50
Empresa	6.32	0.66
Tmax (°C)	-1.38	0.47
Hr (%)	0.10	0.03
Brillo solar(hs)	-0.05	0.12
Ac lluvia (mm)	0.00	0.00
Viento (m/s)	-0.33	0.24

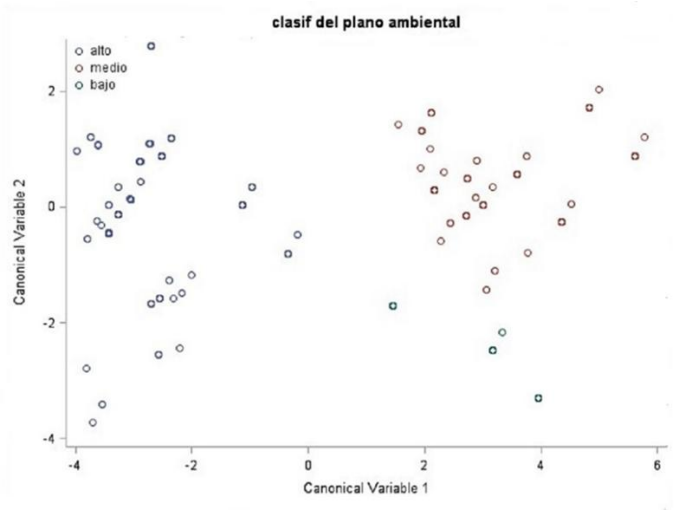


Figura1. *Puntuaciones canónicas de los individuos en los 2 ejes canónicos*

La principal limitante del presente estudio se encuentra en el desequilibrio muestral (El plano ambiental BAJO está representado solo por 20 observaciones), lo que podría sesgar los resultados y afectar en cierta medida la robustez de los mismos. Al ser un estudio en condiciones de producción (no controladas) no permite contar con datos balanceados y las variables descriptivas son pocas en comparación con otro tipo de estudios, como los de clasificaciones morfométricas en diferentes espacies.

CONCLUSIONES

El análisis reveló que las diferencias entre los grupos de Plano ambiental están dominadas por variables climáticas (acumulado de precipitaciones y temperatura máxima como las más relevantes) y de manejo (Empresa). Estos resultados son consistentes con la literatura que enfatiza el papel del ambiente, así como de la gestión en la producción ganadera. Futuros estudios podrían profundizar en interacciones específicas clima-manejo y aumentar el tamaño muestral de los grupos menos representados como el "bajo" para mejorar la generalización de estos resultados. Sin embargo, este tipo de análisis, aunque preliminar, resulta una herramienta práctica que puede ser ampliada y mejorada con la obtención de nuevas fuentes de información, con diferentes sistemas de producción y manejo, lo que incrementaría tanto el número de observaciones como el total de variables predictoras.

BIBLIOGRAFÍA

Anuario Estadistico de Cuba 2022. Edición 2023. Capítulo 9: Agricultura, Ganadería, Silvicultura y Pesca. https://www.onei.gob.cu/sites/default/files/publicaciones/2024-04/aec-2022_0.pdf

Boletín Agrometeorológico Nacional. http://www.insmet.cu. ISSN 1999-8082.Campos, I.L., Chud, T.C., Oliveira, H.R., Baes, C.F. Cánovas, A., and Schenke F.S. 2022. Using publicly available weather station data to investigate the effects of heat stress on milk production traits in Canadian Holstein cattle**.** Can. J. Anim. Sci. 102: 368–381 https://dx.doi.org/10.1139/cjas-2021-0088.

González, A., Arando, A., León, J.M., Navas, F., Delgado, J.V. and Camacho, M.E. 2021. Discriminant Canonical Tool for Differential Biometric Characterization of Multivariety Endangered Hen Breeds. Animals. 11 2211. https://doi.org/10.3390/ani11082211

Herrero, M., J. Addison, C., Bedelian, E., Carabine, P., Havlík, B., Henderson, J., van de Steeg & Thornton, P.K. 2016. Climate change and pastoralism: impacts, consequences and adaptation. Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz.35 (2), 417–433

Legaz, E., Cervantes, I., Pérez-Cabal, M.A., de la Fuente, L.F., Mártinez, R., Goyache, F. y Gutiérrez, J.P. 2009. Multivariate characterisation of morphological traits in Assaf (Assaf. E) sheep. Small Ruminant Research. 100(2–3): 122-130.

Monteny, G. J. 2003 Strategies for reducing the effects of animal husbandry on climate. In: Interactions between climate and animal production. E.A.A.P. Technical Series No.7, pp.81-90. Wageningen Academic Publ., Wageningen.

Mulim, H. A., Brito, L.F., Batista, L.F., Sterman, J.B., Grigoletto, L., Ribeiro, M., and Pedrosa, V.B. 2022. Characterization of runs of homozygosity, heterozygosity-enriched regions, and population structure in cattle populations selected for different breeding goals. BMC Genomics (2022) 23:209

Poppe, M., Mulder, H.A y Veerkamp R.F. 2021. Validation of resilience indicators by estimating genetic correlations among daughter groups and with yield responses to a heat wave and disturbances at herd level. Journal of Dairy Science

Volume 104, Issue 7, July 2021, Pages 8094-8106.

Ramón, M, Carabaño, M. J, Díaz, C., Kapsona, V.V., Banos, G. and Sánchez-Molano, E. 2021. Breeding Strategies for Weather Resilience in Small Ruminants in Atlantic and Mediterranean Climates. Frontiers in Genetics. https://www.frontiersin.org/journals/genetics#articles.

Roso, V. M. & Schenkel, F. S. (2006) Canonical discriminant analysis for identifying efficient beef cattle in feed intake. Livestock Science, 102(1-9).

Rust, J.M. & Rust, T. 2013. Climate change and livestock production: A review with emphasis on Africa. South African Journal of Animal Science. 43 (3).

SAS, 2013 SAS User's guide: Statistics. Version 9.1.3. De. SAS Institute. INC, Cary, N.C., USA.

Thornton, P.K., Van de Steeg, A. y Notenbaert, M. 2009. The impacts of climate change on livestock and livestock systems in developing countries: A review of what we know and what we need to know. Agricultural Systems Volume 101, Issue 3, Pages 113-127. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2009.05.002

Yousef, M.K. 1985: Stress Physiology in Livestock. Vol. I, Basic principles, 217pp. Vol II, Ungulates, 261pp. Vol III, Poultry, 159pp. Boca Raton, FL: CRC Press.Anim. Reprod., v.2, n.3, p.187-194.

West, J.W. 2003. Effects of heat-stress on production in dairy cattle. J.Dairy Sci., 86: 2131-2144.



BMA-68. Evidencias clínicas del efecto del estrés calórico en sementales Holstein y Siboney en la región oriental de Cuba.

Clinical evidence of the effect of heat stress on Holstein and Siboney stallions in eastern Cuba.

E. Pérez Pineda[1], N. Fonseca Fuentes[1], J. Grizelj[3]*

[1]Universidad de Granma (UDG), Bayamo, Granma,Cuba

[3]Universidad de Zagreb, Croacia.

[*]Correspondencia a: eperezp@udg.co.cu

RESUMEN

El trabajo se desarrolló con el propósito de determinar el efecto de la época de año en el comportamiento de la triada en sementales Holstein y Siboney mantenidos en la UEB "Inseminación Artificial" de la provincia de Granma. Se utilizaron 34 sementales, 28 Siboney de Cuba y 6 la raza Holstein, sometidos a las mismas condiciones de manejo. Se valoró la triada clínica en la mañana y la tarde. Se aplicó Anova Factorial teniendo en cuenta la raza y época, y para la diferenciación entre medias se utilizó la prueba de rango múltiple de Duncan 1995, empleándose el paquete estadístico STATISTICA V. 8. Se pudo concluir que en relación a la triada clínica los sementales Holstein presentaron valores superiores que los Siboney, especialmente en el período lluvioso, lo que corrobora el efecto negativo que provocan las altas temperaturas predominantes en Cuba; quedando demostrado que los toros de la raza Holstein mantenidos en la región oriental de Cuba sufren estado de estrés térmico durante los meses de verano.

Palabras clave: *Triada, estrés calórico, razas, Holstein, Siboney, época.*

ABSTRACT

This study aimed to determine the effect of season on the behavior of the triad in Holstein and Siboney stallions kept at the "Artificial Insemination" UEB (Insemination Artificial) in Granma province. Thirty-four stallions were used: 28 Siboney from Cuba and 6 Holsteins, subjected to the same management conditions. The clinical triad was assessed in the morning and afternoon. Factorial ANOVA was applied, taking into account breed and season, and the Duncan 1995 multiple-range test was used to differentiate between means, using the STATISTICA V. 8 statistical package. It was concluded that, in relation to the clinical triad, Holstein stallions presented higher values than Siboney stallions, especially during the rainy season, which corroborates the negative effect caused by the high temperatures prevailing in Cuba. This demonstrates that Holstein bulls kept in the eastern region of Cuba suffer from heat stress during the summer months.

Keywords: *Triad, heat stress, breeds, Holstein, Siboney, season*.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de la ganadería intensiva trajo como consecuencia, para los animales, cambios en sus patrones de conducta al verse obligados a vivir en confinamiento con altas densidades de población y sometidos a la manipulación del hombre (alimentación, destete, ordeño, inseminación artificial, etc.) Por otra parte, están expuestos a condiciones ambientales variables, como temperatura, humedad, viento, etc. Estos estímulos de diversa intensidad y duración, se pueden considerar como agentes estresores (García-Belenguer y Norméde, 1993).

Áreas et al. (2008) expresaron que el efecto del clima en el ganado bovino es variable y complejo, ya que condiciona el medioambiente en el que los animales viven y se reproducen. Sus influencias en el bienestar y producción animal han sido reconocidas y estudiadas desde 1950. El clima afecta al ganado directa e indirectamente, ya que modifica la calidad y/o cantidad de alimentos disponibles, los requerimientos de agua y energía, la cantidad de energía consumida y el uso de ésta. Los animales hacen frente a las condiciones adversas del clima mediante la modificación de mecanismos fisiológicos y de comportamiento para mantener su temperatura corporal dentro de un rango normal.

El Manual Normativo Técnico para Inseminación Artificial (2010) informa que la Inseminación Artificial tiene como objetivos mejorar la calidad genética y también prevenir o eliminar enfermedades venéreas. Pero dice además que la técnica no está exenta de riesgos, pues puede convertirse en vía de diseminación o en fuente de propagación de enfermedades. Por ello, los centros de inseminación artificial deben efectuar controles periódicos a los toros dadores de semen para que los mismos estén libres de enfermedades infecciosas, metabólicas y orgánicas

Las razones expresadas permiten plantear como objetivo del presente trabajo determinar las variaciones de la triada clínica en sementales Holstein y Siboney de Cuba en las dos estaciones del año, en la EUB Inseminación Artificial de la provincia de Granma.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de investigación y variables climáticas.

La investigación se llevó a cabo en la Unidad Empresarial de Base (UEB): Inseminación Artificial, ubicada en el municipio Bayamo, provincia Granma, perteneciente a la Empresa Nacional de Inseminación Artificial. Se consideraron dos épocas (periodo lluvioso y poco lluvioso) durante el año 2016. Los valores promedios de las variables climáticas aparecen en el cuadro que sigue a continuación.

Cuadro 1. *Valores medios de variables climáticas en los dos períodos del año 2016.*

Periodo	T. Máx (°C)	T. Mín (°C).	T. Media (°C).	Hr. Máx. (%)	Hr. Mín. (%)	Hr. Media(%)	ITH	D.D.S. (horas)	Vel. Vto (Km/h)	Prec. Pluv. (mm)
Poco lluvioso	30.7	17.7	24.1	94.6	76.6	86	73.6	8.2	8.4	43.3
Lluvioso	33.2	21.1	26.9	95.6	80.3	88.5	78.6	7.3	5.8	138.8
Media	31.9	19,4	25,5	95.1	78.4	87.2	76.1	7,7	7,1	91.5

Leyenda: T: temperatura; Máx: máxima; Mín: mínima; Hr: humedad relativa; ITH: índice temperatura humedad; DDS: duración del sol; Vel: velocidad; Vto: viento; Prec: precipitación.

Animales. Manejo y alimentación

Se utilizaron sementales de las razas Siboney de Cuba y Holstein con edades comprendidas entre 3 y 5 años y pesos de alrededor de 1000 kg, clasificados como "aptos para la reproducción" y libres de enfermedades infectocontagiosas, resultando negativos a exámenes como: prueba de Brucela, Campilobacteriosis, Tricomoniasis, Leptospirosis, Tuberculosis, Leucosis, IPV- IBR (Rinotraqueitis Infecciosa Bovina).

Los sementales permanecieron alojados individualmente en sus establos habituales, con suficiente espacio, buena circulación de aire y un sistema de drenaje que permitía la evacuación rápida de los residuales. El alimento suministrado según el peso corporal suplía los requerimientos nutricionales de los animales y el agua se ofertaba at libitum. La dieta consistió en concentrado a razón de 7 kg por animal diariamente, en ambas épocas del año. En la época seca además se suministró 43 kg de forraje y 3 kg de heno por animal. En la época de lluvia el suministro del forraje fue de 46 kg promedio por animal, y no hubo suministro de heno.

Grupos experimentales.

Se investigaron dos grupos de animales, 28 de la raza Siboney de Cuba y seis de la raza Holstein, que constituían la totalidad de sementales existentes en la UEB. A ambos grupos se les tomó la triada clínica: frecuencia respiratoria (FR), frecuencia cardiaca (FC) y la temperatura corporal (TC) dos veces al día, en el horario de 8 am y 2 pm en días alternos.

Diseño y análisis estadístico

Se aplicó Anova Factorial, para esto se tuvo en cuenta la raza y época del año. Para la diferenciación entre medias se utilizó la prueba de rango múltiple de Duncan 1995, empleándose el paquete estadístico STATISTICA V. 8.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El comportamiento de la triada clínica en las dos razas y en las dos épocas del año aparece recogido en el cuadro 2. Los valores obtenidos demostraron que los indicadores fisiológicos muestran variaciones entre la mañana y la tarde en ambas razas dentro de cada época del año, y que los valores fueron superiores en el horario de la tarde. Otra información importante es la existencia de variaciones significativas dentro de cada raza al comparar las diferentes épocas, con valores superiores en el período lluvioso; aunque la variación es mayor en los sementales de la raza Holstein. Por otro lado, se evidencia que, al comparar el comportamiento de las variables entre las dos razas, los valores tienden a ser superiores en la raza Holstein, especialmente la FR en el horario de la tarde donde las diferencias son significativas.



Cuadro 2. *Comportamiento de la triada por raza, época del año y momento de tomada.*

Indicadores/raza	Siboney				Holstein				Sig.
Período lluvioso									
	Mañana	EE±	Tarde	EE±	Mañana	EE±	Tarde	EE±	
FR (rpm)	31,96^{bc}	1,39	48,14^{d}	1,13	35,33^{c}	1,25	53,83^{e}	2,24	*
FC (lat/min)	58,92^{bc}	2,12	85,10^{e}	0,54	50, 66^{a}	2,27	87,00^{e}	1,15	*
TC (0C)	38,22^{a}	0,09	40,15^{b}	0,10	38,38^{a}	0,25	40,78^{c}	0,04	*
Período poco lluvioso									
FR (rpm)	28,57^{ab}	1,44	44,28^{d}	0,57	24,33^{a}	3,97	47,00^{d}	0,96	*
FC (lat/min)	65,00^{cd}	1,95	84,85^{e}	0,51	66,16^{d}	4,16	85,66^{e}	1,28	*
TC (0C)	38,05^{a}	0,08	40,57^{c}	0,04	38,25^{a}	0,12	40,81^{c}	0,04	*

*Letras desiguales difieren entre sí, para raza, época y momento en cada indicador evaluado. *P<0,05.*

En este sentido coincidimos con Rensis et al. (2003) quienes afirmaron que la tasa de respiración es uno de los mecanismos más importantes a considerar al momento de evaluar el nivel de estrés por calor del ganado, ya que es una de las principales respuestas observables en el animal cuando está expuesto a temperaturas superiores a su umbral de confort. Este aumento tiene por objeto aumentar la pérdida de calor por las vías respiratorias y es una de las vías más importantes para mantener el balance térmico durante el verano especialmente en los animales Holstein. También Silanikove (2000) planteó que la medición de la tasa de respiración de los animales y la cuantificación del jadeo es la forma más fácil de evaluar el estrés por calor en el ganado en condiciones comerciales de producción.

Estos resultados se apoyan en los trabajos de Brown-Brandl et al. (2005b, 2006a), quienes encontraron que la tasa de respiración y la escala de jadeo son afectadas por la temperatura ambiental, el genotipo, la condición corporal, el historial sanitario y el temperamento de los animales.

Los resultados que se obtienen en la raza Siboney de Cuba coinciden con los obtenidos por Bonilla (1999) con valores dentro de los parámetros fisiológicos para la especie en ambos horarios y épocas del año (promedio de FR: 32,5 rpm; FC: 73,9 lat/min; TC: 38,8 0C), lo que pudo estar relacionado con el hecho de que el ganado Cebú y sus cruces muestran mayor tolerancia al calor que el ganado europeo como es el Holstein.

La FC resultó mayor en sementales Holstein con 86 lat/min que el Siboney con 73 lat/min, valor que se considera adecuado para la especie en clima tropical sometido a una intensa actividad estresante como respuesta al ambiente. Al respecto Valdés y García (2002) en determinaciones realizadas encontraron que este parámetro se mantuvo entre los 70 - 80 lat/min.

En esta investigación se demostró que el Holstein alcanzó una mayor temperatura rectal (40.70C) que el Siboney (38.80C) esto pudo ser ocasionado porque el Bos taurus posee un bajo metabolismo para disipar el calor, mientras que el Bos indicus tiene una regulación más eficiente de la temperatura corporal en respuesta al calor ambiental. Estos resultados son similares a los planteados por Martínez, (2006) donde expresa que los Bos taurus son más sensibles al efecto negativo del estrés, mientras que el Bos indicus adquirió tolerancia a las altas temperaturas ambientales.

Nienaber et al. (2003), reportaron que tanto la tasa de respiración como la temperatura corporal fueron las principales variables afectadas en relación con los procesos termorregulatorios, indicando además que la temperatura ambiental y THI tienen un marcado efecto sobre la temperatura rectal, la tasa de respiración y el pulso del animal. Resultados similares fueron obtenidos en este trabajo donde los animales de la raza Holstein alcanzaron valores más elevados que los de la raza Siboney.

CONCLUSIONES

Los sementales de la raza Holstein presentaron valores superiores de la triada clínica a los animales de la raza Siboney, especialmente en el período lluvioso, lo que demuestra un marcado efecto negativo de las altas temperaturas características de la región oriental de Cuba, en dicha raza, lo cual debe repercutir en el comportamiento reproductivo de dichos sementales.

BIBLIOGRAFÍA

Arias, R.A., Mader, T.L., Escobar, J. 2008. Factores climáticos que afectan el desempeño productivo del ganado bovino de carne y leche. Arch. Med. Vet. 40(1): 7-22.

Bonilla, A. 1999. El estrés en el Ganado. Revista Acovez, p.18-26.

Brown-Brandl TM, R.A., Eigenberg, G.L., Hahn, J.A., Nienaber, T.L., Mader, A., Parkhurst, R. 2005b. Analyses of thermoregulatory responses of feeder cattle exposed to simulated heat waves. Int J Biometeorol 49, 285-296.

García M. A. 2009. "Stress Calórico en Rodeos Lecheros: Lo ideal y lo Posible". Argentina: Ergonomix;. <Fecha de consulta, 18/09/2016> Disponible en: http://www.engormix.com/MA-ganaderia- leche/manejo/articulos/stress-calorico-rodeos- lecheros-t2707/p0.htm.

Manual Normativo de Procedimientos Técnicos para Centros de procesamiento de Semen Bovino. Segunda Edición, 2010.

Martínez, M.A. 2006. "Efectos climáticos sobre la producción del vacuno lechero: estrés por calor". España: Revista Electrónica de Veterinaria REDVET ®. <Fecha de consulta, 15/09/2016> Disponible en: http://www.produccion-animal.com.ar/clima_y_ambientacion/30- stres_por_calor_vaca_lechera.pdf

MERCK. Manual Merck de veterinaria. 2007. Editorial Océano. Sexta edición en español.

Nienaber, J.A., Hahn, G.L., Brown-Brandl, T.M., Eigenberg. R.A. 2003. Heat stress climatic conditions and the physiological responses of cattle. 5th International Dairy Housing Proceedings of the 29-31 January Conference, Fort Worth Texas, USA. ASAE publication N° 701P0203, Pp 255-262.

Rensis, F., Scaramuzzi, R. 2003. Heat stress and seasonal effects on reproduction in the dairy cow- a review. Theriog. 60: 1139-1151. Disponible en: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12935853. (Consultado el 10/09/2016).

Silanikove, N. 2000. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. Livest Prod Sci 67, 1-18.





BMA-69. La producción de carne bovina y sus condiciones ambientales en la región este de la provincia Holguín.

R. D. Ramírez González[*]

Delegación Territorial de CITMA Holguín, Cuba

[*]Correspondencia a: reinierramirez1982@gmail.com

RESUMEN

En el este de Holguín las cuestiones tecnológicas inciden la capacidad productiva de los bovinos por las propiedades del suelo, pendiente y régimen de precipitaciones. Para determinar los factores que limitan la producción de carne bovina en la zona, se trabajó con registros del Ministerio de la Agricultura de 65 fincas referidos a poblaciones, comportamiento productivo, reproductivo, condiciones de tenencia y de variables climáticas registradas por el sistema de estaciones meteorológicas. Para georreferenciar las fincas se utilizaron el sistema de coordenadas geográficas WGIS versión 3.32.3. Se extrajeron las variables cuantitativas de varianza distinta de 0, los indicadores área de pastoreo, vacas, novillas, vacas en ordeño, área de forrajes, erosionada y malezas, peso vendido, nacimientos, producción de leche/año siendo sometidos a análisis de componentes principales, con rotación ortogonal Varimax, con normalización. Los componentes de autovalores mayores que la unidad se utilizaron para explicar existencia de factores bióticos determinantes. Estos recibieron los nombres manejo y productividad. Se concluye que en la región la producción de carne bovina está limitada por la infraestructura propia de las fincas, el manejo, el área de alimentos, degradación de suelos y pastizal, volumen de carne producido, número de nacimientos y hembras de reemplazo, explicando el 61,4 % del deterioro. La productividad, vacas, asociada con el número total de reproductoras, vacas en ordeño y producción de leche/año, retienen 28,1% del deterioro. Los factores limitantes y asociados constituyen referentes para definir estrategias de trabajo innovativo necesarias en cuanto a recursos naturales, productividad y medioambiente que requiere la región.

Palabras clave: *Producción ganadera, medioambiente, recursos naturales*

ABSTRACT

The technological issues have impact on the production capacity of the bovine taking into account the ground's properties, steepness and regimen of precipitations in Holguín east. In order to determine the factors that limit the production of bovine meat at the zone, it operated myself with records of the Ministry of the Agriculture of 65 farmsteads referred to populations, productive, reproductive behavior, conditions of tenancy, and of climatic variables as from records of weather stations. For georreferenciar the farmsteads utilized him the coordinate system geographic WGIS version 3,32,3. Area of sheepherding, cows, young cows, cows in milking, area compensation extracted the quantitative variables of different variance of 0, the indicators themselves, eroded and under brushes, sold-out weight, births, production of milk year. The indicators submitted themselves to principal component analysis, with orthogonal rotation Varimax, with normalization. The components of bigger auto-moral values that they utilized the unit to explain existence of biotic determining factors. These received I manage the names and productivity. The production of bovine meat is limited for handling, structure of the area of foodstuff, degradation of grounds and pastureland, replacement's volume of manufactured meat, number of births and females, explaining 61.4 % of the deterioration at the region. Productivity, cows, associate with the total number of reproductive, you fall vacant in milking and production of milk year, they retain 28.1 % of the deterioration. Limiting factors and associates, they constitute referent to define strategies of innovative work as to natural resources, productivity and environmental that the region.

Keywords: *Cattle production, environmental, natural resources.*

INTRODUCCIÓN

La ganadería ocupa el 70% del área agrícola y 30% de toda la superficie terrestre a nivel global. Las zonas montañosas representan el 27 % de la superficie global contribuyendo a mantener la población en los lugares, mejorar su economía de modo sostenible y mantener el paisaje. Aportan sustento a cerca de 720 millones de personas que viven en ellas y benefician a otros tantos que viven en tierras bajas, suministrando agua dulce, energía y alimentos. Se consideran áreas vulnerables al cambio climático por su fragilidad ante, la deforestación, degradación de los suelos y los desastres naturales (Patiño et al., 2017).

Estas regiones siempre han sido parte de los sistemas productivos campesinos donde el agricultor hace arreglos para manejar cultivos, criar animales y realizar actividades forestales, con el aporte del trabajo familiar. Estas formas de producción son importantes pues gran parte de la producción de alimentos de origen animal se originan en este sector. En América Latina, la agricultura se desarrolla en sistemas de producción diversos donde brinda estabilidad en los ecosistemas, con mayor rentabilidad asegurando el autoconsumo familiar, reduciendo riesgos y disminuyendo la dependencia de insumos externos (Vázquez-García 2015).

El Cambio climático es el desafío más importante de nuestro tiempo, ya que sus efectos son de alcance mundial y de una escala sin precedente (UN, 2020). La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), define el cambio climático (IPCC, 2013) como: el cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera global y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables". La CMNUCC diferencia, pues, entre el cambio climático atribuible a las actividades humanas que alteran la composición atmosférica y la variabilidad climática atribuible a causas naturales.

Muchas de las investigaciones científicas que evalúan el efecto del incremento de la temperatura ambiental, analizan los procesos de adaptación que sufre el organismo cuando existen cambios drásticos en el ecosistema donde habitan. En la ganadería, estas adaptaciones abarcan varios procesos que van en detrimento de varias características propias de la producción como es su reproducción (Díaz, 2021). En la Universidad de Florida USA, se han realizado muchas investigaciones analizando los efectos negativos del estrés calórico sobre la ciclicidad, niveles hormonales y desarrollo embrionario de bovinos. Estos efectos son indiscutibles y se han analizado varios tratamientos para aminorarlos. El uso de antioxidantes (selenio y vitamina D) y hormonas recombinantes (somatotropina bovina) han dado resultados halagadores. Pero no son suficientes si en los tratamientos no se piensa en proveer a los animales un medio que permita disminuir la temperatura ambiental (sombra, aspersores), no es nuevo el manejo agrosilvopastoril. Ya publicaciones desde antes de la década de los 90´s del siglo pasado se mencionaba como agrosilvicultura, y su uso, en ese momento, era una novedad. En la actualidad es completamente recomendada en especial en países de cuatro estaciones donde los cambios climáticos durante el año son extremos (Díaz, 2021).

El deterioro ambiental y el cambio climático son temas muy importantes por lo que se necesita estudiar las interrelaciones que se establecen entre el medio físico y la producción ganadera. El cambio ambiental constituye una consecuencia directa del desarrollo de actividades humanas que ponen en riesgo las condiciones naturales de vida y desarrollo. Estas consecuencias ambientales impactan al sector agropecuario, los procesos de producción, elaboración, distribución y consumo, el que contribuye a la vez que se ve perjudicado lo que precisa acciones de mitigación y adaptación.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en los municipios Cueto, Mayarí, Sagua de Tánamo, Frank País y Moa ubicados en la porción holguinera del macizo montañoso Nipe-Sagua-Baracoa (este de Cuba) en una extensión superficial de 8076 Km^2. Este grupo montañoso se caracteriza por la interacción de factores y procesos que forman los diversos tipos de suelos y desde el punto de vista geomorfológico constituye el espacio más complejo de la isla de Cuba. Tiene condiciones ambientales que permiten el desarrollo de la producción ganadera influenciada por la existencia de bosques, pastos en praderas y mesetas y varios ríos que incluyen cuencas de interés nacional (Mateo, 2018). Se trabajó con registros del ministerio de la agricultura de 65 fincas ganaderas, de las cuales se tomaron datos de sus poblaciones, del comportamiento productivo, reproductivo de los animales y de las condiciones de tenencia, así como de las variables climáticas en el período a partir de los registros de la red de estaciones meteorológicas de la provincial Holguín basadas en la Norma Climática 1981-2010 OMM (2012) *(CMP, 2022)*. Para la georreferenciación de las fincas se utilizó el sistema de coordenadas geográficas Wold Geodesic Sistem (WGIS) versión 3.32.3 (IDECOR, 2021). De los registros se extrajeron las variables cuantitativas de varianza distinta de 0, las que permitieron obtener directamente o mediante cálculo los indicadores área de pastoreo, vacas, novillas, vacas en ordeño, área de compensación, área de malezas, peso vendido, nacimientos, área erosionada, producción de leche en el año. Los indicadores se sometieron al análisis de componentes principales, con rotación ortogonal Varimax, con normalización Kaiser y ninguno se excluyó por su factor de peso. Las componentes de autovalores mayores que la unidad se utilizaron para explicar la existencia de factores bióticos determinantes. Estos recibieron los nombres manejo y productividad a partir de los procesos en los que participan las variables que le dieron origen. Para establecer diferencias entre las fincas, se empleó el modelo estadístico de medición del impacto de la innovación o transferencia tecnológica en la rama agropecuaria. Las fincas con puntuaciones factoriales más elevadas en la primera componente se seleccionaron para describir, a partir de estimadores puntuales, aspectos seleccionados de los registros (cuantitativos y cualitativos), así como alternativas de manejo en el agroecosistema. Las técnicas estadísticas se aplicaron mediante el programa IBM SPSS Statistics ver. 22(IBM).

RESULTADOS

En la región este de Holguín la producción de carne vacuna está limitada por las condiciones de manejo de las fincas en estructura de las áreas de alimentos, la degradación de los suelos y el pastizal, el volumen de carne producido, el número de nacimientos y de hembras para reemplazo, explicando el 61,4 % de su deterioro. La productividad, vacas, está asociada con el total de reproductoras, su cantidad, las que se ordeñan y la producción de leche en el año que tiene la finca, retienen 89,5 % del deterioro (tabla 1).

Tabla 1. *Factores que determinan la producción de carne bovina en el este de Holguín.*



Componentes		Factor de peso	Autovalor	Varianza acumulada explicada, %
Manejo	Área de pastoreo, ha	0,92	6,1	61,4
	Novillas, cabezas	0,93		
	Área de compensación, ha	0,91		
	Área de malezas, ha	0,98		
	Peso vendido, t	0,78		
	Nacimientos, cabezas	0,87		
	Área erosionada, ha	0,98		
Productividad	Vacas, cabezas	0,78	2,8	89,5
	Vacas en ordeño, cabezas	0,98		
	Producción de leche en el año, miles de litros	0,97		

Fuente: Elaboración propia

Discusión

A partir de los resultados se pudo definir que el área en arvenses y erosionada representan factores de un alto peso lo cual determina en estas condiciones limitan el aprovechamiento eficiente del área de pastos y de compensación, el volumen de carne producido y el número de cabezas que puede sostener el sistema, con lo cual se reduce el número de nacimientos y por consiguiente el de hembras de remplazo de que se dispondrá producto de las condiciones actuales.

Apuntar que el área de malezas es la principal variable que limita el desempeño productivo de la finca junto al área erosionada en regiones del sur de Holguín Peña-Rueda et al., (2018) .Esta región no tiene las mismas condiciones físico-geográficas pero sí, las sociales en cuanto a tenencia de los animales y las condiciones en las explotaciones derivadas de los cambios estructurales del período 2011- 2020 en la gestión de la producción agropecuaria en el país que han traído un deterioro de los indicadores productivos añadiendo otras causas como la limitada superficie efectiva y la productividad de los genotipos empleados de acuerdo a los cruzamientos y la adaptación a las condiciones de la zona. Peña-Rueda et al. (2019).

Por otro lado, el área de pastoreo representa la mayor extensión de las fincas revistiendo la atención que sobre el manejo de los pastos y su rendimiento se debe tener como fuente principal de alimentación. Incluye la existencia de árboles y arbustivas en cercas vivas utilizadas en la estructuración de los límites cuyos follajes son utilizados como alimento en épocas de baja disponibilidad de forraje. Estos principios son ampliados por Murgueitio et al. (2019) bajo la evaluación de servicios ecosistémicos, refiriendo experiencias con ganado mestizo observando una producción adicional de carne entre 15 % y 20 %, asociada a estas prácticas de obtención de biomasa comestible bajo la sombra de los sistemas silvopastoriles constituyendo un potencial para el aumento productivo de las fincas.

Además, los árboles, que definen esta superficie en su mayoría, contribuyen al reciclaje de nutrientes, proveen sombra que reduce el estrés térmico y produce alimentos con potencial para aumentar la producción de biomasa generando servicios ambientales de captura de carbono y de soporte a la biodiversidad mediante la adopción de innovaciones en creación de sistemas agroforestales (Binam et al., 2017).

También es primordial indicar que el relieve tiene una relación estrecha con el sistema de conducción del pastoreo de acuerdo al grado de inclinación de la pendiente y ambos factores ejercen una presión sobre las necesidades de mantenimiento de los rebaños, influyendo sobre la capacidad productiva de la crianza. Si crece la pendiente se incrementa la posibilidad de erosión de los suelos con sus consecuencias que luego requieren acciones correctivas (Benítez et al. 2009). La ganadería está relacionada con las condiciones de cada región, así los ovinos se crían en zonas semiáridas, las cabras en montañas, los caballos en estepas, los camellos en desiertos y los búfalos en el trópico (DEAG, 2022).

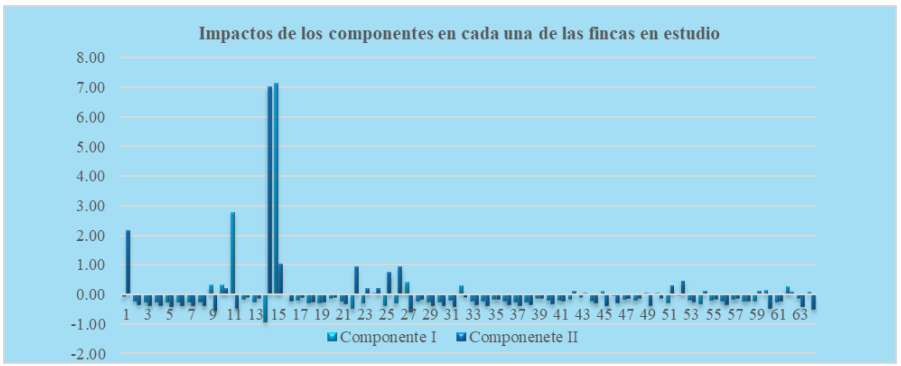
Se define que los factores abióticos y bióticos influyen en el establecimiento y productividad de los pastizales y las áreas de forrajes considerando entre los primeros la temperatura, el relieve, humedad, radiación solar, fertilidad en el suelo y fertilización mineral y la genética de la especie forrajera y manejo del cultivo para los segundos. Las especies forrajeras y las labores de manejo se deben controlar para lograr eficiencia en las producciones (Gliessman, 2002; Altieri, 1995).

El área dedicada a la producción de carne y el tamaño del rebaño, son definitorias en las montañas por el relieve, la pendiente y el tipo de suelo teniendo en cuenta la interacción de las condiciones climáticas para establecer sistemas productivos con razas especializadas corroborando nuestra investigación lo planteado por (Oquendo, 2011) que en el agroecosistema montañoso del este de Holguín se destinan extensiones de terrero no despreciables a la ceba y cría con ganado mestizo, cebú y razas mejoradas.

La referida área representa el 7.6 % de la superficie dedicada, no garantizando la suplementación energética y proteica de los animales en cantidades para cubrir la demanda como proponen Benítez et al. (2009), considerando que se deben incrementar para que cubran la mitad de la capacidad de ingestión del rebaño utilizando leguminosas y forrajes de la propia finca. La producción de forraje a partir de plantas proteicas es viable pudiéndose emplear moringa (*Moringa oleífera Lam*), titonia (*Tithonia diversifolia* y morera (*Morus alba L.*) (Peña-Borrego et al., 2019).

Comprobamos que el área de compensación con gramíneas y leguminosas es indicadora de resiliencia y adaptación del sistema productivo ante fenómenos climáticos extremos en concordancia con resultados de investigaciones de Oquendo, 2011 y Benítez, 2007 que muestran el potencial de variedades de caña de azúcar como alimento animal en la ceba en estas zonas para compensar este déficit en muchas fincas, así como de king grass evaluadas en las condiciones de la montaña para obtener ganancias medias diarias de peso iguales o superiores a 500 g/ Día.

El nivel de degradación, la productividad de las vacas es expresión del peso vivo destetado cada año teniendo un valor de peso negativo, lo cual significa que la producción de carne aumenta a medida que la degradación se reduce. En este sentido un elemento importante es que la natalidad es baja (53), lo cual reduce la contribución del peso al destete respecto al número de reproductoras coincidiendo con Pérez-Infante (2013), en el cual encontró que cuando no se satisfacen los requerimientos nutricionales de los animales, se producen afectaciones directas en los indicadores de nacimientos, peso al destete, incrementando el período para el reemplazo en la reproducción de los animales en la finca decreciendo la productividad en carne de las vacas y el rebaño.



En consecuencia, un comportamiento similar tiene la producción de leche, con número de horas con máxima exposición al calor negativo. Esto determina la prolongación de este período aumentando la utilización del agua por los animales para disminuir las pérdidas en disipación de calor, reduce el consumo de alimentos y desciende la producción láctea convirtiéndose en estrés térmico cuando la exposición continua y no se toman medidas para eliminar las causas.

Igualmente, la mejora en la producción láctea es un aspecto que se asocia al incremento del consumo total de materia seca y, a su vez, a una mayor ingestión de nutrientes. La producción de leche total tiene un peso elevado porque en la ganadería de cría, la secreción mamaria es un elemento de habilidad materna muy estimado y se vincula con el desarrollo del ternero y su ganancia de peso (Reyes et al., 2017).

También se señala que existe una fuerte relación entre el factor producción de leche total y la condición corporal de la reproductora (vínculo que se incrementa con la edad), por cuanto esta última es expresión de las reservas corporales para afrontar la gestación, el parto y la lactación.

Así pues, si realizamos una valoración de la condición corporal de la reproductora nos apropiamos de una herramienta práctica muy importante para el manejo nutricional de las vacas buscando que tengan luego un desempeño reproductivo y productivo adecuados porque existe un período crítico para lograr que las hembras lleguen al parto con una puntuación mínima de 2,5/3; especialmente para novillas y vacas hasta segundo parto, que además de mantenimiento y lactación deben continuar creciendo.



Por lo tanto, la atención a la hembra de reemplazo es un factor cuantitativo y reflejo cualitativo de la ocupación del productor por el futuro de la masa representada. En la próxima generación de vacas del rebaño y el reemplazo en sí, de modo que el grupo que se incorpora cada año deberá ser superior en indicadores de interés que se miden en el rebaño en comparación con sus predecesoras, recogiéndose el peso al primer parto como criterio de medida de alimentación balanceada y la edad al primer parto como determinante en la duración de la vida productiva de la vaca (Álvarez, 2014).

En consecuencia, se toman las pautas basados en los costos de la cría de novillas, imponiendo gestaciones tempranas al inicio de la temporada de monta y debido al patrón estacional de los nacimientos, para conseguir tengan entre 2 y 3 años al primer parto, con el mínimo de distocias, vuelvan a parir dentro de los 365 días, logren ocho lactancias y una vida productiva prolongada. Aquí determina un eficiente y eficaz manejo reproductivo del rebaño con independencia del método de reproducción empleado.

Con estos resultados y explicados los impactos se pueden proponer un conjunto de medidas desde el punto de vista de los sistemas de producción imperantes donde jueguen un preponderante papel la utilización del silvopastoreo en la zona para conseguir un desempeño productivo eficiente con la utilización de los recursos naturales como el suelo y el agua disponibles ajustados a las condiciones ambientales endógenas en cuanto a temperaturas y régimen de precipitaciones y gestionar los resultados y experiencias existentes en materia de producción en la ganadería.

CONCLUSIONES

La finca y su estructura como unidad de producción para la ganadería es necesaria para poder lograr un buen desempeño, teniendo en cuenta el nivel de degradación de los suelos, la existencia de las áreas de forrajes, los cuartones dedicados al silvopastoreo, la producción de leche y el manejo diferenciado a la hembra de reemplazo como los factores más influyentes en los esquemas de producción de carne bovina en el este de la provincia Holguín, así como otros indicadores asociados sistema productivo, constituyendo un acercamiento prometedor para marcar las necesidades de investigación e innovación en este sector de la agricultura para una zona rica en recursos naturales con una alta potencialidad para lograr resultados productivos superiores en la región. Para mejorar los resultados productivos de la ganadería en la zona referido a la producción de carne bovina se deben incrementar las áreas de silvopastoreo, atender las particularidades de cada finca, ajustando la infraestructura de la misma, según el nivel de degradación del suelo, la producción de leche y la atención a la hembra de reemplazo, las características de los agroecosistemas donde se enmarcan y las capacidades intrínsecas de cada uno. La propuesta de medidas de ajuste en los sistemas de producción para la ganadería en la zona contribuiría de manera inmediata al incremento de los niveles de producción.

BIBLIOGRAFÍA

Altieri, M. A. 1995. Agroecology: The Science of Sustainable Agriculture. Second edition. Westview Press: Boulder, Co.

Álvarez Calvo, J. L. 2014. Cría vacuna, un potencial poco explotado. Editorial ACPA.

Benítez, D., Ricardo, Y., Romero, A., Guevara, O., Torres, V., Ramírez, A., Pérez, B., Miranda, M., Guerra, J., & Olivera, C. 2009. Alternativas para la producción sostenible de carne vacuna en el Valle del Cauto. Cuban Journal of Agricultural Science, 43(4), 369-377. http://cjascience.com/index.php/CJAS/article/download/461/428.

Binam, J. N., Place, F., Djalal, A. A. Kalinganire, A. 2017. Effects of local institutions on the adoption of agroforestry innovations: Evidence of farmer managed natural regeneration and its implications for rural livelihoods in the Sahel. Agricultural and Food Economics, 5, Article number 2. https://doi.org/10.1186/s40100-017-0072-2.

Centro Meteorológico Provincial (CMP) Holguín 2011. Atlas Climático de la provincia *Holguín. Tendencias y variaciones del clima durante el período 1970-2012. Especificidades para los sectores turístico y agrícola. Vigente según la Organización Meteorológica Mundial.*

Díaz, Ramiro. Impacto del cambio climático en la Ganadería: implicaciones fisiológicas y Ambientales Revista Científica Ecuatoriana, 2021, Vol. 8 Núm. 1.

Diversidad de espacios agrícolas y ganaderos (DEAG) en los continentes. 2 de agosto de 2022. Disponible en https://nuevaescuelamexicana.sep.gob.mx/detalle-ficha/6695/.

Gliessman, Stephen R. Agroecologia: procesos ecológicos en agricultura sostenible / Stephen R. Gliessman. Turrialba, C.R. : CATIE, 2002. xiii, 359 p. ; 28

González-Rivas, P. A., Chauhan, S. S., Ha, M., Fegan, N., Dunshea, F. R., & Warner, R. D. 2020. Effects of heat stress on animal physiology, metabolism, and meat quality: A review. Meat Science, 162, Article number 108025.

IBM. 2013. IBM SPSS statistics. (Spanish). Version 22.0.0.0, [Microsoft Windows of 64 bits], JAVA, International Business Machines Corp.

IDECOR, 2021.Cuándo utilizar un Sistema de Coordenadas Local y cómo hacerlo en QGIS. Disponible en https://www.idecor.gob.ar/cuando-utilizar-un-sistema-de-coordenadas-local-y-como-hacerlo-en-qgis/.

IPCC, 2013: Glosario [Planton, S. (ed.)]. En: Cambio Climático 2013. Bases físicas. Contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex y P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, Estados Unidos de América.

Murgueitio, E., Chará, J., Barahona, R., & Rivera, J. E. 2019. Development of sustainable cattle rearing in silvopastoral systems in Latin America. Cuban Journal of Agricultural Science, 53(1), 65-71. https://www.cjascience.com/index.php/CJAS/article/view/861/884

Naciones Unidas. Cambio climático. Disponible en https://www.un.org/es/sections/issues-depth/climate-change/index.html (abril 2020).

Oquendo, G. 2011. Tecnologías para el fomento y explotación de pastos y forrajes (2. ª ed.). Editorial Pueblo y Educación.

Patiño, J., Rivera, B., Patiño, M., Vargas. J.E., 2017.- Interpretaciones y recomendaciones sobre las prácticas profesionales desde el proyecto "Asistencia técnica para el fortalecimiento de la producción lechera en Caldas". Revista Veterinaria y Zootecnia, 11(2): 34-54.

Peña-Borrego, M. D, Fermoselle-Cumbá, D., Peña-Rueda, Y. F., & Bécquer-Granados, C. J. (2019). Análisis bibliométrico acerca de las investigaciones publicadas sobre Morus alba L. Pastos y Forrajes, 42(1), 81-87. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942019000100081&lng=es&tlng=es.

Peña-Rueda, Y. F.; Benítez-Jiménez, D.; Ray-Ramírez., J. V. & Fernández- Romay, Y. Typology of cattle farms in a peasant community from southwest of Holguin, Cuba. Cuban J. Agric. Sci. 52 (3):1-8, 2018

Peña-Rueda, Yuri Freddy; Benítez-Jiménez, Diocles Guillermo; Almaguer-Pérez, Nelvis Alipio; Pacheco-Peña, Cruz Emilio. Caracterización de la ganadería vacuna del sector campesino en el suroeste de Holguín. Pastos y Forrajes, vol. 42, núm. 4, 2019. Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey", Cuba. Disponible en: http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=269162670008

Pérez-Infante, F. 2013. Ganadería eficiente. Bases fundamentales. (2.ª ed.). Editorial ACPA.

Reyes, J. J., Rebollar, E., Redilla, C., Rey, S., Noda, A., González, M. R., & Alfonso, F. 2017. Milk production with Criollo crossbreed animals, supplemented with fresh semi-integral diet under restricted grazing conditions. Cuban Journal of Agricultural Science, 51(1), 25-33. http://cjascience.com/index.php/CJAS/article/view/681/732

Vázquez-García, V. 2015. Ganado menor y enfoque de género. Aportes teóricos y metodológicos. Agricultura, Sociedad y Desarrollo 2 (4): 515 http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870547220150004005 15.



BMA-70. Efecto de la temperatura ambiente sobre la producción de leche en vacas Cebú en la Cooperativa de Producción Agropecuaria (CPA) Juan González

Effect of ambient temperature on milk production in Cebu cows in the agricultural production cooperative (CPA) Juan González.

J. C. Valdivia Cruz; A. Menendez-Buxadera; R. Balmaceda Flores*

ACPA, Código Postal 60100, Sancti Spíritus, Cuba

*Correspondencia a: valdiviacruzjuancarlos@gmail.com

RESUMEN

Se estudiaron un total de 1032 controles mensuales de la producción de leche (**PDC**) de 108 vaca Cebú, hijas de 36 sementales pertenecientes a una cooperativa ganadera de Cabaiguan realizados entre enero del 2023 a septiembre del 2024, al mismo tiempo se disponía de la información climática semanal en ese periodo. Los datos se analizaron mediante modelos lineales mixtos de medidas repetidas, todos los efectos fijos fueron significativos, la temperatura ambiente en la tarde (Tpm) antes del ordeño afectó el nivel de **PDC**. Los parámetros genéticos de heredabilidad (h2) y correlaciones genéticas (**rg**) para PDC a diferentes niveles de Tpm fueron estimados con la solución de este modelo y los resultados fueron h2 = 0.248±0.20; h2 = 0.124±0.21 y h2 = 0.272±0.19 para Tpm de 23o C; 26o C y 30o C respectivamente, las **rg** fueron cercanas a la unidad entre medias adyacente, pero alcanzan resultados negativos entre temperaturas extremas, indicando antagonismo entre adaptación al calor ylaproducción de leche. Seidentificaron sementales Sensibles, Estables yResistente a cambios en Tpm, de manera que si Tpm>25oC las progenies de los sementales Resistentes producirán entre +0.37 a +0.87 kg/día más de leche en cada ordeño respecto a las hijas de los sementales Sensibles. Este es el primer resultado publicado en el país e indica que el Cebú también está afectado por el cambio climático, además se demuestra que mediante un trabajo colectivo es posible llevar a cabo un programa de evaluación genética en las condiciones de una cooperativa.

Palabras clave; *ganado Cebú, parámetros genéticos, relación clima producción de leche.*

ABSTRACT

A total of 1032 monthly milk production records (PDC) from 108 Zebu cows, daughters of 36 sires belonging to a livestock cooperative in Cabaiguan, carried out between January2023 and September 2024, were studied, at the same time weekly climatic information was available in that period. Data was analyzed using mixed linear repeated-measures models, all fixed effects weresignificant, the ambient temperaturein the afternoon(Tpm) beforemilking affected the PDC level. The genetic parameters of heritability (h2) and genetic correlations (rg) for PDC at different levels of Tpm were estimated with the solution of this model and the results were h2 = 0.248±0.20; h2 = 0.124±0.21 and h2 = 0.272±0.19 for Tpm of 23 °C; 26 °C and 30 °Crespectively, thergwereclose to unityin adjacent Tpm but reachednegativeresults between extreme temperatures, indicating antagonism between heat adaptation and milk production. Sensitive, Stable and Resistant sires were identified to changes in Tpm, so if Tpm>25oC the progeny of the Resistant sires will produce between +0.37 to +0.87 kgs/day more milk in each milking compared to the daughters of the Sensitive sires. This is the first result published in the country and indicates that Zebu is also affected by climate change, also it was shown that through collective work it is possible to carry out a genetic evaluation program in the conditions of a cooperative.

Keywords; *Zebu cattle, genetic parameters, climate, milk production relationship.*

INTRODUCCIÓN

Recientemente se ha publicado las primeras evidencias del potencial lechero de vacas Cebú, mantenidas en un solo ordeño yun sistema de amamantamiento de su ternero hasta el destete en las condiciones de la cooperativa Juan González en Cabaiguan provincia de Santi Spìritus. Los resultados fueron altamente estimulantes, indicándose que son capaces de producir 712 kg de leche y destetar un ternero de 171 kg el cual se estimó consumió 5.2 kg de leche /kg de ganancia de peso, de manera que el potencial de estas vacas puede estar en el orden de 1420 kg de leche. Al mismo tiempo se identificó la existencia de una amplia variabilidad en la producción láctea tanto entre vacas como sementales. Este resultado valida la tradición de los criadores de la provincia por casi medio siglo, de mantener la cría y explotación de vacas Cebú para la producción láctea, al mismo tiempo representa un estímulo en modo alguno despreciable, para los programas de desarrollo y mejora de la gran masa ganadera existente en las nuevas y difíciles condiciones estructurales existentes en este sector.

La base de datos disponible, aunque no muy numerosa, contenía la información mínima indispensable para un análisis genético, cuyos resultados permitió la estimación de los primeros parámetros genéticos para la producción diaria de leche en esta raza en el país, con tendencias igualmente muy estimulantes. Para mostrar un mensaje más abarcador era necesario analizar en qué medida la muestra de Cebú estudiada mantenía su reconocida resistencia del calor y los resultados preliminares se presentan en este informe.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se emplearon un total de 1032 controles mensuales de la producción de leche (PDC) de 108 vaca Cebú, hijas de 36 sementales pertenecientes a una cooperativa ganadera de Cabaiguan. Los animales estaban bajo un sistema de un solo ordeño y amamantaban a su ternero, los datos corresponden a enero del 2023 a abril del 2024. Al mismo tiempo se disponía de los datos climáticos diarios de temperatura (T) y humedad relativa (H) registrada en la mañana (7 am) y la tarde (7pm) en la estación climatológica oficial de Santi Spìritus durante ese mismo periodo con los cuales se construyeron varios índices ya clásicos para estos estudios. La información de clima y de PDC fueron expresadas en resultados de cada semana del año y se unieron conformándose una base de datos con la estructura adecuada para aplicar un modelo de regresión aleatoria y estimar la Norma de Reacción (NR) de cada animal y sus antecesores para cada variable climática sobre PDC. En este modelo se incluyó los efectos fijos de la combinación año-semana de control (32 niveles), número de partos (7 clases), raza dela vaca (Cebú Blanco, Bermejo ySardo Negro); covariables cubicadelos días en lactancia y cuadrática para los efectos de las variables de clima. Como efectos aleatorios se consideraron el animal y sus antecesores (154 niveles) y los efectos permanentes de la vaca (108 niveles) debido a repeticiones de PDC.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Todos los efectos fijos fueron significativos, no se estima necesario de momento discutir los mismos. De todos los índices climáticos solamente la temperatura en la tarde (Tpm) tuvo efectos ligeramente significativos sobre el nivel de PDC, sin embargo, las tendencias generales (figura 1) fueron muy consistentes e indica que el Cebú de la muestra se afecta por el calor cuando es superior a los 25 o C.

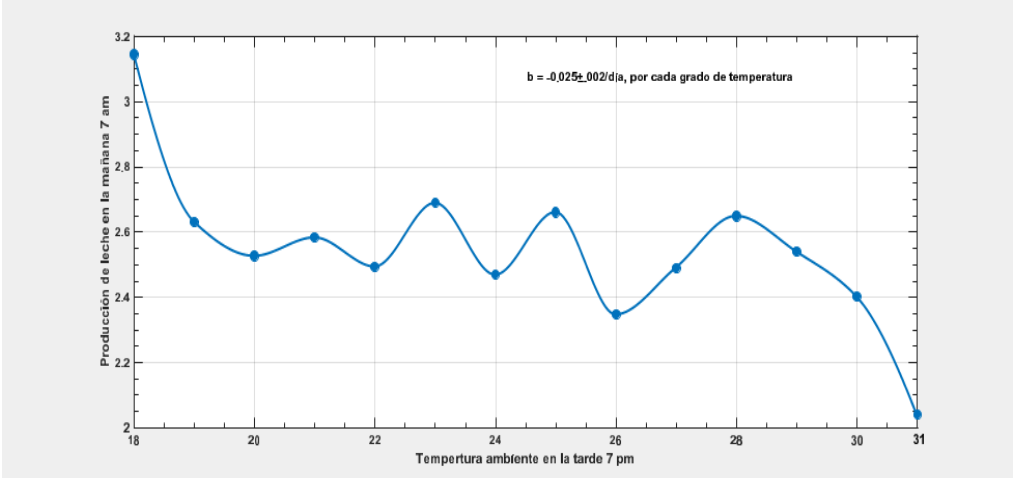


Figura 1. *Efecto de la temperatura en la tarde sobre la producción de leche en la mañana siguiente*

En la propia figura se presenta que este efecto es negativo (b = - 0.025±0.002) lo cual es coincidente, pero de menor magnitud, con el resultado publicado en ganado Gyr de Brasil (Santana et al. 2015). Aprimera vista puede interpretarse como muy bajo, pero debe tomarse en cuenta que esto es un efecto acumulativo de cada día, de manera si la Tpm>=25oC se mantiene durante 10 días consecutivo (algo muy normal en el país), la producción de leche de cada vaca se afectará en un cuarto de litros/día aproximadamente.

Los efectos aleatorios alcanzaron el nivel significativo, pero no tan agudo, la heredabilidad (h2) estimada fue de h2 = 0.248±0.20; h2 = 0.124±0.21 y h2 = 0.272±0.19 para una temperatura de 23o C; 26o C y 30o C respectivamente. Resultados muy similares fueron publicados para el ganado Gyr y Guzerat de Brasil (Santana y con 2015 y 2019), estos resultados, aunque son alentadores presentan altos errores estándar, lo cual es consecuencia del reducido número de observaciones disponibles por tanto deben interpretarse con cautela, no obstante, es evidente que existen diferencias genéticas ligadas a la tolerancia al calor. Esta es la primera evidencia publicada en Cuba sobre este tipo de parámetro para la producción de leche.

Las correlaciones genéticas entre PDC y la Tpm manifestó resultados cercanos a la unidad entre niveles de temperatura adyacentes o muy cercanos, decreciendo hasta alcanzar resultados negativos entre Tpm extremos (figura 2).

Debe apuntarsequelos resultados de la figura2 muestran errores estándar altos. Latendencia quesemanifiestacon ganado Cebú deCubaes la misma que las presentadas en las referencias previas citadas para ganado Gyr y Guzerat indicando antagonismo entre resistencia al calor y nivel productivo. Esta coherencia de resultados es la esperada en términos de los mecanismos fisiológicos implícitos en ambas funciones (producción de leche y adaptación al clima), que han suscitados muchas investigaciones a nivel mundial (ver revisión de Carabaño et al. 2019) debido a su importancia económica de todo el sector lácteo. En Cuba ya se había presentado simulares resultados en ganado Holstein (Domínguez et al. 2015) y en animales de la raza Siboney (González Prieto et al. 2024) así como en el peso al destete en ganado Criollo (Suarez et al. 2022), de manera que es necesario un mayor grado de atención a estos efectos, dado el inexorable cambio climático que se manifiesta en el país (Fonseca et al. 2022).

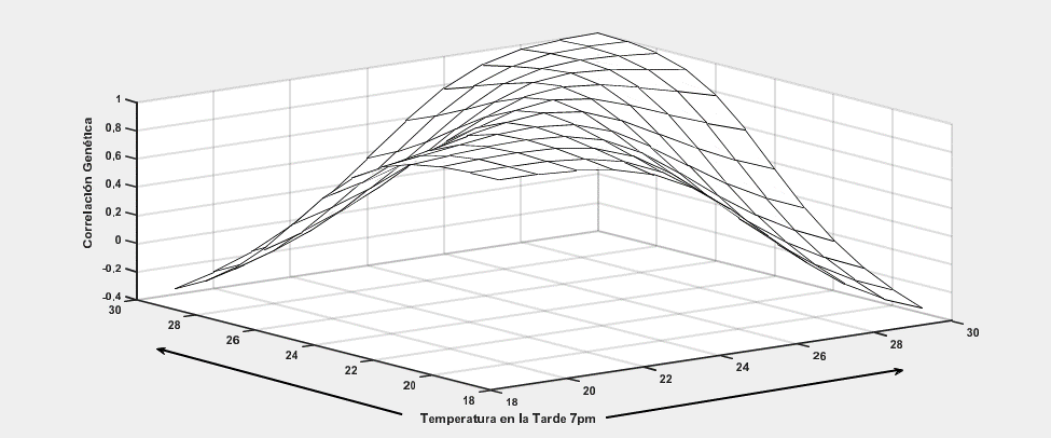


Figura 2. *Correlaciones genéticas entre producción diaria de leche y temperatura en la y tarde antes del ordeño*

El modelo estadístico aplicado es del tipo longitudinal donde los parámetros se estiman a lo largo de una escala de tiempo o niveles de ambiente lo cual le añade complejidad estadística, pero proporciona una información mucho más exhaustiva a los mismos datos disponible. En síntesis, se puede indicar que estos modelos proporcionan la solución para cada animal con datos y sus antecesores, de la relación de Tpm sobre PDC mediante un coeficiente de regresión (**β**), cuyos valores pueden ser positivo indicando que el animal presentará una capacidad de adaptación al cambio de Tpm, en este caso su potencial genético aumenta en la medida que se incrementa el nivel de calor, por tanto, es un animal que se puede calificar de **Resistente.** Por el contrario, si **β** es negativo indica un patrón opuesto y el animal se puede calificar como **Sensible** mientras que cuando β es igual cero o no diferente de cero, los animales son **Estables**. En condiciones donde existeesta evaluación, estas tres categorías son una simplificación que puede ayudar mucho a los criadores en el caso de elegir a un semental o eliminar a una vaca. Para ilustrar los resultados de este estudio se preparó la figura 3, la cual es una ilustración del Mérito Genético de algunos de los 37 sementales representados en la base de datos. Nótese las trayectorias diferentes de estas tres categorías de sementales, las hijas del 837 producirán diariamente entre respecto +0.37 a +0.87 kg más de leche en cada ordeño ya que en términos genético es un semental **Resistente** respecto al semental 187-4 el cual tiene propiedades que lo hace **Sensible** al cambio climático. Es obvio las ventajas y beneficios deeste tipo de evaluación, demanera quese estima no necesario más comentarios.

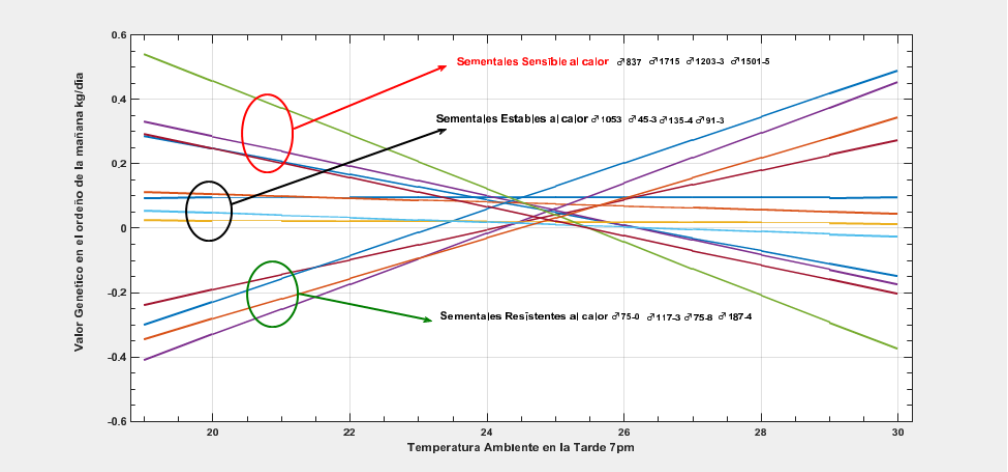


Figura 3. *Evolución del Valor Genético de tres tipos de sementales a lo largo del nivel de temperatura ambiente la tarde antes del ordeño.*

Detalles de estos procedimientos estadísticos pueden consultarse en Menendez-Buxadera (2022) con ejemplos adaptados a la producción animal en el trópico.

CONCLUSIONES

Los resultados de este estudio son el fruto del trabajo tanto de personal de la cooperativa Juan González, como del departamento provincial de genética del ministerio de la agricultura y la colaboración del instituto de meteorología de la provincia, todo lo cual demuestra la importancia del trabajo en equipo. Aun cuando se considera que el Cebú es un animal adaptado al calor del trópico, las evidencias encontradas indican que este atributo puede considerarse de manera general pero el mecanismo fisiológico subyacente manifiesta antagonismo entre producción de leche y temperatura ambiente, al igual que en otros genotipos más especializados. Al propio tiempo debe resaltarse la existencia de una importante variabilidad de origen genético la cual debe corroborase cuando más criadores participen del proyecto de mejora del Cebú de Santi Spìritus. Finalmente, pero no menos importante, queda demostrado el hecho de que se puede llevar a cabo evaluación genética en las condiciones deunacooperativaagrícola con sistemas deproducción similares alas nuevas estructuras de distribución de la masa ganadera del país.

RECOMENDACIONES

- En la raza Cebú reconocida por su adaptabilidad y resistencia, también manifiesta importantes efectos negativos debido a la temperatura, de manera que es necesario incorporar las bases de datos de meteorología en otros estudios. Se recomienda emplear los Sistemas Silvopastoriles, para atenuar las altas temperaturas durante las horas de pastoreo.
- Es necesario incrementarel número decriadores quemantengan un sistemadecontrol lácteo individual yde esta forma hacer evaluaciones en otras regiones de la provincia o el país.
- En las condicionesdeunacooperativasepuedenllevar acaboevaluaciones genéticas, de manera que este procedimiento puede beneficiar a una gran parte de la masa ganadera del país bajo este sistema de gestión.

BIBLIOGRAFÍA

DomínguezA. M., Y. Morales yJ.A. Sánchez, 2015. Influenciadel índicetemperatura – humedad sobre la producción de leche. V Congreso Internacional de Producción Animal Tropical, Habana Cuba. 2015. https://www.engormix.com/lecheria/estres-ganado-lechero/influencia-indice-temperatura-humedad_a41934/

Carabaño, M. J., Ramón, M., Menéndez-Buxadera, A., Molina, A & Díaz, C. 2019. Selecting for heat tolerance. Animal Frontiers, 9(1):62–68. https://doi.org/10.1093/af/vfy033

Fonseca Rivera C., Velázquez Zaldívar B., Vázquez Montenegro R., Hidalgo Mayo A., Mitrani Arenal I., Leiva Pit L., Cabrales Infante J., Martínez Álvarez M., Pérez Suárez R., Cutié Cancino V., Roura Pérez P., & González García I.



2025. Estado del Clima en Cuba 2024. Resumen ampliado. Revista Cubana de Meteorología, 31(2), https://cu-id.com/2377/v31n2e02.

González Prieto, S., Mitat Valdés,A., Suárez Tronco, M. A., & Menéndez-Buxadera, A. 2024. Evaluación global dela productividad derebaños lecheros yestrés térmico. I. Análisis y primeros resultados. Revista de Producción Animal, 36(2), 1-10. https://apm.reduc.edu.cu/index.php/rpa/article/view/e149-

Menéndez-Buxadera, A, 2022. Importancia y aplicación práctica de modelos estadísticos longitudinales en los sistemas de producción animal. Convención Producción Animal y Agrodesarrollo 2022. A,Varadero, Matanzas, Cuba, 10 al 14 octubre, 12 pag.

Santana Jr, M. L., Pereira, R. J., Bignardi, A. B., Vercesi Filho, A. E., Menéndez-Buxadera, A., & El Faro, L. 2015. Detrimental effect of selection for milk yield on genetic tolerance to heat stress in purebred Zebu cattle: Genetic parameters and trends. *Journal of Dairy Science*, 98 (12), 9035 - 9043. https://doi.org/10.3168/jds.2015-9817

Santana Jr, M. L., Pereira, R. J., Bignardi, A. B., El Faro, L., Pires, M. F., Andrade, R. G., Perez, B. C., Bruneli, F. A. T., & Peixoto, M. G. 2020. Dual‐purpose Guzerá cattle exhibit high dairy performance under heat stress. Journal of Animal Breeding and Genetics, 137(5), 486-494. https://doi.org/10.1111/jbg.12450.

Suarez Tronco, M., Rodríguez, M., Mitat, A., & Menéndez-Buxadera. A. 2022. Componentes de (co)varianza y heredabilidad para tolerancia al stress térmico sobre el peso al destete en animales Criollo de Cuba. *Livestock Research for Rural Development*, 34, Article #76. Retrieved September 1, 2022, from http://www.lrrd.org/lrrd34/9/3476marc.html

BMA-71. Sombra natural como estrategia para atenuar el estrés calórico en vacas lecheras primíparas en el último tercio de gestación durante eventos extremos de temperatura

Saravia, C.[1]; Pereira-Bernasconi, V.[2]; Möller, R.[2]; Batista [4], C.; Márquez, L.[2]; Munka, C.[3];van Lier, E.[2]; Astigarraga, L.[4]; Álvarez-Oxiley, A[4].*

[1] Departamento de Sistemas Ambientales; [2] Departamento de Producción Animal y Pasturas;

[3] Departamento de Sistemas Ambientales, Facultad de Agronomía, Montevideo;

[4] Departamento de Producción Animal y Pasturas, Facultad de Agronomía, Montevideo;

[1 y 2] Estación Experimental de Facultad de Agronomía en Salto, Universidad de la República, Uruguay. Ruta 31 km 21, Salto CP 50.000 [1]

[*]Correspondencia a: *csaravia@fagro.edu.uy*

ABSTRACT

The study evaluated the effect of natural shade as a strategy to attenuate heat stress in primiparous Holstein cows during the last third of gestation under heat wave conditions in Salto, Uruguay (February–March 2024). Twenty cows (BW 566 ± 55 kg; BCS = 2.9 ± 0.27) were assigned to two treatments: with voluntary access to natural shade from *Eucalyptus tereticornis* trees (ARB, n = 10) and without access to shade (SOL, n = 10). Meteorological variables were recorded in both treatments, and calculation of bioclimatic indices (THI, BGHI). The internal body temperatures (TCI) were measured using sensors implanted in the oblique muscle. Four heat waves (extreme, strong, mild, and moderate) were identified during the period, based on maximum and minimum air temperature criteria and nighttime recovery hours. In all heat waves, maximum and minimum temperatures exceeded historical 95th percentiles, with high relative humidity. The tree-shaded environment significantly reduced BG temperature and BGHI during the mild heat wave, improving thermal comfort and lowering TCI; however, during waves with prevailing northerly winds and advection of hot, humid air (especially in the strong heat wave), the microclimate generated by the shade was insufficient to modify TCI. It is concluded that natural shade can effectively reduce heat load under certain weather conditions, but its effectiveness decreases under intense advective heat. The use of internal sensors enabled continuous TCI monitoring, opening opportunities to integrate physiological, metabolic, and behavioral data into the analysis of heat stress attenuation strategies.

Keywords: *heat waves; black globe; Temperature and Humidity Index; silvopastoral systems*

Palabras clave: *olas de calor; esferas de Vernon; Índice de Temperatura y Humedad; sistemas silvopastoriles*

INTRODUCCIÓN

El último tercio de gestación en vacas lecheras constituye una fase fisiológica crítica para asegurar una lactancia exitosa y preservar la salud y la longevidad productiva del animal. Este intervalo involucra procesos esenciales como la preparación metabólica para la lactancia y el desarrollo final del feto (Drackley, 1999). Cualquier factor de estrés durante este período puede comprometer la eficiencia productiva y reproductiva en el ciclo siguiente.

En nuestro país por la concentración de partos en el otoño el último tercio de gestación transcurre en los meses de verano, coincidiendo con condiciones de alta carga térmica. La exposición a temperaturas ambientales elevadas, combinadas con alta humedad relativa y radiación solar directa, compromete la capacidad termorreguladora del animal, reduciendo el consumo de materia seca, afectando el estado inmunológico y disminuyendo el rendimiento posterior en la lactancia (Dahl et al., 2016; Tao et al., 2012). Además, puede alterar la vascularización y la función placentaria, con consecuencias negativas para el crecimiento fetal y la salud del ternero al nacimiento (Laporta et al., 2017). En las vacas primíparas, que aún están creciendo mientras gestan, estas consecuencias pueden ser más pronunciadas debido a la partición de los nutrientes entre el desarrollo materno y fetal. Entre los factores ambientales adversos, el estrés calórico se destaca como una de las principales amenazas, especialmente en regiones de clima cálido o durante los meses de verano.

Aunque los animales se adaptan a las condiciones ambientales en las que viven, las variaciones térmicas o la combinación de factores climáticos adversos pueden generar episodios de estrés calórico. Los períodos anormalmente cálidos y generalmente húmedos que se prolongan por tres días consecutivos o más se definen como olas de calor (IPCC, 2013). La ocurrencia de sucesivas olas de calor, intercaladas con intervalos relativamente más frescos, puede producir una elevada carga calórica acumulada, exponiendo al animal a condiciones potencialmente nocivas y asociadas a pérdidas productivas (Nienaber et al., 2003).



En Uruguay, Saravia y de Souza (2023) caracterizaron las olas de calor en localidades del litoral oeste (datos diarios de 1970 a 2022) y detectaron un incremento del período medio (en días) con olas de calor en las primeras décadas de este siglo respecto a los últimos treinta años del siglo anterior. Según Barreiro et al. (2021), las proyecciones climáticas indican un aumento casi lineal de la temperatura media anual: entre 0,5 y 1,6 °C para el horizonte cercano (2020-2044) y entre 1,5 y 5,5 °C para el horizonte lejano (2075-2099) en relación con 1981-2010. Los modelos CMIP5 proyectan también un incremento en el número y duración de las olas de calor hacia finales del siglo XXI, con mayor intensidad en el norte del país.

En sistemas pastoriles, el acceso a sombra es una estrategia clave para reducir la carga térmica. Tanto la sombra natural (proporcionada por árboles o montes) como la artificial (estructuras techadas o mallas sombra) pueden mejorar el confort, favorecer la conducta de descanso y rumia, y atenuar el estrés calórico (Schütz et al., 2009). Las vacas manifiestan una marcada preferencia por áreas sombreadas, especialmente en días calurosos, adaptando su comportamiento para buscarlas activamente, lo que evidencia su importancia en términos de bienestar (Schütz et al., 2009). En climas cálidos, la sombra artificial puede ser más efectiva para bloquear la radiación solar directa; sin embargo, cuando existe sombra natural abundante y estratégicamente distribuida, esta también cumple un rol eficaz en la regulación térmica (Magalhães et al., 2020).

Estudios recientes demuestran que vacas en el último tercio de gestación con acceso a sombra presentan menores temperaturas rectales, mejor estatus inmunológico, mayor producción de leche en la lactancia subsiguiente y crías con mejor desempeño postnatal (Monteiro et al., 2016; Fabris et al., 2019). Por lo tanto, garantizar condiciones ambientales adecuadas durante este período, particularmente mediante acceso a sombra, es una herramienta fundamental para mejorar el bienestar animal y los resultados productivos en sistemas lecheros pastoriles.En este contexto, el presente estudio busca evidenciar los beneficios del acceso a sombra natural sobre la recuperación de la normotermia y, en consecuencia, sobre el mantenimiento de la homeostasis, en una categoría animal especialmente sensible (vacas primíparas) durante la ocurrencia de eventos extremos de temperatura (olas de calor) en un ambiente meteorológico de elevada variabilidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización y tratamientos

El experimento se realizó en la Estación Experimental de la Facultad de Agronomía en Salto (EEFAS), Universidad de la República, Uruguay, ubicada en Ruta 31 km 21 (-31°23`;-57°57`) desde el 1 de febrero al 31 de marzo de 2024. El área experimental consistió en 12 ha de campo natural dividido en dos parcelas. A las parcelas fueron asignados dos grupos de vacas Holando primíparas en el último tercio de gestación (72 ± 17 d previos al parto), cuyo peso vivo (PV) inicial fue de 566 ± 55 kg y 2,9 ± 0,27 de condición corporal (CC, escala de 1 a 5, Edmonson, 1989). Las vacas fueron asignadas aleatoriamente en forma apareada por PV y CC a los tratamientos: con acceso voluntario sombra natural (n =10, ARB) y sin acceso a sombra natural (n= 10, SOL). La sombra natural consistió en un monte Eucalyptus tereticornis de 1 ha, con orientación de las filas N-S (densidad 298 árboles/ha).

Caracterización del ambiente meteorológico

Se registró en forma horaria la temperatura (ºC) y humedad del aire (%) a 1,5m y velocidad (m/s) del viento a 2 m , con estaciones meteorológicas automáticas (HOBO H21 Weather Station Data Logger, Onset Computer Corporation, Bourne, MA, 2019) ubicadas en cada parcela (una en SOL y otra debajo de ARB).

Índices biometeorológicos

En forma horaria se registró la temperatura del globo negro o esferas de Vernon (BG, Berbigier, 1988), con sensores Kooltrak (i-Buttons-TMEX modelo DS1921, Dallas Semiconductors, Dallas, TX). Las mismas son esferas huecas de cobre, pintadas de color negro mate, de 16 cm de diámetro, ubicadas a 1,5 m de altura bajo ARB y al SOL.

Con las variables meteorológicas de las estaciones meteorológicas autómaticas y las temperaturas de las Esferas de Vernon se calculó el Black Globe humidity Index (BGHI) Buffington et al., 1981) según:

$$BGHI = BG + 0.36 \times TPR + 41$$

Donde:

BG = Temperatura de la esfera de Vernon al SOL o en ARB

TPR = Temperatura punto de rocío (ºC) estimada a partir de la temperatura y humedad del aire registrada al SOL o en ARB

Con los registros de las variables meteorológicas en condiciones estandarizadas se estimó el ITH (Thom, 1959) según:

$$ITH = 0,8 \times Ta + (HR/100) \times (Ta-14,4) + 46,4$$

Donde:

Ta = Temperatura del aire (ºC) registrada a 1,5 m de altura

HR = humedad del aire (%), registrada a 1,5 m de altura

Los valores estimados del ITH se dividieron en cuatro categorías de confort animal, según lo propuesto por Nienaber et al. (2003) para *Bos taurus*:

ITH ≤ 74: condición termoneutral;

ITH 75-78: alerta;

ITH 79- 83: peligro;

ITH ≥ 84: emergencia

Olas de calor

Según el glosario del IPCC del 2013 "se definen como eventos extremos un evento meteorológico *raro* en determinado lugar y época del año. Aunque las definiciones de *raro* son diversas, la rareza normal de un evento meteorológico extremo sería igual o superior a los percentiles 90 de la estimación de la función de densidad de probabilidad observada para la variable en cuestión, en relación a una serie de datos de al menos treinta años (las funciones de densidad de probabilidad que describen simultáneamente dos o más variables se definen de manera análoga)".

Para identificar eventos extremos de temperatura del aire se seleccionó el criterio de Della-Marta y Beniston (2008) para los cuales un día cálido es definido como el día en el cual la temperatura máxima excede el percentil 95 de temperaturas máximas diarias. En analogía a dicho criterio definido para los días cálidos, una noche cálida puede definirse como aquella en que la temperatura mínima excede el percentil 95 de las temperaturas mínimas diarias de esa localidad para una serie de 30 años o más. Para Salto se estimó la temperatura correspondiente al percentil 95 de la temperatura mínima (Tmin) y de la temperatura máxima del aire (TMAX) de la serie 1970-2022 de datos diarios del Instituto Uruguayo de Meteorología.

Se definieron cuatro olas de calor (OC) considerando los criterios definidos por Della-Marta y Beniston (2008) y Nienaber et al. (2003), en función de la ocurrencia de temperaturas del aire máximas y mínimas iguales o mayores al percentil 95 (p95) para caracterizar la ocurrencia de las olas de calor y horas al día en cada categoría de ITH para su severidad:

Ola de calor extrema: si durante tres días consecutivos o más, las temperaturas mínimas del aire fueron iguales o superiores al p95 de la Tmin y las temperaturas máximas del aire fueron iguales o superiores al p95 de la TMAX. Con escasa posibilidad de la recuperación de la normotermia (ITH ≤72 de 0 horas por día durante siete días consecutivos) y muy persistente.

Ola de calor fuerte: si durante tres días consecutivos o más, las temperaturas mínimas del aire fueron iguales o superiores al p95 de la Tmin y las temperaturas máximas del aire fueron iguales o superiores al p95 de la TMAX. Con escasa posibilidad de la recuperación de la normotermia (ITH ≤72 de 0 a 6 horas por día) y persistente (d).

Ola de calor moderada: si durante tres días consecutivos o más, las temperaturas mínimas del aire fueron iguales o superiores al p95 de la Tmin o las temperaturas máximas del aire fueron iguales o superiores al p95 de la TMAX (o solo uno de los criterios). Solo se presentaron al escasas horas de posibilidad de la recuperación de la normotermia (ITH ≤72 de 0 a 4 horas por día) y duración limitada (d).

Ola de calor leve: si durante tres días consecutivos o más, las temperaturas mínimas del aire fueron iguales o superiores al p95 de la Tmin o las temperaturas máximas del aire fueron iguales o superiores al p95 de la TMAX (o solo uno de los criterios). Y si además se presentaron al menos 4 horas promedio de posibilidad de la recuperación de la normotermia (ITH ≤72 de 0 a 8 horas por día) y duración limitada (d).

No ola de calor: si no se cumple ninguno de los criterios anteriores.

Quedando definidas según estos criterios cinco condicionantes meteorológicas (CM) diferentes: OCE, OCF, OCM, OCL y NOC.



Medidas en los animales

A diez vacas primíparas (5 de cada tratamiento) el día 14 de febrero del 2024 mediante una cirugía se les implantó un sensor electrónico de temperatura (HOBO MX 2201, Onset Computer Corporation Bourne, MA). Los sensores de material plástico inerte (polipropileno), fueron recubiertos de parafina y colocados debajo del músculo oblicuo interno del abdomen a nivel del tercio medio del flanco izquierdo. Dichos dispositivos registraron la temperatura corporal interna (TCI, ºC) cada 15 minutos. Se accedía a la información semanalmente por conexión Bluetooth.

Los procedimientos fueron aprobados por la Comisión de Ética en el Uso de Animales (CEUA), Universidad de la República, Uruguay (Nº exp. 730000-000326-21; 2023).

Análisis estadístico

Para detectar diferencias significativas en las series horarias de BG: ARB y SOL fueron ajustados modelos tipo Seasonal ARIMA (Auto Regressive Integrated Moving Average) y se seleccionó para ambas series un modelo tipo multiplicativo ARIMA(2,0,0)$(2,0,0)_{24}$; un modelo autoregresivo con un componente estacional y con 24 horas de lag.

Los registros horarios de temperatura corporal interna (TCI), se analizaron como medidas repetidas con una estructura de covarianza AR(1) (procedimiento GLIMMIX del software SAS® University Edition (SAS OnDemand Institute, Cary, CN, versión 2025), considerando como efectos fijos el Tratamiento (SOL y ARB), la Condicionante Meteorológica (CM: OCF, OCL, OCM, NOC1, NOC2, NOC3 y NOC4) y su interacción. La vaca se incluyó como efecto aleatorio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Desde el punto de vista meteorológico el verano dic 2023- mar 2024 presentó diferencias con respecto a los promedios climáticos de los últimos 30 años (1991-2020) con temperaturas máximas inferiores durante dic de 2023 y enero del 2024, pero no así en los meses de febrero y marzo del 2024 los cuales estuvieron por encima de las Normales Climatológicas (Figura 1) y varios días consecutivos por encima del p95 de las temperaturas máximas serie 1971-2020 para Salto que corresponde a 35.3 ºC (Saravia et al., 2024).

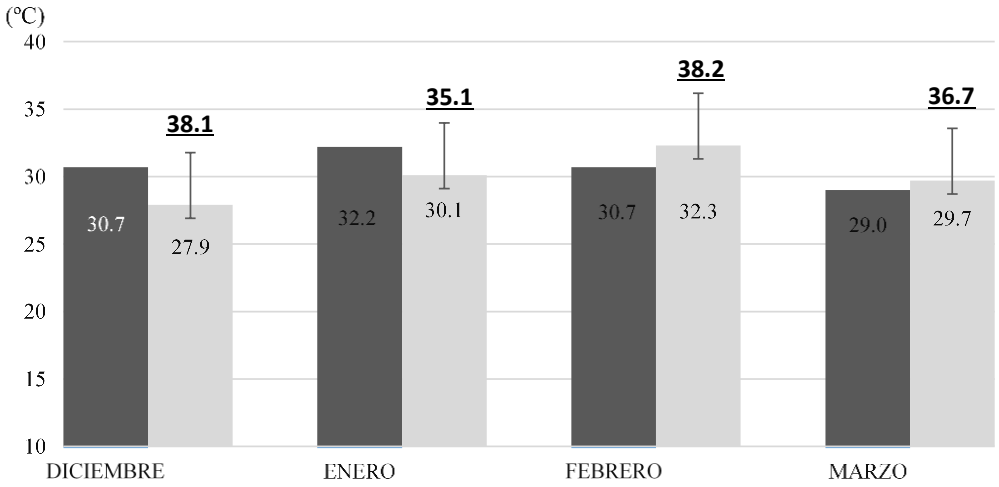


Figura 1. *Promedios mensuales de la temperatura máxima media del aire (ºC, ±DE) del verano del experimento diciembre 2023 a marzo 2024 (columnas grises) vs. Normales Climatológicas 1991-2020 para Salto (columnas negras) y temperatura máxima absoluta registrada en cada mes (en negrita y sobre una línea negra).*

Las temperaturas mínimas durante enero 2024 se encontraron por debajo de las Normales Climatológicas 1991-2020 mientras que, en febrero y marzo del 2024 fueron más elevadas (Figura 2), con días con valores por encima del p95 de las temperaturas mínimas de la serie 1971-2020 para Salto que corresponde a 21.8 ºC (Saravia et al., 2024).

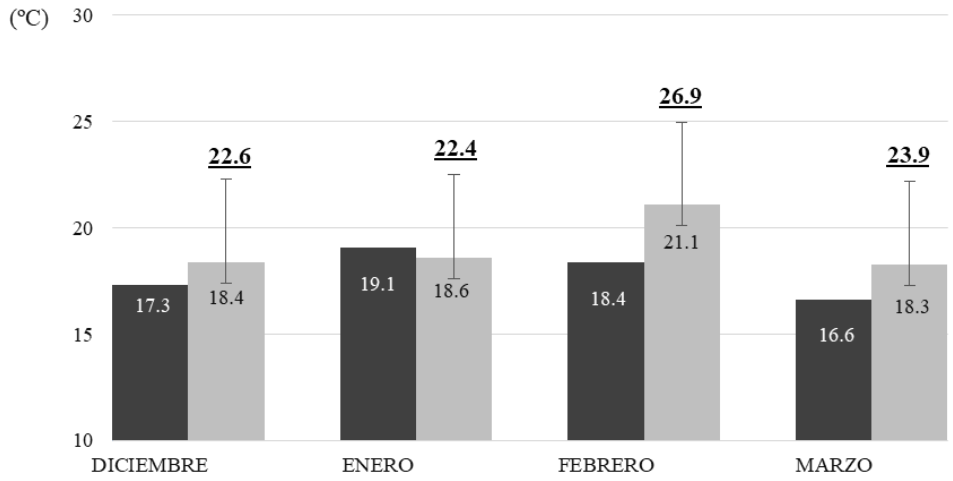


Figura 2. *Promedios mensuales de la temperatura mínima media del aire (ºC, ±DE) del verano del experimento diciembre 2023 a marzo 2024 (columnas grises) vs. Normales Climatológicas 1991-2020 para Salto (columnas negras) y temperatura mínima absoluta (en negrita sobre una línea negra).*

Se registraron cuatro eventos extremos de temperatura de diferente intensidad en ese verano definidos como condicionantes meteorológicas (CM): una ola de calor extrema (OCE) del 1 al 12 de febrero; una ola de calor fuerte (OCF) del 23 de febrero al 2 de marzo; una ola de calor leve (OCL) del 11 al 14 de marzo y una ola de calor moderada (OCM) del 18 al 21 de marzo. El resto de los días del verano hasta el 31 de marzo inclusive se registraron como días de no ola de calor (NOC) (Tabla 1).

Tabla 1. *Descripción de las categorías de olas de calor (Extrema, OCE; Fuerte, OCF; Leve, OCL; Moderada, OCM) (definidas según Nienaber et al., 2003), incluyendo el ITH medio (prom ± DE), duración (días), intensidad (horas durante la ola con ITH ≥ 79 e ITH ≥ 84) y horas de recuperación nocturna por día (ITH < 72).*

	OCE	OCF	OCL	OCM
ITH prom ± DE	78.7 ± 4.69	75.0 ± 3.92	77.7 ± 4.46	77.6 ± 4.44
Duración (d)	13	9	4	3
Intensidad				
ITH ≥ 79	145	50	39	27
ITH ≥ 84	45	0	8	7
Recuperación nocturna* ($h.d^{-1}$)	8 d consecutivos con 0	0 - 6	0 - 8	0 - 4

**Rango de horas de recuperación nocturna (horas con ITH ≤72) durante la ola de calor*

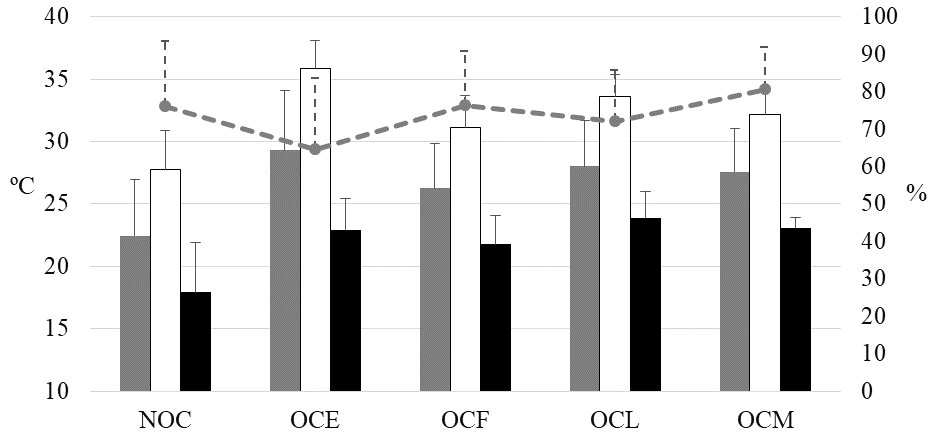


Figura 3. *Temperaturas medias (ºC ± DE, barras grises), temperaturas máximas medias (ºC ± DE, barras blancas), temperaturas mínimas medias (ºC ± DE, barras negras) y humedad relativa (% ± DE; círculos grises con líneas punteadas) por condicionante meteorológica: días de no ola de calor (NOC), ola de calor extrema (OCE), ola de calor fuerte (OCF), ola de calor leve (OCL) y ola de calor moderada (OCM)*

Las temperaturas extremas (máximas y mínimas) y la humedad del aire fueron diferentes entre CM (Figura 3), registrándose elevadas temperaturas mínimas en todas las OC (por encima del p95 de 21.8 ºC), pero las mayores temperaturas máximas de todo el verano ocurrieron durante la OCE con el menor porcentaje de humedad en el aire (70 %). Aunque es de destacar que durante todas las OC el contenido de humedad promedio diario fue superior al climático esperado para febrero y marzo (68 a 72 %).

En la Figura 4 se presentan las temperaturas de las BG (máximas y mínimas) por día y CM para ambos tratamientos. Se incluyen la cantidad de horas al día en que la temperatura de la BG al SOL es significativamente mayor (p-valor ≤ 0,05) a la temperatura registrada por la BG al ARB, ya que ese valor nos indica el contraste que existe entre los ambientes disponibles para las vacas.

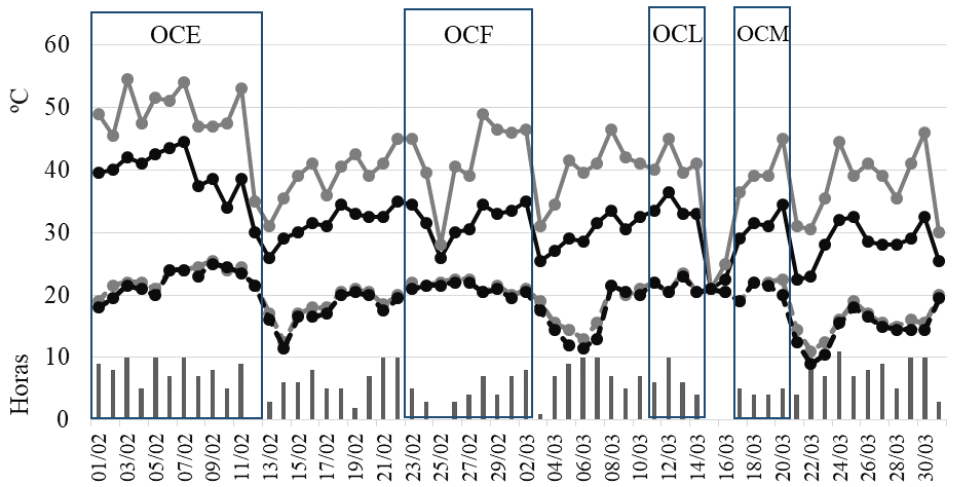


Figura 4. *Temperaturas de las Esferas de Vernon (máximas líneas enteras y mínimas líneas punteadas, ºC) por día y condicionante meteorológica, para el tratamiento SOL (líneas grises) y para el tratamiento ARB (líneas negras). Se incluyen la cantidad de horas al día (entre las 6:00 y las 20:00; barras) en que la temperatura de la BG al SOL es significativamente mayor (p-valor ≤ 0,05) a la temperatura registrada por la BG al ARB.*

La cantidad de horas que son significativamente mayores en el SOL que en el ARB ocurren durante la fase diurna, mientras que, durante la noche las temperaturas son iguales en ambos ambientes.

Entre las CM que ocurrieron en febrero y marzo de 2024 se observan diferencias en la cantidad de horas que la temperatura del BG SOL es mayor a las temperaturas de los BG ARB.

Esto ocurre durante la OCE donde las temperaturas de la BG fueron muy elevadas y significativamente mayores en SOL que en ARB de 0 a 10 horas durante el periodo diurno.

La diferencia entre ambientes fue menor en la OCF (5 horas durante el periodo diurno) debido a la menor proporción de vientos de componente norte (Tabla 2). Los vientos de componente norte están asociados a la advección de aire caliente, el cual queda integrado en el valor de temperatura registrado en los BG. Aunque las temperaturas máximas de BG SOL siempre son mayores (Fig.4) que las registradas en BG ARB, el resto del día son menos horas significativamente diferentes debido las características de la masa de aire que provoca el evento extremo.

En las OCL y OCM la cantidad de horas en que se diferencias las temperaturas de los BG SOL y ARB son en promedio menores que en OCE (6.5 y 4.5, respectivamente) por advección de aire caliente y húmedo durante esos periodos, como ya ha sido reportado por Saravia et al., 2024. Determinando que los animales de ambos tratamiento fueran expuestos a condiciones atmosféricas que disminuyen sus posibilidades de termoregular eficientemente y así recuperar la normotermia.

Tabla 2. *Proporción (%) de prevalencia de dirección del viento NW - NE y SE - SW y velocidad del viento (v, promedio ± DE) durante las condicionantes meteorológicas: días de no ola de calor (NOC), ola de calor extrema (OCE), ola de calor fuerte (OCF), ola de calor leve (OCL) y ola de calor moderada (OCM).*

	NOC	OCE	OCF	OCL	OCM
NW - NE	33 a 42	43.3	33.1	42.0	39.0
SE - SW	26 a 53	19.6	9.3	29.0	26.3
v (m s^{-1})	5.5 ± 3.75	11.4 ± 6.30	8.3 ± 4.86	11.3 ± 5.94	6.3 ± 4.50

La temperatura del aire en un sitio específico es el resultado de la integración de un componente de radiación (balance de radiación local) y un componente de advección (advección de una masa de aire más caliente). El análisis del comportamiento atmosférico de los patrones de circulación que determinan la ocurrencia de olas de calor en Salto indicó que la persistencia de vientos superficiales en el norte de Uruguay con alta humedad, se ve impulsada por la ubicación de esta región al oeste del sistema de altas presiones del Atlántico Sur (Caffera y Salaberry 2005). Otros trabajos confirman la importancia de la actividad de Zona de Convergencia del Atlántico Sur en la inducción de anomalías en la circulación del aire en regiones subtropicales, que pueden conducir a olas de calor persistentes con temperaturas diarias muy altas (Saravia et al., 2024).

En la Figura 5 se presenta la evolución diaria de la temperatura corporal interna de los animales con el índice biometeorologico BGHI desarrollado para climas subtropicales y húmedos aplicado a vacas Holando (Buffington et al., 1981).

Durante OCF, el BGHI presentó mayores valores al SOL respecto al ARB (10 horas con valores mayores a 79 al SOL y 7 horas bajo ARB). Sin embargo, las TCI de las vacas no difirieron significativamente entre ambientes (TCI ARB 38.8±0.06 °C vs SOL 38.7±0.06 °C p=0.9869).

En OCL, el BGHI fue menor bajo el ARB, lo cual determinó diferencias significativas en las TCI entre los ambientes (TCI ARB 38.2±0.10 °C vs. SOL 38.6±0.10 °C p=0.0060).

En OCM, el BGHI también fue menor en ARB (11 horas mayor a 79 al SOL y 8 en ARB). En este situación, las TCI presentaron una tendencia a diferenciarse (TCI ARB 38.3±0.12 °C vs. SOL 38.6±0.12 °C p=0.0952).

Durante OCL, el microclima bajo ARB favoreció el confort térmico de los animales debido a la reducción de la radiación solar directa que resulta en una menor carga de calor, que se refleja en índices biometeorológicos más bajos, basados en la temperatura del BG y la humedad del aire (Pezzopane et al., 2019, Saravia et al. 2024). La presencia de los árboles reduce las temperaturas del aire tanto por la disminución de la radiación incidente como por el enfriamiento asociado a transpiración foliar, generando temperaturas de BG de 6 a 9 ºC inferiores a las registradas a pleno sol, dependiendo de la disposición espacial de los árboles (Munka et al., 2019). No obstante, en condiciones de vientos predominantes de componente norte, como ocurrió en OCF, el microclima generado por los arboles no fue suficiente para favorecer la termorregulación de las vacas.



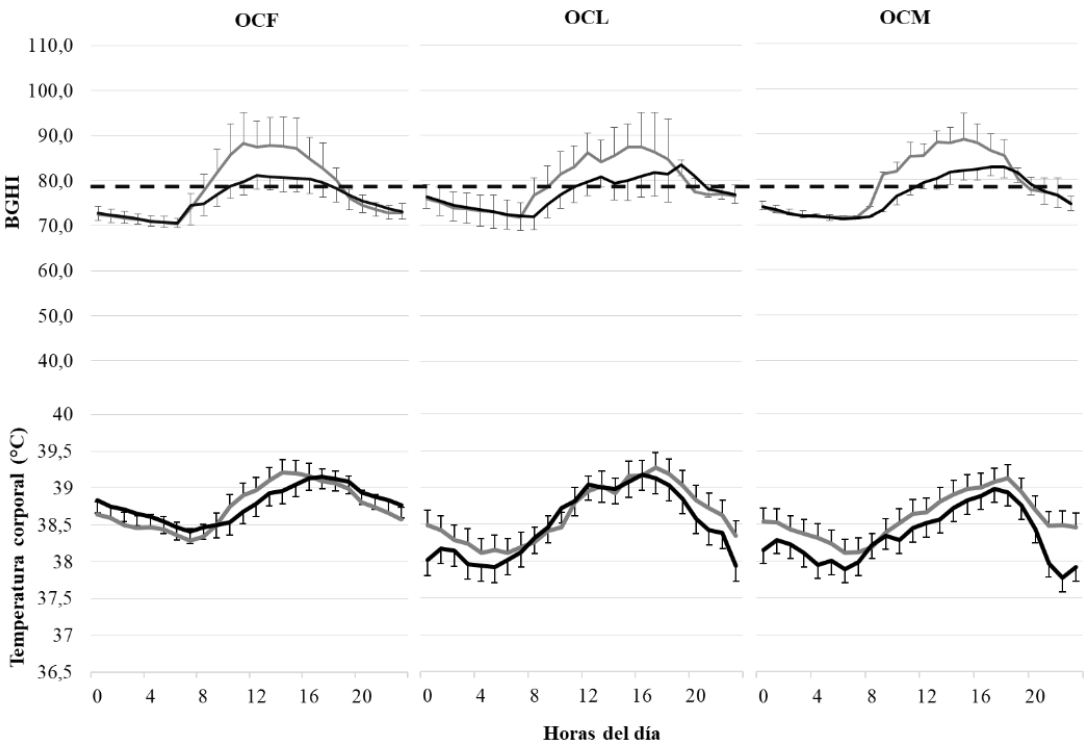


Figura 5. *Black Globe Humidity Index (BGHI, ± DE) y temperaturas corporales internas (°C; ± DE) horarias para el día promedio de CM: ola de calor fuerte (OCF), ola de calor leve (OCL), ola de calor moderada (OCM, en ambos tratamientos (SOL y ARB). En línea negra punteada, valor crítico de BGHI (79).*

En febrero y marzo de 2024 ocurrieron cuatro olas de calor. Según el régimen agroclimático de olas de calor de la región litoral NW del Uruguay, calculado a partir de una serie de 52 años: (1970-2022; Saravia y de Souza, 2023), la fecha media de inicio del período con OC se sitúa a fines de diciembre (26 a 29, según la localidad) y la fecha media de finalización es a mediados de febrero (9 a 13, según la localidad). Históricamente, los meses con mayor frecuencia de OC son enero y diciembre en ese orden. El patrón observado en 2024 se apartó de estos promedios, evidenciando la variabilidad interanual característica del clima regional.

Estos resultados refuerzan la necesidad de implementar sistemas productivos que atenúen el estrés calórico animal incluso fuera del verano, favoreciendo la recuperación de la normotermia y mantenimiento de la homeostasis.

CONCLUSIONES

Durante febrero y marzo de 2024 se registraron eventos extremos de temperatura (olas de calor) de distinta intensidad y duración, coincidiendo con el último tercio de gestación de vacas primíparas Holando. El microclima generado por la sombra natural de los árboles contribuyó a disminuir la carga calórica durante la ola de calor de larga duración (OCL). Sin embargo, bajo condiciones de vientos predominantes del norte, con advección de aire caliente y húmedo, este efecto no fue suficiente para mejorar el confort térmico de los animales.

Este estudio es uno de los primeros en emplear sensores electrónicos de temperatura colocados bajo el músculo oblicuo interno abdominal para el registro continuo de la temperatura corporal interna. Esta metodología abre nuevas oportunidades para investigar la influencia de la variabilidad meteorológica sobre la capacidad de termorregulación y el mantenimiento de la normotermia.

Los resultados aquí presentados son preliminares y deberán complementarse con la evaluación de variables metabólicas y comportamentales, a fin de profundizar en el análisis de las estrategias de adaptación de los animales de producción frente a ambientes térmicamente desafiantes.

BIBLIOGRAFÍA

Barreiro, M., Arizmendi, F., Díaz, N., Trinchin, R. 2021. Análisis del clima y escenarios de cambio y variabilidad climática en Uruguay. CONVENIO PNUD-UDELAR Proyecto URU/18/002 "Integración del enfoque de adaptación en ciudades, infraestructura y ordenamiento territorial en Uruguay". Montevideo, Uruguay. pp 1-15.

Buffington DE, Collazo-Arocho A, Canton GH, Pitt D, Thatcher WW, Collier RJ. 1981. Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. Transactions of the ASAE 24 (3): 711-714.

Caffera RM, Salaberry GM. 2005. La circulación atmosférica en gran escala durante periodos hiper-críticos de ola de calor en la cuenca lechera de Salto, Uruguay: casos de diciembre y enero. III Congreso Cubano de Meteorologia, La Habana Cuba. 9 p

Dahl, GE., Tao, S. Monteiro, AP. 2016. Effects of late-gestation heat stress on immunity and performance of calves.

Journal of Dairy Science 99 (4), 3193-3198.

Della-Marta PM, Beniston M. 2008. Summer heat waves in Western Europe, their past change and future projections. In Brönnimann S, Luterbacher J, Ewen T, Díaz HF, Stolarski RS, Neu U (ed). Climate variability and extremes during the past 100 years. Springer, Dordrecht. Advances in global change research 33. pp. 235-250.

Drackley J K. 1999. Biology of Dairy Cows During the Transition Period: the Final Frontier*?* Journal of Dairy Science 82 (11), 2259–2273.

Fabris, TF., Laporta, J., Skibiel, AL., Corra, FN., Senn, BD., Wohlgemuth, SE., Dahl, GE. 2019. Effect of heat stress during early, late, and entire dry period on dairy cattle. Journal of Dairy Science, 102(6), 5647–5656.

Instituto Uruguayo de Meteorología. Climatología 1991-2020 https://www.inumet.gub.uy/clima/estadisticas-climatologicas/tablas-estadisticas. Feb. 2023.

IPCC. 2013. Annex III: Glossary [Planton, S. (ed.)]. In Stocker TF, Qin D, Plattner GK, Tignor M, Allen SK, Boschung J, Nauels A, Xia Y, Bex V, Midgley PM (ed). Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. pp. 1447-1465.

Laporta, J., Fabris, TF., Skibiel, AL., Powell, JL., Hayen, MJ., Horvath, K., Miller-Cushon, EK., Dahl, GE. 2017. In utero exposure to heat stress during late gestation has prolonged effects on the activity patterns and growth of dairy calves. Journal of Dairy Science, 100(4), 2976–2984.

Magalhães C, Zolin C, Lulu J, Lopes L, Furtini I, Vendrusculo L, Zaiatz A, Pedreira B, Pezzopane JRM. 2020. Improvement of thermal comfort indices in agroforestry systems in the southern Brazilian Amazon. Journal of Thermal Biology 91:102636 Munka C, Bussoni A, Boscana M, Álvarez J, Rachetti M, Cabrera G, Fernández E. 2019. Afforestation in livestock farm in southern Uruguay: evaluation of the thermal environment. In Rivera J, Peri P, Chará J, Díaz M, Colcombet L, Murgueitio E (ed). Sistemas Silvopastoriles: por una producción sostenible. Libro de actas. Cali, CIPAV. 643 p.

Monteiro, APA., Tao, S., Thompson, IMT., Dahl, GE. 2016. In utero heat stress decreases calf survival and performance through the first lactation. Journal of Dairy Science, 99(10), 8443–8450.

Nienaber JA, Hahn GL, Brown-Brandl TM, Eingenberg RA. 2003. Heat stress climatic conditions and the physiological responses of cattle. In Janni, K (ed). International Dairy Housing Proceeding of the Conference (5th., Fort Worth, Tx), ASAE Publication Number 701P0203 pp. 255-262

Pezzopane JRM, Nicodemo MLF, Bosi C, Garcia AR, Lulu J. 2019. Animal thermal comfort indexes in silvopastoral systems with different tree arrangements. Journal of Thermal Biology 79, 103-111

Saravia C, de Souza R. 2023. ¿Se incrementó la ocurrencia de las olas de calor en el siglo XXI con respecto a los últimos 30 años del siglo XX? Estudio de casos Paysandú y La Estanzuela-Colonia, Uruguay. In: Cruz G, Picción A, Simon C (ed). ¿Qué pasa en el pago? Del calor al frío y de la sequía a la inundación en Uruguay. Montevideo.pp 108-123

Saravia, C., van Lier, E., Munka, C., Bentancur, O., Iribarne, R., Rodríguez Palma, R., Astigarraga, L. 2024. Trees on rangelands can attenuate the negative effect of heat waves on Hereford heifers' productivity. Agroforestry Systems 98 (7), 2431-2448.

Schütz, KE., Rogers AR., Cox NR., Tucker CB. 2009. Dairy cows prefer shade that offers greater protection against solar radiation in summer: shade use, behaviour, and body temperature. Appllied Animal Behaviour Science 116(1), 28–34

Tao, S., Monteiro, AP., Thompson, IM., Hayen, MJ., Dahl, GE. 2012. Effect of late-gestation maternal heat stress on growth and immune function of dairy calves. Journal of Dairy Science 95(12), 7128–7136.

Thom E (1959). The discomfort index. Weatherwise, 12:57-59.

BMA-72. Body condition dynamics of crossbred (*Bos taurus* × *Bos indicus*) dual-purpose cows under productive conditions in Camagüey, Cuba: environmental, management and individual effects on the diversity of adaptation profiles

Dinámica de la condición corporal de vacas mestizas (*Bos taurus* × *Bos indicus*) doble propósito bajo condiciones de producción en Camagüey, Cuba: efectos ambientales, de manejo e individuales sobre la diversidad de perfiles de adaptación

B. Cormary[1]; A. Brisset[2]; M. Rodríguez Abreu[3]; V. Pérez González[3]; P. Salgado[1]; G. Le Moguedec[4]; B. Cloez[4]; R. Pedraza Olivera[5]; I. Sanchez[4]; E. González-García[6]*

[1]SELMET, MUSE Université Montpellier, CIRAD, INRAE, Institut Agro Montpellier, Camagüey, Cuba

[2]SELMET, MUSE Université Montpellier, Institut Agro Montpellier, CIRAD, INRAE, Montpellier, France

[3]Centro de Investigaciones para el Mejoramiento Animal de la Ganadería Tropical (CIMAGT), Loma de Tierra, Cotorro, La Habana, Cuba

[4]MISTEA, MUSE Université Montpellier, INRAE, Institut Agro Montpellier, Montpellier, France

[5]Universidad de Camagüey "Ignacio Agramonte Loynaz" (UCIAL) Camagüey, Cuba

[6]SELMET, MUSE Université Montpellier, INRAE, CIRAD, Institut Agro Montpellier, Montpellier, France

[*]**Autor de correspondencia**: boris.cormary@cirad.fr

RESUMEN

Íntimamente relacionada con la movilización-reconstitución de reservas corporales (**RC**), la dinámica de la condición corporal (**DCC**) es una herramienta de manejo clave para monitorear los rebaños y sus capacidades de adaptación a los efectos de fluctuaciones espacio-temporales inducidos por el cambio climático. El objetivo del presente estudio fue explorar el impacto de los efectos de la época del año (**Época**), del manejo (**Finca**), e individuales (paridad, **PAR**; estado fisiológico, **EF**) sobre la DCC de vacas doble propósito criadas en condiciones de ganadería familiar de Camagüey (Cuba). Durante 17 meses consecutivos, se monitoreó la progresión de parámetros morfológicos de la DCC (peso vivo, **PV**; nota de estado corporal, **NEC**) durante EF sucesivos de dichas hembras (n = 109; *Bos taurus* × *Bos indicus*). Se emplearon modelos lineales mixtos para analizar los datos. Las variables ambientales e individuales interactuaron significativamente (P<0,05; excepto el efecto único de la PAR) sobre la progresión de los parámetros considerados, lo que sugiere diferencias en el manejo de la reproducción y/o de los sistemas de alimentación que incluyen con mayor o menor fuerza el componente arbóreo, sin identificar un efecto claro de las prácticas agroforestales sobre las variables evaluadas. En general, el PV y la NEC disminuyeron desde fines de la gestación hasta mediados de la lactación, mientras que aumentaron desde fines de la lactación hasta mediados de la gestación lo que ilustra, respectivamente, fases sincronizadas de movilización y reconstitución de RC. El presente trabajo ofrece pistas pertinentes para alimentar la reflexión sobre el tema de la robusteza de rumiantes y contribuye a descifrar el complejo carácter de la DCC en condiciones diversificadas, poco controladas y verdaderamente limitantes de producción, con diferentes gradientes de árboles y arbustos establecidos en los predios.

Palabras clave: *progresión estado corporal, condiciones adversas, paridad, estado fisiológico vacas, análisis longitudinal*

ABSTRACT

Closely linked to the body reserves' mobilization-accretion (**RC**) trait, the dynamics of body condition (**DCC**) represent a key management tool for herds monitoring goals while enhancing adaptive capacities to face challenges induced by climate change. The aim of the present study was to explore the impact of environmental (climatic season, **Época**), management (**Finca**) and individual (parity, **PAR**; physiological stage, **EF**) effects on DCC of dual-purpose commercial cows reared under commercial/familiar livestock farming conditions from Camagüey (Cuba). During 17 consecutive months, the dynamic of morphological parameters linked to the DCC (body weight, **PV**; body condition score, **NEC**) was monitored in such crossed cows (n = 109; *Bos taurus* × *Bos indicus*) during successive EF. Linear mixed models were performed to decrypt, environmental and individual effects on the individual DCC. Environmental and individual variables interacted significatively (P<0.05; except for the isolated effect of PAR) on the progression of the parameters considered, suggesting differences in the management of reproduction and/or feeding systems in farms with more or less presence of ligneous species. However, no clear effect of silvopastoral practices were observed. In general, the DCC was depressed from late pregnancy to mid-lactation, whereas it increased from late lactation to mid-pregnancy, suggesting synchronized RC mobilization and accretion phases, respectively. This work offers relevant and new insights for DCC of cows in tropics, which may encourage further debates around ruminant robustness and the role of the complex DCC and RC trait under less controlled and truly limiting production diverse conditions, with different levels of ligneous inclusions in grasslands and rangelands.

Keywords: *body condition dynamic, harsh conditions, parity, cows' physiological stages, longitudinal analysis*

INTRODUCCIÒN

En los trópicos, donde se enfrentan típicas e importantes **variaciones medioambientales** y **estacionales**, los rumiantes cuentan con un mecanismo natural de adaptación para hacer frente a tales perturbaciones (Friggens *et al.*, 2017; Nyamiel *et al.*, 2025): la movilización-reconstitución de sus reservas corporales (**RC**). El uso estratégico y eficiente de estas fases complementarias resulta crucial en los ajustes fisiológicos y metabólicos que se despliegan para la supervivencia de los individuos (homeostasis) y de la especie (homeoresis; Bauman y Currie, 1980; Chilliard *et al.*, 1998). En Cuba, con **limitados recursos** para sostener la adquisición de insumos básicos (ej., suplementación, aditivos), la **no sincronización de celos y partos** (i.e., dificultad para asignación racional de recursos alimenticios en función de los requerimientos) exacerba los desequilibrios nutricionales, lo que aumenta la vulnerabilidad de los rebaños y por consecuente los sistemas. Los sistemas silvopastoriles y/o agroforestales que se desarrollan con mayor o menor éxito en tales latitudes, son un perfecto escenario para potenciar el aporte del componente animal a través del aprovechamiento de las capacidades adaptativas de los animales y/o rebaños en tales condiciones. En este contexto, es conocido que en el seno de un rebaño se observan **diferencias interindividuales** respecto a la manifestación de las capacidades adaptativas, lo que justifica profundizar en el estudio de la robusteza como carácter emergente que contribuye a la resiliencia de los sistemas de producción (Friggens *et al.*, 2017; Macé *et al.*, 2019). La progresión de la condición corporal (**CC**) de un individuo a través del tiempo ilustra, fenotípicamente, tales diferencias en los perfiles de respuesta a los desafíos fisiológicos y medioambientales a los que se enfrentan los sistemas (Dezetter *et al.*, 2024). El monitoreo de parámetros morfológicos de la CC como el peso vivo (**PV**) y la nota de estado corporal (**NEC**) constituye entonces una práctica convencional en zootecnia para estimar el estado de sus RC (Macé *et al.*, 2019; 2023).

El presente trabajo se propone caracterizar, por primera vez en Cuba, la DCC de vacas mestizas (*Bos taurus* × *Bos indicus*), doble propósito, criadas en las condiciones de ganadería familiar semisilvopastoriles de diferentes regiones en Camagüey.

MATERIALES Y MÑETODOS

Zona de estudio. Localización, condiciones climáticas y sistemas de alimentación de las fincas

El trabajo se desarrolló en ochos fincas comerciales y/o familiares ubicadas en cuatro municipios de la provincia de Camagüey, con mayor o menor presencia del componente arbóreo en sus predios y la aplicación más o menos deliberada de prácticas de manejo silvopastoriles o agroforestales. Los municipios y la ubicación exacta de cada finca son los siguientes: Guáimaro (finca *Ilusión*; 21°18’50.76N, 77°35’90.50W); Sibanicú (finca *Villa Feliz*; 21°26’64.87N, 77°46’77.56W); Jimaguayú [fincas *Liliana* (21°22’86.70N, 77°89’62.30W); *Santa Fé* (21°27’12.44N, 77°90’55.92W); *Marina* (21°12’33.82N, 77°92’45.87W) y *Victoria* (21°26’52.61N, 77°75’89.34W)]; y Camagüey (finca *Quintina*; 21°33’73.96N, 77°95’59.20W). De estructura diversificada y pertenecientes a cooperativas, todas cuentan con potreros con pastos naturales, y presentan ciertos niveles de integración agricultura-ganadería. Las mismas muestran densidades variables de árboles forrajeros y/o de sombra (cercas vivas y/o árboles dispersos en potreros) con pastoreos conteniendo las gramíneas *Bothriochloa pertusa*, *Panicum* sp., *Paspalum notatum*, cercas vivas con *Gliricidia sepium* y *Bursera simaruba*, y otras especias leñosas como *Albizia samman* o *Guazuma tomentosa*. A excepción de *Villa Feliz*, se complementa la fracción forrajera de la dieta indistintamente con forraje de corte troceado (*Tithonia diversifolia*, *Digitaria decumbens*, *Saccharum* sp. y *Pennisetum purpureum*). Resulta raro, sin embargo, la suplementación con concentrados o aditivos minerales (ej., melaza o sales minerales esporádicamente en algunas fincas). En paralelo, se tomó en cuenta un diagnóstico detallado de las prácticas de alimentación-nutrición de los rebaños durante un año típico (Gomez, 2024).

Asimismo, se recopilaron datos meteorológicos locales (2017-2024; INSMET, 2025) que indican que en época lluviosa (mayo-octubre), se registra del 80 al 85% de las precipitaciones anuales. Es en este período, siguiendo la tendencia de precipitaciones anuales, donde ocurren la mayoría de los partos (Cormary, no publicado), con ocurrencia de sequía interestival entre julio y agosto (Acosta Broche, 2014; INSMET, 2025). El promedio anual de la temperatura de la provincia oscila entre 22,3ºC y 28,4ºC en enero y agosto, mientras que la humedad relativa fluctúa entre 68,3 y 80,5% en época seca y lluviosa, respectivamente (INSMET 2025).

Diseño experimental: Monitoreo de parámetros fenotípicos

Durante diez y siete meses consecutivos (desde abril 2024; **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), s e monitorea la progresión de la CC de una muestra representativa de vacas mestizas doble propósito (cruces deliberados *Bos taurus* × *Bos indicus*) en los ocho rebaños (n = 109; 10-15% de cada uno) provenientes de cada finca. Las vacas seleccionadas fueron monitoreadas individualmente durante sus diferentes estados fisiológicos. Dicho monitoreo longitudinal de la DCC se efectuó con la medida frecuente de parámetros fenotípicos cada 47,4 (± 2,10) días como promedio, es decir:

- el PV (kg) estimado a partir del perímetro torácico (**PT**, cm; Dodo *et al.*, 2001; Oliveira *et al.*, 2013)
- la NEC (0-5 puntos; Cormary *et al.*, 2025; Vall *et al.*, 2025) estimada en todos los muestreos por los mismos dos operadores entrenados.

En cada uno de los muestreos se recopiló además información referida al estado general de salud de cada individuo, al sistema de alimentación-nutrición establecido, así como parámetros de interés reproductivo (ej., fecha de monta, de parto y de destete) o productivo (potencial lechero, duración de lactancia). Dichas informaciones fueron obtenidas combinando observaciones directas o de los intercambios con los productores y registros de datos disponibles.

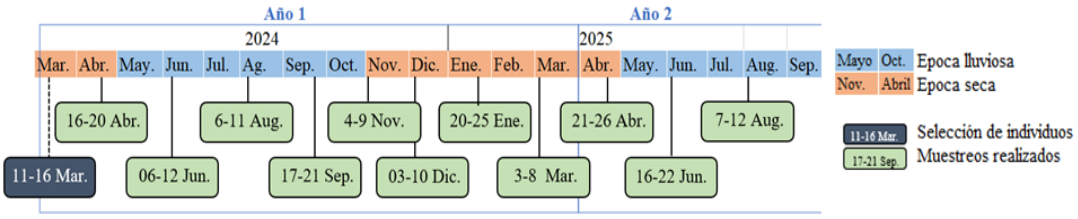


Figura 1: *Cronograma de muestreo del diseño experimental para el monitoreo longitudinal e individual de la condición corporal de vacas reproductoras, representativas de ocho fincas comerciales de Camagüey.*

Análisis estadístico

Para el procesamiento de la base de datos de PV y NEC individuales recopilados durante los primeros diez muestreos, se realizaron análisis de varianza (ANOVA) con medidas repetidas aplicando un modelo lineal mixto (*nlme*; Pinheiro *et al.*, 2013), del programa estadístico R 4.5.0 (R Core Team, 2025). El ANOVA busca evaluar efectos fijos claves, así como las interacciones de primer orden que afectan la DCC estudiada al nivel individual, como sigue:

$$y = \mu + \mathrm{X}\,\beta + \mathrm{Z}\,\alpha + \mathrm{E} \quad (1)$$

Donde: $\boldsymbol{y}$ es el vector de la variable dependiente de las observaciones fenotípicas PV y NEC; $\boldsymbol{\mu}$ el promedio de la población experimental (intercepto); $\boldsymbol{\beta}$ el vector de los efectos fijos y sus interacciones; $\boldsymbol{\alpha}$ el vector de los efectos aleatorios de los individuos imbricados en la finca con $\alpha \sim N(0, \sigma_{\alpha}^2)$ y E el error residual aleatorio $\mathrm{e} \sim N(0, \sigma_{\mathrm{e}}^2)$. Las matrices **X** y **Z** relacionan respectivamente los fenotipos con los efectos fijos y los animales (matrices de incidencia). El efecto aleatorio *clustering* de la vaca asociada a una pendiente aleatoria se relacionó a la fecha de muestreo y se empleó para tener en cuenta el efecto de las medidas repetidas en el mismo animal.

Los efectos finca (**Finca**; $n = 8$), época climática (**Época**; $n = 2$; **Seca** *vs* **Lluvia**), paridad [**PAR**; $n = 3$; vacas nulíparas (**NUL**, $n = 6$), primíparas (**PRIM**, $n = 32$) y multíparas (**MULT**, $n = 71$)] y estado fisiológico (**EF**) fueron considerados para tener en cuenta los efectos de las condiciones medioambientales, climáticas y la experiencia reproductiva de cada individuo. El efecto EF consideró los estados reproductivos y productivos ($n = 8$) con la siguiente distribución: mantenimiento (**M**, $n = 2$); periodo seco (**PS**, $n = 21$); inicio, mediano, fin de gestación y de lactación (respectivamente **iGES**, $n = 5$; **mGES**, $n = 10$; **fGES**, $n = 15$; **iLAC**, $n = 13$; **mLAC**, $n = 15$; **fLAC**, $n = 28$).

Se tuvieron en cuenta las interacciones de primer orden Finca×Época; Finca×PAR; Finca×EF, Época×PAR, Época×EF y PAR×EF, así como las múltiples entre Finca×Época×PAR, Finca×Época×EF y Época×PAR×EF. Se realizaron además comparaciones de medias por pares mediante la prueba *post hoc* HSD de Tukey ($P \leq 0,05$), utilizando el paquete *Emmeans* de R (Lenth *et al.*, 2025). Un efecto fue calificado como significativo a un nivel de probabilidad de $P \leq 0,05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Progresión de los parámetros morfológicos

La **Tabla 1** presenta el resultado del ANOVA para la evaluación de los efectos fijos (aislados y/o en interacción), sobre las variables morfológicas asociadas a la DCC (PV y NEC) para todas las fincas y durante el período analizado. No se observaron efectos aislados de la PAR sobre los dos parámetros de la DCC. Sin embargo, las interacciones con el factor Finca (Finca×PAR; PV y NEC) y Finca×Época×PAR (para la NEC) resultaron significativas ($P<0,05$). Exceptuando el efecto PAR aislado, las variables ambientales (Finca y Época) e individuales (PAR y EF) – aislados y/o en interacción – influyeron ($P<0,01$) en el análisis comparativo global tanto del PV como de la NEC. Las interacciones Finca×Época×EF y Época×PAR×EF (no presentadas en la **Tabla *1***) no fueron significativas ($P>0,05$).

De acuerdo con la mayor disponibilidad de biomasa de la época lluviosa, de manera global el PV y la NEC resultaron mayores en este período en comparación a la seca [390,8 (±6,72) kg vs 378,9 (±6,72) kg y 2,55 (±0,094) vs 2,71 (±0,093)]. Por otra parte, el PV fue mayor en las vacas MULT (393,9 ±6,86 kg) comparadas a NUL (377,2 ±9,20 kg) o PRIM (383,5 ±7,34 kg) las cuales no difirieron entre ellas. En el análisis global, la DCC mejoró durante los períodos correspondientes a los estados fisiológicos del M o PS a fGES y de fGES. Por el contrario, la DCC se afectó desde mLAC (a fLAC por la NEC), lo cual coincide, respectivamente, a las dos fases sincronizadas de movilización y reconstitución de las RC. El conjunto de interacciones entre los efectos ambientales y biológicos afectaron la dinámica del PV y de la NEC, lo cual ilustra diferencias entre fincas (**Tabla 1** y **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) en

cuanto a las prácticas de manejo que se establecen en términos de adaptación a las condiciones climáticas (*ej.*, sistema de alimentación-nutrición, reproducción) pero también en las prioridades establecidas en función de la experiencia reproductiva (*i.e.,* paridad) y del flujo zootécnico de las hembras. La naturaleza compleja de la interpretación de este tipo de dispositivo en condiciones reales, hace necesario la aplicación de un enfoque diferenciado, fisiológico, pero a la vez zootécnico y sistémico de los resultados.

Una vez identificado el efecto de la finca sobre la progresión de las variables morfológicas consideradas, la **Tabla 2** presenta las medias por mínimos cuadrados (MMC o *LSmeans* en inglés) de los efectos Época, PAR y EF. Como se esperaba, el PV y la NEC resultaron en su mayoría superiores en la época lluviosa en comparación a la seca. Dichas diferencias fueron significativas en las fincas *Quintina*, *Villa Feliz* (PV y NEC; $P<0,01$), *Taburete* y *Victoria* (PV; $P<0,05$), *Ilusión* (NEC; $P<0,001$). Diferencias menos contrastadas y en función de la finca se observaron en el caso de las hembras MULT de mejor o peor CC en comparación a las NUL o PRIM, las cuales fueron significativas ($P<0,05$) en *Ilusión*, *Santa Fé* (PV y NEC), *Quintina, Taburete* (PV), *Liliana*, *Marina* y *Victoria* (NEC). La fase de reconstitución de las RC (PV y NEC) se observaron generalmente desde iGES a fGES y desde fLAC a PS. Por el contrario, la fase de movilización se observó desde iLAC hasta mLAC. El efecto EF resultó altamente significativo en *Ilusión*, *Marina*, *Taburete*, *Villa Feliz* (PV y NEC), *Quintina*, *Victoria* (PV; $P<0,01$), *Santa Fé* (NEC).

Tabla 1: *Efectos de la época climática, la finca, la paridad y el estado fisiológico, sobre el peso vivo (**PV**, kg) y la nota de estado corporal (**NEC**, 0-5 puntos) de vacas mestizas (Bos taurus × Bos indicus) doble propósito, criadas en condiciones contrastantes de ocho fincas comerciales de Camagüey, Cuba. Los valores se expresan en medias de mínimos cuadrados (MSE) ±EEM (error estándar de la media), del promedio de todas las vacas (n=109) de todas las fincas en todo el periodo analizado (abril 2024-junio 2025).*

Ítem	PV, kg		NEC, 0-5 puntos		Efectos, valor *P*	
	Promedio	(±*EEM*)	Promedio	(±*EEM*)	PV, kg	NEC, 0-5
Época					***	***
Seca	378,9	*6,72*	2,55	*0,094*		
Lluvia	390,8	*6,67*	2,71	*0,093*		
Finca					***	***
Ilusión	336,4	*15,22*	2,05	*0,196*		
Liliana	374,9	*16,26*	2,41	*0,202*		
Marina	379,2	*14,68*	2,70	*0,192*		
Quintina	393,1	*14,38*	2,65	*0,187*		
Santa Fé	355,7	*14,95*	2,41	*0,193*		
Taburete	399,5	*16,43*	2,14	*0,204*		
Victoria	407,1	*14,62*	3,17	*0,192*		
Villa Feliz	433,1	*15,77*	3,50	*0,202*		
PAR					NS	NS
NUL	377,2	*9,20*	2,62	*0,128*		
PRIM	383,5	*7,34*	2,67	*0,103*		
MULT	393,9	*6,86*	2,59	*0,096*		
EF					***	***
M	335,19	*28,71*	2,32	*0,478*		
iGES	387,24	*6,60*	2,72	*0,090*		
mGES	400,60	*6,08*	2,85	*0,083*		
fGES	413,86	*5,84*	3,04	*0,078*		
iLAC	387,24	*6,60*	2,64	*0,090*		
mLAC	380,18	*6,42*	2,46	*0,087*		
fLAC	383,60	*6,19*	2,44	*0,083*		
PS	382,29	*7,25*	2,56	*0,108*		
Finca×Época					**	NS
Finca×PAR					***	**
Finca×EF					***	***
Finca×Época×PAR					NS	*

*PV = peso vivo; NEC = nota de estado corporal; MMC = medias de mínimos cuadrados; EEM = error estándar de la media; Época = estación climática; Lluvia = época lluviosa; PAR = paridad; EF = estadio fisiológico. El número de asteriscos indica el nivel de significación: *P≤0,05; **P<0,01; ***P<0,001; NS (no significativo) P>0,05; NE = no estimado. Sólo se presentan los efectos significativos (aislados o en interacción)*



Tabla 2: *Efectos de la época climática, el estadio fisiológico, la paridad y sus interacciones de primer orden sobre el peso vivo (**PV**, kg) y nota de estado corporal (**NEC**, 0-5 puntos) de vacas mestizas (Bos taurus × Bos indicus) doble propósito, criadas en condiciones contrastantes de ocho fincas comerciales de Camagüey, Cuba. Los valores se expresan en medias de mínimos cuadrados (MSE) ±EEM (error estándar de la media).*

Finca	Época		PAR			EF							
	Seca	Lluvia	NUL	PRIM	MULT	M	iGES	mGES	fGES	iLAC	mLAC	fLAC	PS
Ilusión													
PV, kg	352,2	358,0	365,7	378,3	321,3	NA	340,2	349,7	384,6	346,5	347,1	358,1	359,5
EEM	*10,99*	*10,81*	*15,05*	*12,84*	*12,03*	*NA*	*15,27*	*11,78*	*10,80*	*12,55*	*12,91*	*12,84*	*14,90*
Efecto, valor *P*	NS		***			***							
NEC, 0-5	2,33	2,51	2,53	2,55	2,18	NA	2,27	2,21	2,77	2,29	2,35	2,31	2,68
EEM	*0,167*	*0,158*	*0,254*	*0,186*	*0,182*	*NA*	*0,286*	*0,212*	*0,178*	*0,203*	*0,202*	*0,186*	*0,191*
Efecto, valor *P*	***		**			***							
Liliana													
PV, kg	374,0	381,3	355,8	379,3	397,8	NA	381,8	384,3	394,8	379,0	369,3	365,6	368,5
EEM	*18,00*	*17,64*	*25,08*	*26,16*	*18,03*	*NA*	*36,73*	*17,52*	*17,94*	*18,68*	*18,04*	*18,30*	*22,01*
Efecto, valor *P*	NS		NS			NS							
NEC, 0-5	2,92	2,86	3,09	2,71	2,88	NA	2,88	2,76	2,78	2,79	2,86	2,77	3,43
EEM	*0,192*	*0,183*	*0,301*	*0,237*	*0,191*	*NA*	*0,590*	*0,197*	*0,193*	*0,226*	*0,203*	*0,191*	*0,215*
Efecto, valor *P*	NS		**			NS							
Marina													
PV, kg	390,8	395,0	NA	396,2	389,5	NA	403,9	404,0	424,3	390,7	371,2	387,9	368,0
EEM	*12,29*	*12,43*	*NA*	*15,01*	*12,67*	*NA*	*16,64*	*13,64*	*12,93*	*15,38*	*14,23*	*12,61*	*17,03*
Efecto, valor *P*	NS		NS			***							
NEC, 0-5	3,17	3,30	NA	3,34	3,13	NA	2,96	3,24	3,74	3,20	2,64	2,96	3,89
EEM	*0,187*	*0,185*	*NA*	*0,235*	*0,175*	*NA*	*0,318*	*0,233*	*0,211*	*0,274*	*0,239*	*0,191*	*0,229*
Efecto, valor *P*	NS		**			***							
Quintina													
PV, kg	371,3	401,3	394,4	361,3	403,2	348,4	409,9	399,7	414,1	390,5	378,6	382,5	366,7
EEM	*11,03*	*10,91*	*22,17*	*12,49*	*10,17*	*30,92*	*19,68*	*14,34*	*12,36*	*14,83*	*13,91*	*11,98*	*12,56*
Efecto, valor *P*	***		**			**							
NEC, 0-5	2,61	2,93	3,19	2,43	2,70	2,18	2,76	3,11	3,00	2,97	2,53	2,68	2,97
EEM	*0,166*	*0,167*	*0,360*	*0,200*	*0,162*	*0,555*	*0,356*	*0,251*	*0,210*	*0,210*	*0,234*	*0,196*	*0,210*
Efecto, valor *P*	**		NS			NS							
Santa Fé													
PV, kg	347,3	353,3	328,6	323,8	398,5	NA	374,4	350,9	351,4	351,5	339,0	343,2	341,8
EEM	*11,41*	*11,43*	*17,70*	*15,36*	*11,32*	*NA*	*34,41*	*13,51*	*11,62*	*12,89*	*12,41*	*11,14*	*12,44*
Efecto, valor *P*	NS		***			NS							
NEC, 0-5	2,56	2,70	2,08	3,01	2,81	NA	3,61	2,96	2,90	2,24	1,99	2,15	2,59
EEM	*0,244*	*0,245*	*0,374*	*0,327*	*0,238*	*NA*	*0,668*	*0,283*	*0,249*	*0,273*	*0,2264*	*0,239*	*0,256*
Efecto, valor *P*	NS		*			***							
Taburete													
PV, kg	401,0	415,8	*NA*	382,8	433,9	NA	410,6	426,0	438,8	408,5	376,6	373,6	424,4
EEM	*18,22*	*18,33*	*NA*	*24,95*	*18,87*	*NA*	*29,291*	*19,32*	*19,64*	*20,74*	*19,96*	*18,45*	*20,63*

Efecto, valor *P*	*		*			***							
NEC, 0-5	2,53	2,61	*NA*	2,43	2,71	NA	2,60	2,61	3,12	2,59	2,07	1,97	3,02
EEM	*0,139*	*0,140*	*NA*	*0,199*	*0,137*	*NA*	*0,396*	*0,182*	*0,177*	*0,200*	*0,179*	*0,149*	*0,151*
Efecto, valor *P*	NS		NS			***							
Victoria													
PV, kg	376,6	392,5	370,19	374,5	409,0	NA	374,4	397,9	411,8	369,6	374,2	390,4	373,5
EEM	*12,18*	*11,37*	*21,28*	*13,49*	*11,14*	*NA*	*27,77*	*13,76*	*12,00*	*14,31*	*13,68*	*12,48*	*14,66*
Efecto, valor *P*	**		NS			**							
NEC, 0-5	2,95	3,11	2,90	2,78	3,40	NA	2,92	3,30	3,43	2,78	3,01	3,05	2,72
EEM	*0,194*	*0,180*	*0,325*	*0,217*	*0,187*	*NA*	*0,493*	*0,225*	*0,196*	*0,235*	*0,221*	*0,207*	*0,246*
Efecto, valor *P*	NS		*			NS							
Villa Feliz													
PV, kg	428,7	447,6	456,8	426,6	430,9	NA	411,7	453,4	457,9	453,4	447,8	424,5	418,1
EEM	*19,17*	*19,28*	*25,40*	*19,86*	*18,90*	*NA*	*26,45*	*18,71*	*18,70*	*20,80*	*20,47*	*20,66*	*21,65*
Efecto, valor *P*	***		NS			***							
NEC, 0-5	3,51	3,76	4,14	3,40	3,37	NA	2,77	3,57	3,93	3,99	3,99	3,66	3,54
EEM	*0,199*	*0,204*	*0,325*	*0,207*	*0,182*	*NA*	*0,401*	*0,201*	*0,200*	*0,245*	*0,229*	*0,221*	*0,223*
Efecto, valor *P*	**		NS			***							

*PV = peso vivo; NEC = nota de estado corporal; MMC = medias de mínimos cuadrados; EEM = error estándar de la media; Época = época del año; PAR = paridad; EF = estado fisiológico. El número de asteriscos indica el nivel de significación: *P≤0,05; **P<0,01; ***P<0,001; NS (no significativo) P>0,05; NE = no estimado. Sólo se presentan los efectos significativos (aislados o en interacción).*

A diferencia de otras fincas, la suplementación de la ración con subproductos o fuentes de forraje complementarias en el *Taburete* y la *Liliana* se consideran limitadas (4-5 t en la estación seca), lo que disminuye o cesa durante la época lluviosa. Esta insuficiencia de aporte de fuentes adicionales de alimentación se traduce en una mayor inestabilidad de los parámetros morfológicos, especialmente durante las fases críticas de la lactancia (iLAC, mLAC), en las que la movilización de las RC resulta particularmente marcada. Sin embargo, sus sistemas de alimentación benefician de los aportes de las zonas boscosas (bosques adyacentes o sistemas silvopastoriles) presentes en les predios de estas dos fincas, los cuales ofrecen recursos adicionales considerables (ej., los frutos del *Albizia samman* y/o *Guazuma tomentosa*), aún difíciles de cuantificar. En este contexto, no se observaron efectos significativos de las variables ambientales y climáticas (excepto de la PAR sobre la NEC) en la *Liliana*, pero el *Taburete* vio su DCC afectada por estos factores (excepto en el caso de la Época y la PAR para la NEC). No obstante, la significación o no de los efectos observados no se puede solo atribuir a las características silvopastoriles de las fincas.

Estudios previos destacan la importancia de las RC para que los rumiantes superen situaciones adversas que conllevan a balances energéticos negativos (Bauman y Currie; 1980; González-García *et al.*, 2014; Nyamiel *et al.*, 2025). En los trópicos, este tipo de situación resulta frecuente debido a la estacionalidad forrajera típica de estas latitudes, que provoca que los sistemas ganaderos no siempre cuentan con recursos necesarios para ajustar los sistemas de alimentación-nutrición, con épocas de precipitaciones contrastantes. Es por ello que en estas regiones resulta extremadamente interesante caracterizar la progresión natural de la variación en la CC de los individuos que conforman el rebaño. Dicha caracterización permitiría identificar, potencialmente, perfiles más o menos interesantes ligados a la robusteza como contribución al diseño de sistemas ganaderos resilientes en el contexto actual del cambio climático. El objetivo principal del presente trabajo fue explorar la DCC de vacas mestizas (*Bos taurus* × *Bos indicus*) doble propósito criadas en condiciones contrastantes de la producción ganadera en Cuba. El análisis longitudinal de PV y NEC durante al menos un ciclo reproductivo (con el pasaje a través de diferentes estados reproductivos) en relación con la Época, Finca y la PAR nos ofrece una oportunidad para profundizar con criterios sólidos en la caracterización de estos caracteres. Productos de cruces indeterminados (deliberados), las vacas monitoreadas en el presente estudio muestran una variabilidad en cuanto a sus características morfológicas externas (Cormary *et al.*, 2025).

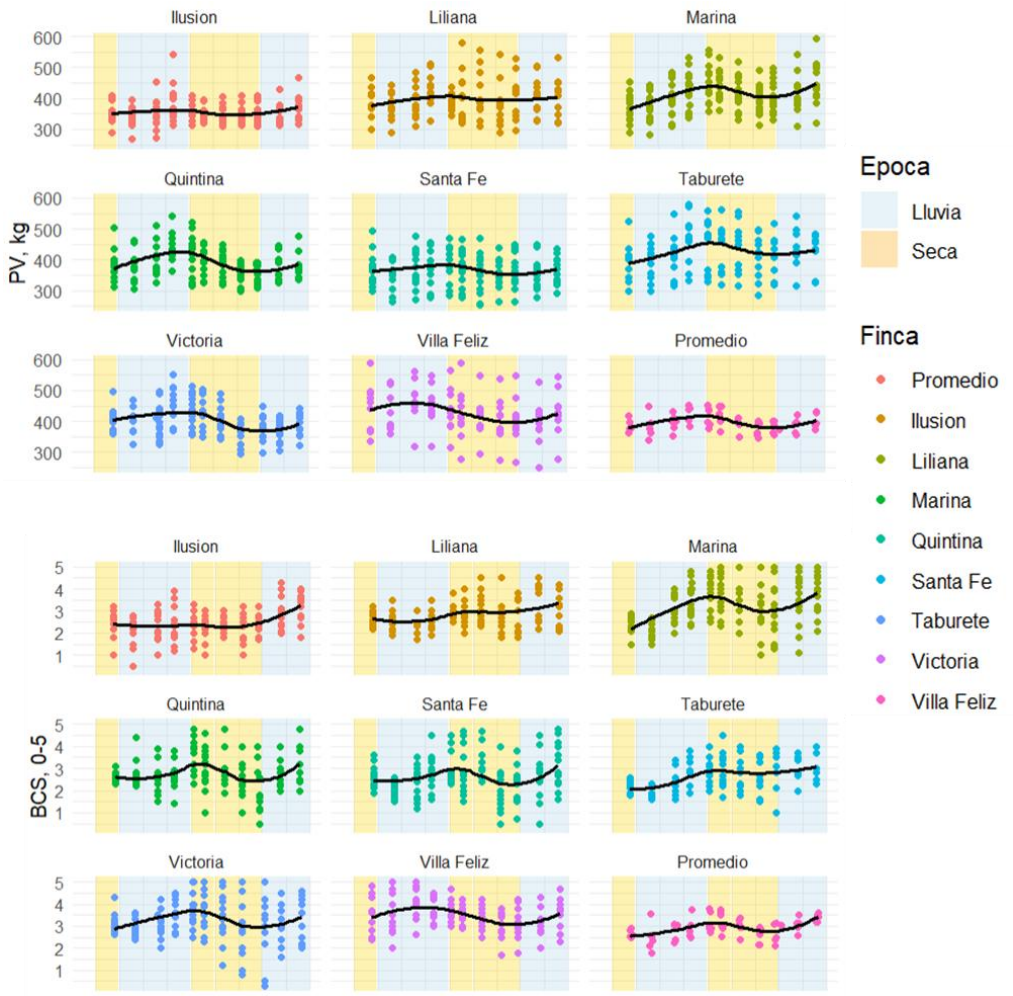


Figura 2: *Dinámica global y a nivel de cada finca del peso vivo (**PV**, kg) y de la nota de estado corporal (**NEC**, 0-5 puntos) de vacas mestizas (Bos taurus × Bos indicus) doble propósito, criadas en las condiciones contrastantes de ocho fincas comerciales de Camagüey, Cuba.*

Se conoce que diferencias fenotípicas pueden apreciarse entre vacas genéticamente cercanas criadas en condiciones y entornos diferentes (Colditz y Hine, 2016; Friggens *et al.*, 2017). En el presente estudio, las hembras bovinas criadas en zonas con condiciones de precipitaciones más favorables para la producción de biomasa (en orden decreciente *Sibanicú*, *Jimaguayú*, *Camagüey*), pueden manifestar CCs a lo largo del tiempo diferentes a las criadas en condiciones menos favorables (ej., *Guáimaro*). Los PV más altos se observaron en *Sibanicú*, *Jimaguayú* y *Camagüey*, mientras que los más bajos fueron obtenidos en *Guáimaro* lo que evidencia el impacto ambiental sobre la CC de los rebaños e indirectamente el posible impacto sobre la robusteza y resiliencia a largo plazo. Estos resultados corroboran reportes similares en otros estudios (Rust, 2019; Nyamiel *et al.*, 2025), los que sugieren que el entorno influye significativamente en la DCC y la resiliencia de los animales, con antecedentes e información genética común o cercana, en particular cuando se comparan sistemas de producción contrastantes. En efecto, la variación en las condiciones de nutrición, clima, infraestructuras de la granja, así como las condiciones sanitarias, afecta la manifestación de indicadores ligados a la DCC y las RC lo que está íntimamente relacionado a los potenciales de adaptabilidad y de estabilidad fisiológica de un animal bajo condiciones de fluctuación y estrés (Friggens *et al.*, 2017).

CONCLUSIONES

El presente estudio pone de manifiesto los efectos significativos de las condiciones de manejo establecidas en fincas localizadas en diferentes regiones de la misma provincia, con gradientes variables de la presencia del componente arbóreo y las relativas y potenciales prácticas silvopastoriles y agroforestales sobre la progresión de la CC de vacas mestizas tropicales. El papel crítico de factores como la época del año, el número de partos y el estado fisiológico sobre dicha CC, se demostró en relación potencial a la DCC como expresión de la capacidad adaptativa de los individuos

monitoreados. Las interacciones de tales factores ambientales e individuales-biológicos influyeron de maneja global sobre el PV y la NEC, y difirieron entre fincas, debido a sus características edafoclimáticas y el grado de establecimiento más o menos importantes de sistemas silvopastoriles. Generalmente, la CC disminuyó desde fGES a mLAC, mientras que los animales recuperaron peso y CC en el período fLAC a mGES.

Los resultados sugieren variabilidades importantes entre fincas, lo que refleja diferencias en manejo y gestión de recursos para la alimentación y/o la reproducción. Las vacas multíparas, a las que a menudo se les da prioridad debido a su mayor potencial de producción de leche, recibirían una dieta más rica o más específica, mostrando un comportamiento homeorético más importante. Las vacas primíparas, por el contrario, podrían enfrentarse a situaciones de conflicto nutricional o a raciones menos adaptadas a sus requerimientos relativos al crecimiento, mostrando un comportamiento con tendencia a lo homeostático. Los resultados sugieren variabilidad entre animales en los perfiles de respuesta, por lo que se justifica seguir investigando el tema. El presente trabajo aporta una visión diferente y original de la DCC en función de factores ambientales y biológicos claves, en estados fisiológicos habitualmente descuidados como el inicio y la mitad de la gestación del ganado rumiante tropical. La información generada resulta de un excelente valor teórico y práctico, con datos cuantificados originales, rigurosos, pertinentes y necesarios en un campo de investigación emergente para el trópico.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer los finqueros y vaqueros de las fincas del proyecto LAIF '*Agroverde*', financiado por la Unión Europea y la Agencia Francesa de Desarrollo, que aceptaron tomar de su tiempo a lo largo de los muestreos, así como al equipo de técnico-veterinario del CIMAGT.

BIBLIOGRAFÍA

R Core Team. 2025. R: a language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. https://www.r-project.org

Acosta Broche, L. (2014). Escenarios de clima futuro para la provincia de camagüey. posible influencia sobre las plantaciones forestales de distribución mediterránea. *Revista Forestal Baracoa*, *33*, 73-81.

Bauman, D. E., & Currie, B. W. (1980). Partitioning of Nutrients During Pregnancy and Lactation : A Review of Mechanisms Involving Homeostasis and Homeorhesis. *Journal of Dairy Science*, *63*(9), 1514-1529. doi:10.3168/jds.S0022-0302(80)83111-0

Colditz, I. G., & Hine, B. C. (2016). Resilience in farm animals : Biology, management, breeding and implications for animal welfare. *Animal Production Science*, *56*(12), 1961. doi:10.1071/AN15297

Cormary, B., García, E. G., Marlon, R., Olivera, R. P., & Vall, E. (2025). Estimation of body condition of dual-purpose crossbred cows (Bos taurus × Bos indicus) in Cuba : Proposal for a new scoring system and scale. *Revista de Producción Animal*, *37*, 18 p. (hal-05112162v1)

Dezetter, C., Bidan, F., Delaby, L., Blanc, F., Freret, S., & Bédère, N. (2024). Association between body condition profiles, milk production and reproduction performance in Holstein and Normande cows. *Journal of Dairy Science*, *107*. doi:10.3168/jds.2024-24766

Dodo, K., Pandey, V. S., & Illiassou, M. S. (2001). Utilisation de la barymétrie pour l'estimation du poids chez le zébu Azawak au Niger. *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*, *54*(1), Article 1. doi:10.19182/remvt.9808

Friggens, N. C., Blanc, F., Berry, D. P., & Puillet, L. (2017). Review : Deciphering animal robustness. A synthesis to facilitate its use in livestock breeding and management. *Animal*, *11*(12), 2237-2251. doi:10.1017/S175173111700088X

Gomez, M. (2024). Caractérisation fine des systèmes d'alimentation-nutrition mis en place pour des troupeaux bovins dans des conditions d'élevage familial à Camagüey (Cuba). Sciences du Vivant [q-bio]. (hal-04840935)

González-García, E., Gozzo de Figuereido, V., Foulquie, D., Jousserand, E., Autran, P., Camous, S., Tesniere, A., Bocquier, F., & Jouven, M. (2014). Circannual body reserve dynamics and metabolic profile changes in Romane ewes grazing on rangelands. *Domestic Animal Endocrinology*, *46*, 37-48. doi:10.1016/j.domaniend.2013.10.002

González-García, E., & Martín Martín, G. (2017). Biomass yield and nutrient content of a tropical mulberry forage bank : Effects of season, harvest frequency and fertilization rate. *Grass and Forage Science*, *72*(2), 248-260. doi:10.1111/gfs.12227

Lenth, R. V., Banfai, B., Bolker, B., Buerkner, P., Giné-Vázquez, I., Herve, M., Jung, M., Love, J., Miguez, F., Piaskowski, J., Riebl, H., & Singmann, H. (2025). *emmeans : Estimated Marginal Means, aka Least-Squares Means* (Version 1.11.1) [Logiciel]. https://cran.r-project.org/web/packages/emmeans/index.html



Macé, T., González-García, E., Carrière, F., Douls, S., Foulquié, D., Robert-Granié, C., & Hazard, D. (2019). Intra-flock variability in the body reserve dynamics of meat sheep by analyzing BW and body condition score variations over multiple production cycles. *Animal: An International Journal of Animal Bioscience*, *13*(9), 1986-1998. doi:10.1017/S175173111800352X

Macé, T., González-García, E., Kövér, G., Hazard, D., & Taghipoor, M. (2023). PhenoBR : A model to phenotype body condition dynamics in meat sheep. *Animal: An International Journal of Animal Bioscience*, *17*(6), 100845. doi:10.1016/j.animal.2023.100845

Macé, T., Hazard, D., Carrière, F., Douls, S., Foulquié, D., & González-García, E. (2019). Relationships between body reserve dynamics and rearing performances in meat ewes1. *Journal of Animal Science*, *97*(10), 4076-4084. doi:10.1093/jas/skz273

Nyamiel, A., Hazard, D., Marcon, D., Durand, C., Douls, S., Bonnafe, G., Tortereau, F., Tesnière, A., & González-García, E. (2025). Body reserves dynamics of suckling ewes across successive production cycles under outdoor and indoor contrasting farming system conditions. *Journal of Animal Science*, *103*, skaf067. doi:10.1093/jas/skaf067

Oliveira, A. S., Abreu, D. C., Fonseca, M. A., & Antoniassi, P. M. B. (2013). *Short communication*: Development and evaluation of predictive models of body weight for crossbred Holstein-Zebu dairy heifers. *Journal of Dairy Science*, *96*(10), 6697-6702. doi:10.3168/jds.2013-6988

Pinheiro, J., Bates, D., DebRoy, S., & Sarkar, D. (2013). nlme : Linear and Nonlinear Mixed Effects Models, fit and compare Gaussian linear and nonlinear mixed-effects models.

Rust, J. M. (2019). The impact of climate change on extensive and intensive livestock production systems. *Animal Frontiers*, *9*(1), 20-25. doi:10.1093/af/vfy028

Sauvant, D., & Martin, O. (2010). Robustesse, rusticité, flexibilité, plasticité... les nouveaux critères de qualité des animaux et des systèmes d'élevage : Définitions systémique et biologique des différents concepts. *INRA Productions Animales*, *23*(1), 5-10.

Vall, E., Blanchard, M., Sib, O., Cormary, B., & González-García, E. (2025). Standardized body condition scoring system for tropical farm animals (large ruminants, small ruminants, and equines). *Tropical Animal Health and Production*, *57*(2), 106. doi:10.1007/s11250-025-04328-4

BMA-73. Avaliação Multitemporal da Resiliência Ecológica em Sistemas Silvipastoris Tropicais via Sensoriamento Remoto (2020–2025)

Multitemporal Assessment of Ecological Resilience in Tropical Silvopastoral Systems via Remote Sensing (2020–2025)

E.C.T. Elaine Cristina Teixeira[1] [1], Nara Tayna Veloso Borges[2], R. V. O. Castro[1]; D. A. Ladeira[1]; G. M. Ataíde[1]; G. E. Marcatti[1]; R. L. Oliveira, I.D.B. Iran Dias Borges, Karina Toledo da Silva[3], Walter Jose Rodrigues Matrangolo[4]

[1]Professor Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de São João del Rei, campus Sete Lagoas

[*]Correspondencia a: elaineteixeira@ufsj.edu.br

RESUMO

Este estudo realiza uma análise multitemporal e comparativa da estabilidade ecológica e da resiliência funcional de sistemas silvipastoris (SPS), frente a pastagens convencionais, em região representativa do bioma Cerrado. A investigação baseia-se em séries temporais (2020–2025) de índices espectrais derivados de sensoriamento remoto orbital, incluindo NDVI, SAVI, NDMI, LAI e EVI, aliados a métricas compostas de resiliência ecológica. Os resultados revelam que os SPS apresentam superioridade expressiva em múltiplas dimensões: maior densidade de cobertura vegetal, estabilidade hídrica acentuada, robustez estrutural da vegetação e elevada capacidade de recuperação pós-distúrbio. Eventos climáticos extremos — como a seca de 2022 e as precipitações anômalas de 2024 — foram utilizados como vetores empíricos para avaliação da resiliência. O SPS demonstrou desempenho notável, com incremento de 28,4% na estabilidade sazonal, aumento de 8,2% no NDVI médio anual, 44% de ganho em resiliência hídrica e redução de 75% na incidência de colapsos críticos da cobertura vegetal. Os resultados são consistentes com teorias agroecológicas que que sistemas silvipastoris bem manejados representam uma estratégia agroecológica robusta e resiliente para adaptação às mudanças climáticas tropicais.

Palavras-chave: *Resiliência Ecológica; Índices Espectrais; Estabilidade Funcional; Bioma Cerrado; Agroecossistemas Tropicais; Mudanças Climáticas*

ABSTRACT

This study performs a multitemporal and comparative analysis of the ecological stability and functional resilience of silvopastoral systems (SPS), compared to conventional pastures, in a representative region of the Cerrado biome. The research is based on time series (2020– 2025) of spectral indices derived from orbital remote sensing, including NDVI, SAVI, NDMI, LAI, and EVI, combined with composite metrics of ecological resilience. The results reveal that SPS show expressive superiority in multiple dimensions: higher density of vegetation cover, accentuated water stability, structural robustness of vegetation and high capacity for post-disturbance recovery. Extreme weather events — such as the drought of 2022 and the anomalous rainfall of 2024 — were used as empirical vectors for assessing resilience. The SPS showed remarkable performance, with a 28.4% increase in seasonal stability, an 8.2% increase in the average annual NDVI, a 44% gain in water resilience and a 75% reduction in the incidence of critical collapses of the vegetation cover. The results are consistent with agroecological theories that well-managed silvopastoral systems represent a robust and resilient agroecological strategy for adaptation to tropical climate change.

Keywords: *Ecological Resilience; Spectral Indices; Functional Stability; Cerrado Biome; Tropical Agroecosystems; Climate Change*

INTRODUÇÃO

O agravamento das alterações climáticas impõe desafios consideráveis à sustentabilidade dos sistemas de produção agropecuária em regiões tropicais, especialmente aquelas sujeitas a ciclos sazonais de seca e excesso hídrico. Diante desse cenário, torna-se imperativo desenvolver modelos produtivos mais resilientes, que conciliem produtividade, estabilidade e capacidade de recuperação. Os sistemas silvipastoris (SPS), por integrarem elementos arbóreos, pastagens e pecuária de forma sinérgica, emergem como alternativa agroecológica promissora. Esses sistemas promovem regulação microclimática, incremento na biodiversidade funcional, intensificação da ciclagem biogeoquímica de nutrientes e melhoria das condições edáficas. Em contraposição, os sistemas pastoris convencionais, ancorados na monocultura forrageira e elevada dependência de insumos externos, tendem a apresentar menor resiliência ecológica e maior vulnerabilidade às flutuações climáticas. A literatura recente tem destacado a necessidade de se quantificar os benefícios dos SPS em escalas temporais mais longas, utilizando métricas robustas de função e estrutura ecológica. Neste contexto, este estudo objetiva avaliar a resiliência funcional e estrutural dos SPS frente a perturbações climáticas sazonais, com base em índices espectrais obtidos via sensoriamento remoto, permitindo uma análise multitemporal, comparativa e integrada.



METODOLOGIA

A abordagem metodológica consistiu na comparação entre um sistema silvipastoril (composto por leguminosa cratília (*Cratylia argentea*) com espaçamento de 2 metros entre plantas e 25 entre linhas; estrato herbáceo que ocupa as entrelinhas de cratília, composto por capim cv. BRS Piatã (*Urochloa brizantha*) estabelecido em janeiro de 2020 e uma pastagem convencional adjacente , localizada na Fazenda Experimental Santa Rita (FESR) da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) em Prudente de Morais, Minas Gerais, Brasil (19º28' S; 44º15' W, 732 m acima do nível do mar). A área é classificada como uma savana tropical (ou seja, Cerrado brasileiro) com uma estação seca (maio-setembro) e uma estação chuvosa (outubro-abril), que também é classificada como clima Aw de acordo com o sistema de classificação Köppen-Geiger. A temperatura média anual é de 22.9 °C, com 24.4 °C no verão e 22 °C no inverno. Cada sistema contou com 27 pontos amostrais georreferenciados, monitorados ao longo de cinco períodos sazonais representativos: Chuvosa Inicial, Chuvosa Tardia, Transição Seca, Pico Seco e Transição Chuvosa. Os dados de sensoriamento remoto foram processados para a extração de índices espectrais clássicos (NDVI, SAVI, EVI, NDMI, LAI), bem como para o cálculo de métricas compostas de resiliência (resilience_index e resilience_enhanced), que incorporam tanto a magnitude dos valores quanto a sua variabilidade temporal. A análise estatística incluiu testes de diferença de média (t de Student), estimativas de tamanho de efeito (Cohen's d), análise de regressão linear para identificação de tendências e o teste de Mann-Kendall para avaliar a significância de tendências não paramétricas. Além disso, foi realizada uma comparação entre os dados de 2019 (período pré-implementação do SPS) e o intervalo pós-implementação (2020– 2025), com vistas a quantificar ganhos estruturais e funcionais atribuíveis ao sistema silvipastoril.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na estação Chuvosa Inicial, o SPS apresentou vantagens consistentes em praticamente todos os índices avaliados, com destaque para o NDVI (+0,0238) e resilience_enhanced (+0,0188), evidenciando superioridade em vigor vegetativo e estabilidade temporal do sistema. Durante o Pico Seco, caracterizado por estresse hídrico severo, o SPS manteve desempenho superior em NDVI (+0,0066) e LAI (+0,0409), mesmo diante da redução no NDMI (-0,0124), atribuída à competição hídrica entre estratos arbóreo e herbáceo, típica de sistemas em fase inicial de consolidação estrutural (Tabela 1).

A Transição Chuvosa, por sua vez, indicou recuperação físico-funcional mais rápida do SPS, refletindo capacidade de resposta adaptativa. Na Chuvosa Tardia, a pastagem convencional superou o SPS em produtividade espectral, atribuída à aplicação de práticas intensivas (e.g., adubação química), embora com maior variabilidade intraestacional, o que compromete a previsibilidade dos serviços ecossistêmicos.

Tabela 1: *Comparação NDVI entre Pastagem e Silvipastoril (2020-2025)*

Sistema	Média	Desvio Padrão	Mínimo (Dry_Peak)	Máximo (Rainy_Late)
Pastagem	0.58		0.31 (2020)	0.78 (2020)
Silvipastoril	0.62	±0.15012	0.42 (2020)	0.75 (2024)

Os dados encontrados neste estudo estão em consonância com a literatura atual sobre silvipastoris em contextos tropicais. Por exemplo, a revisão sistemática conduzida por Deniz et al. (2023) evidencia que os SPS promovem melhorias expressivas no conforto térmico e na produtividade animal, especialmente em regiões sujeitas ao estresse térmico sazonal. Este aspecto reforça a interpretação de que o maior vigor vegetativo observado no SPS durante o Pico Seco e a Transição Chuvosa representa não apenas estabilidade ecológica, mas também condições favoráveis ao desempenho zootécnico.

Tabela 2: *Desempenho dos sistemas pecuários durante a Seca de 2022*

Índice	Pastagem	Silvipastoril	Diferença	Observação
NDVI	0.43	0.46	+7.0%	vipastoril mantém +15% cobertura
EVI	0.84	0.94	+11.9%	nor quebra (-54% vs -60%)
SAVI	0.54	0.63	+16.7%	Menor impacto do solo exposto
NDMI	-0.12	-0.07	+41.7%	Maior resiliência hídrica
resilience_index	0.24	0.29	+20.8%	Menor impacto
ndvi_stability	0.08	0.11	+37.5%	Maior consistência

Além disso, Lemes et al. (2021) demonstraram que SPS com manejo adequado do dossel e arranjos estruturais eficientes podem atenuar o impacto do calor e contribuir para o bem-estar animal, refletindo em maior eficiência de conversão alimentar e estabilidade da produção Isso está alinhado com os nossos achados de menor variabilidade intraestacional no NDVI e LAI, sugerindo robustez microclimática mesmo em períodos de estresse hídrico. Por sua vez, Pereira Jr. et al. (2014) analisaram a frequência de incêndios no Cerrado e demonstraram que o uso de vegetação arbustiva diversificada, como a Cratylia argentea presente em nosso SPS, contribui para a formação de um mosaico estrutural que modera o comportamento do fogo. Essa resiliência estrutural é importante para sistemas de produção em ecossistemas suscetíveis ao fogo, como o

As análises de tendência revelaram incremento progressivo nos índices NDVI e NDMI ao longo dos anos no SPS, embora sem significância estatística devido ao número limitado de observações e à alta variabilidade temporal (Figura 1). Ainda assim, a direção positiva dessas tendências sugere acúmulo de estrutura vegetal e maior capacidade de retenção hídrica. A análise comparativa entre o período pré-implementação (2019) e o intervalo 2020–2025 demonstrou melhoras substanciais, especialmente em NDMI (+438,94%) e resilience_enhanced (+16,68%), sugerindo que a adoção do SPS promoveu mudanças estruturais significativas (Figura 2). A otimização dos pesos empregados nos cálculos de resiliência indicou o NDVI como principal driver, reforçando sua relevância como proxy da funcionalidade vegetal. Esses resultados estão em consonância com estudos anteriores que relacionam NDVI elevado à estabilidade da produtividade primária e à manutenção da biomassa durante períodos de estresse ambiental.

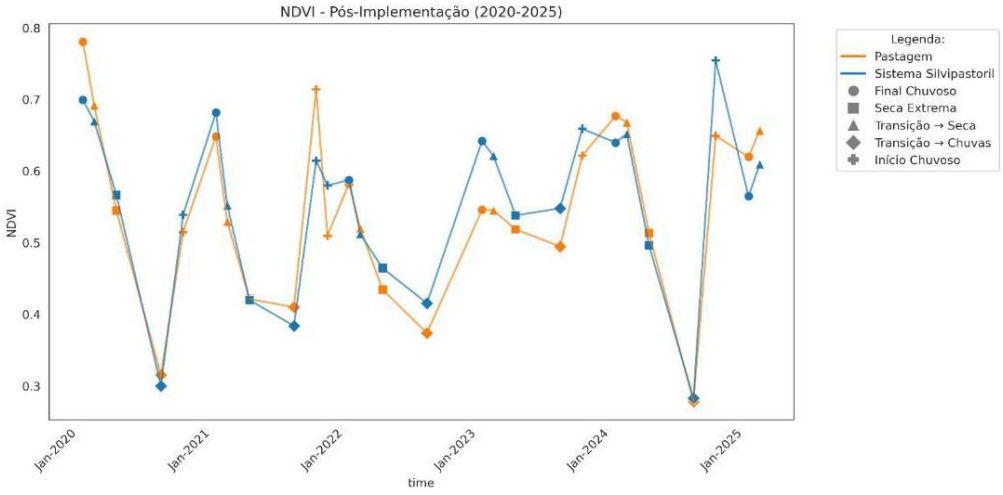


Figura 1. *NDVI -Comparativo dos sistemas no período 2020 a 2025.*

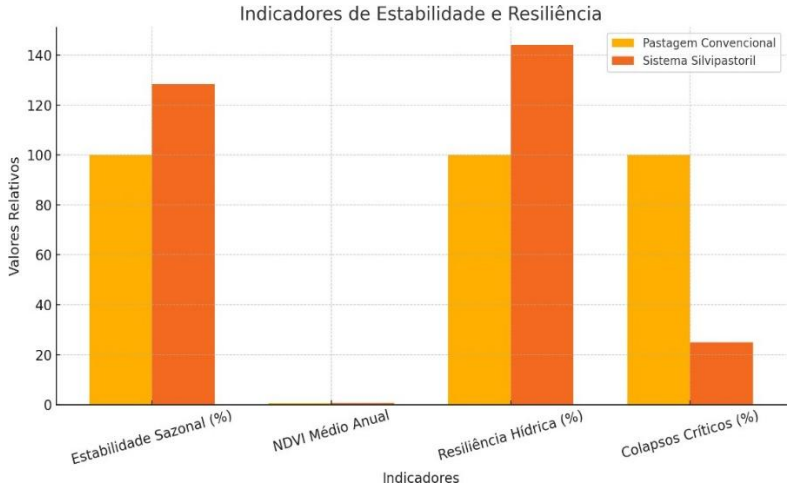


Figura 2. *Indicadores de estabilidade e resiliência comparativa dos sistemas no período 2020 a 2025.*



Outro ponto de convergência diz respeito ao papel das mudanças no uso da terra e seu impacto nas emissões de gases de efeito estufa, como descrito por Silva et al. (2024). Eles evidenciam que a conversão de florestas nativas em pastagens convencionais tende a elevar as emissões líquidas de GEE, enquanto SPS bem manejados tendem a promover sequestro de carbono e reduzir o balanço emissivo da paisagem. Por fim, Sousa et al. (2017) destacam o papel emergente do sensoriamento remoto na quantificação da atividade fotossintética, validando o uso de índices como NDVI, EVI e NDMI na avaliação funcional de agroecossistemas. Esta constatação dá suporte metodológico à abordagem multitemporal adotada neste estudo e evidencia o potencial de replicação e expansão desse protocolo para outros contextos tropicais

CONCLUSÃO

Os resultados obtidos evidenciam que o sistema silvipastoril apresenta maior resiliência ecológica frente a condições climáticas adversas, especialmente em períodos de estresse hídrico acentuado e transição sazonal, quando comparado à pastagem convencional. A superioridade do SPS se manifesta em maior vigor vegetativo, estabilidade temporal dos índices espectrais, capacidade de recuperação e menor variabilidade interanual, atributos que se alinham às premissas da sustentabilidade agroecológica. Apesar das limitações impostas pelo tamanho amostral e pela ausência de dados fisiológicos de campo, os achados sustentam o potencial dos SPS como alternativa produtiva robusta e adaptativa. Recomenda-se a adoção de estratégias de manejo adaptativo, como o controle da densidade arbórea, diversificação florística, manejo do dossel e suplementação hídrica pontual. Para aprofundar a compreensão dos mecanismos ecológicos subjacentes, estudos futuros devem integrar indicadores edáficos, variáveis zootécnicas, dados fenológicos e modelagem ecofisiológica multiescalar, ampliando a capacidade preditiva dos modelos de resiliência aplicados a sistemas tropicais.

Referências Bibliográficas

Deniz M, Sousa KT, Ferreira FF, Costa NL, Peripolli V. A systematic review of the effects of silvopastoral systems on animal thermal comfort and productivity. Int J Biometeorol. 2023. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s00484-023- 02431-5

Lemes AP, Gomes AR, de Andrade RP, de Barros TG, Peripolli V. Silvopastoral system is an alternative to improve animal welfare and performance under heat stress conditions. Sci Rep. 2021;11:15403. Disponível em: https://doi.org/10.1038/s41598-021-93609-7

Pereira Júnior AC, Ribeiro LB, Santos JR, Aragão LEOC. Modelling fire frequency in a Cerrado savanna biome using remote sensing data. PLoS ONE. 2014;9(7):e102380. Disponível em: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0102380

Silva BO, Moitinho MR, Panosso AR, Oliveira DMDS, Pulrolnik K, Cerri CEP. Implications of converting native forest areas to pasture on greenhouse gas emissions in the Brazilian Amazon. Journal of Environmental Management. 2024;346:120796. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.120796

Sousa CHR, Silva BB, Sano EE, Meneses PR. Progress in Remote Sensing of Photosynthetic Activity: Challenges and Outlook. Remote Sensing. 2017;9(1):48. Disponível em: https://doi.org/10.3390/rs9010048

BMA-74. Efecto de los sistemas silvopastoriles intensivos (SSPi) sobre los factores de emisión del estiércol en sistemas bovinos bajo pastoreo en Colombia

Effect of intensive silvopastoral systems (iSPS) on manure emission factors in cattle grazing systems of Colombia

J. E. Rivera[1,2], G. H. Villegas[2], J. Chará[2]*

[1] Universidad CES, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Naturales. Calle 10A # 22-04, Medellín, Colombia

[2]Centro Para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIAT), Cali, Colombia

[*]Correspondencia a: jrivera@ces.edu.co

RESUMEN

El estiércol es una fuente importante de gases de efecto invernadero como el óxido nitroso (N_2O-N) y el metano (CH_4). Las emisiones de estos gases se afectan por las condiciones ambientales, el manejo y las características del suelo. El objetivo de este estudio fue determinar el efecto de los sistemas silvopastoriles intensivos (SSPi) sobre los factores de emisión (FEs) de las heces (CH_4 y N_2O) y las orinas (N_2O) bovinas depositadas en praderas. Las determinaciones fueron realizadas en seis sistemas convencionales (SC) y seis SSPi (sistemas que ofrecieron las arbustivas *Leucaena Leucocephala* o *Tithonia diversifolia*) localizados en el Caribe Seco y en el Piedemonte Amazónico colombiano utilizando la técnica de cámaras cerradas estáticas. En ambas regiones, los SSPi presentaron FEs inferiores a los SC con valores mayores en la época de lluvias. En la Región Caribe (donde se evaluaron tres SSPi con *L. leucocephala* y tres SC de la zona), los FEs de N_2O para la orina fueron 0.23 *vs.* 0.55% (p=0.034) y para las heces 0.074 *vs.* 0.134% (p=0.095) del N excretado para el SSPi y SC respectivamente; para el CH_4 en heces los FEs fueron 0.35 *vs.* 0.52 g de CH_4/kg de materia seca (p=0.018), para el SSPi y el SC respectivamente. En el Piedemonte Amazónico, los FEs de N_2O para orina fueron 1.69 *vs.* 2.64% (p=0.007) y para heces 0.124 *vs.* 0.158% (p=0.089) del N excretado para los SSPi con *T. diversifolia* y los SC, respectivamente; para el CH_4 en heces los FEs fueron 1.65 *vs.* 2.05 g de CH_4/kg de materia seca depositada en campo (p=0.121), respectivamente. Se concluye que los SSPi tienen una gran capacidad de reducir las emisiones generadas por el estiércol en los sistemas ganaderos bajo pastoreo, y que esta capacidad varía con la región y la especie forrajera o sistema utilizado.

Palabras clave: *ambiente tropical, GEI, L. leucocephala, mitigación, pastoreo, T. diversifolia.*

ABSTRACT

Manure is an important source of greenhouse gases such as nitrous oxide (N_2O-N) and methane (CH_4). The emissions of these gases are affected by environmental conditions, management practices, and soil characteristics. The objective of this study was to determine the effect of intensive silvopastoral systems (iSPS) on emission factors (EFs) from bovine feces (CH_4 and N_2O) and urine (N_2O) deposited on pastures in tropical conditions. The determinations were carried out in six conventional systems (CS) and six iSPS (systems with *Leucaena Leucocephala* or *Tithonia diversifolia* shrubs) located in the Dry Caribbean and Amazonian Piedmont regions in Colombia, using the static closed chamber technique. In both regions, the iSPS presented lower EFs than the CS, with higher values during the rainy season. In the Caribbean Region (where three iSPS with *L. leucocephala* and three CS from the zone were evaluated), the N_2O-N EFs for urine were 0.23 *vs.* 0.55% (p=0.034) and for feces 0.074 *vs.* 0.134% (p=0.095) of N excreted for iSPS and CS, respectively; for CH_4 in feces, the EFs were 0.35 *vs.* 0.52 g of CH_4/kg of dry matter (p= 0.018), for iSPS and CS respectively. In the Amazonian Piedmont Region, the N_2O EFs for urine were 1.69 *vs.* 2.64% (p=0.007) and for feces 0.124 *vs.* 0.158% (p=0.089) of the N excreted for the iSPSs with *T. diversifolia* and the CS, respectively; for CH_4 in feces, the EFs were 1.65 *vs.* 2.05 g of CH_4/kg of dry matter deposited in the field (p=0.121), respectively. It is concluded that iSPSs have a great capacity to reduce emissions generated by manure in grazing cattle systems, and that this capacity varies with the region and the forage species or system used.

Keywords: *GHG, grazing, tropical environment, L. leucocephala, mitigation, T. diversifolia.*



BMA-75. Efecto de la disponibilidad del pasto *Urochloa brizantha* y *Leucaena leucocephala* sobre el consumo voluntario de materia seca de vacas en seca en sistemas silvopastoriles Trópico Peruano durante la época de lluvias

Effect of availability of *Urochloa brizantha* and *Leucaena leucocephala* on voluntary dry matter intake of dry cows in silvopastoral systems of the peruvian tropics during the rainy season

D Godoy Padilla[1]; J Velarde-Guillén [2]; I Molina Botero[2]; L Durand Chavez[3]; C Gómez Bravo[2]*

[1]Escuela de Posgrado, Doctorado en Nutrición, Universidad Nacional Agraria La Molina

[2]Departamento Académico de Nutrición, Facultad de Zootecnia, Universidad Nacional Agraria La Molina – La Molina 15024, Lima, Perú.

[3]Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), Lima, Perú

[*]Correspondencia a: davgodoy1@gmail.com

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la disponibilidad de forraje en el consumo de materia seca de U. brizantha y L. leucocephala en vacas en seca, considerando la altura del pasto, diámetro de la corona del arbusto y carga animal en un sistema silvopastoril durante época de lluvias en la región de San Martín, Perú. Las evaluaciones para determinar el consumo de materia seca se realizaron en dos periodos (45 días de diferencia). En cada periodo, se evaluó la altura y la producción de biomasa del pasto a través de aforos antes y después del pastoreo en una superficie de 1,539 m2. Asimismo, se realizó la evaluación del arbusto en cada periodo, donde se determinó la altura, el diámetro de corona y la biomasa del arbusto, antes y después del pastoreo. Se usaron vacas en seca, con una carga animal de 15 y 10 vacas en el primer y segundo periodo, respectivamente. El consumo de materia seca se vio influenciado por la estructura del pasto donde a mayor cantidad de hojas en la pradera (post lluvia), las vacas prefirieron el ramoneo. Hubo una mayor disponibilidad de biomasa del arbusto cuando más alto era el diámetro corona. Una mayor carga animal equilibró el uso del pasto y el arbusto, mientras que una carga animal menor, hizo que el consumo se centrara en el pasto. Se recomienda manejar alturas objetivo en el pasto, podas que mantengan rebrote utilizable del arbusto y ajustes de carga para dirigir el aprovechamiento.

Palabras Claves: *Silvopastoral system, Livestock, Leucaena, brizantha, Peru.*

I. INTRODUCCIÓN

La crianza de ganado vacuno es una de las actividades más importantes en el Perú, sobre todo, en la amazonia peruana, siendo una de las regiones más representativas la región de San Martín, donde poseen un total de 213,905 cabezas de ganado (MIDAGRI, 2023). El principal recurso dentro de esa zona es forraje compuesto de pastos naturales y pastos mejorados como la *Urochloa decumbes* y *U. brizantha*, siendo el alimento más abundante y económico (Araujo- Febres y Rodríguez, 2001). Sin embargo, si estas pasturas no se manejan adecuadamente, su calidad se reduce y, por ende, la producción ganadera decrece.

En ese sentido, la implementación de sistemas silvopastoriles (SSP) ha sido relevante en los últimos años ya que posee una efectividad en la captura y almacenamiento temporal de CO2, así como en mejorar la productividad pecuaria y la protección contra climas extremos (Agethen et al., 2021), a través de la interacción de árboles y arbustos con los forrajes para la ganadería. Con la inclusión de estas especies, en especial aquellas leguminosas, este sistema brinda diferentes ventajas como la fertilización de los suelos con nitrógeno, y tener un potencial considerable de reducir las emisiones de metano y óxido nitroso (Rivera y Chará, 2021).

En la Amazonía peruana se han identificado diversos tipos de sistemas silvopastoriles dentro de cinco regiones del país. San Martín es la región donde se ha desarrollado mayores investigaciones sobre los SSP. Un estudio evaluó y caracterizó los SSP usados para ganadería en dichas regiones, donde los tipos de SSP que predominan fueron los cercos vivos y árboles dispersos, y las especies arbóreas más usadas fueron los árboles para leña, árboles maderables y finalmente, árboles frutales (Pizarro et al., 2020).

Por otro lado, una de las especies más estudiadas ha sido la *Leucaena leucocephala*, la cual es una leguminosa perenne, palatable para el ganado vacuno y con gran capacidad de desarrollarse en asociación con gramíneas en condiciones de trópico (Rivera-Herrera et al., 2017). Esta especie ha sido ampliamente estudiada y ha demostrado su gran capacidad de mejorar nutricionalmente la dieta de vacunos integrando un mejor nivel de proteína y, asimismo, se ha podido identificar que, gracias a sus metabolitos secundarios, es capaz de reducir las emisiones de metano entérico (Molina-Botero et al., 2019, Gaviria-Uribe et al., 2020, Montoya-Flores et al., 2020). Asimismo, esta especie se ha podido adaptar

fácilmente a las condiciones de la Amazonía peruana, y puede ser una alternativa para implementarse dentro de los sistemas silvopastoriles, tal y como lo demuestra un estudio realizado con especies como *M. alba, M. oleifera*, y *C. argentea* (Durand-Chávez et al., 2022).

En ese sentido, el presente trabajo tuvo como objetivo fue evaluar el efecto de la disponibilidad de forraje en el consumo de materia seca de *U. brizantha* y *L. leucocephala* en vacas en seca, considerando la altura de los forrajes, el diámetro de corona del arbusto y la carga animal dentro de un sistema silvopastoril durante época de lluvias en la región de San Martín, Perú.

II. Materiales y Métodos

2.1 Área de estudio

El trabajo se realizó en la región de San Martín, Perú, en el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) El Porvenir, ubicado en el distrito de Juan Guerra, provincia de San Martín. Juan Guerra presenta temperaturas entre 21 y 35 °C, a 200 m.s.n.m (Godoy et al., 2021), con un clima tropical de sabana lluviosa, semicálida y húmeda, siendo considerado bosque húmedo- premontano tropical (Holdridge, 1987).

2.2 Arreglo silvopastoril

El sistema silvopastoril cuenta con un área de 1,539 m2, que integra pasto *Urochloa brizantha* y *Leucaena leucocephala*, distribuidos en franjas. Se contabilizó que existen en promedio 29 arbustos por cada franja (9 franjas en total). El sistema fue instalado en el 2021. Para el presente estudio, se tuvo dos periodos de evaluación durante la época de lluvias, con un descanso de 45 días entre periodos.

2.3 Estimación de disponibilidad de biomasa

Producción de biomasa del pasto

Para estimar la disponibilidad de biomasa (kg/m2) del pasto *U. brizantha*, antes y después del pastoreo, se realizaron aforos en forma de cruz dentro del área del SSP (Rúa, 2010), donde se realizaron dos transectos, y en cada transecto se obtuvieron 11 cuadrantes. En total se obtuvieron 22 muestras de 1 m2 del SSP. En cada cuadrante, se obtuvo la muestra por el método de corte y separación (Geenty y Rattray, 1987), mediante el corte del pasto a 10 cm del nivel del suelo. Asimismo, en cada cuadrante, se midió la altura del pasto con una cinta métrica, teniendo cinco mediciones por cuadrante. Considerando los resultados de esta medición, se clasificaron en tres rangos de altura: I) < 39 cm, II) >39 y <65 cm, y III) >65 cm.

Producción de biomasa de *L. leucocephala*

Para estimar la disponibilidad de biomasa de la leguminosa (kg/m2), antes y después del pastoreo, se realizó la metodología de muestreo destructivo modificado del área foliar (Dablin et al., 2021). Por cada fila de los arbustos, se identificaron seis árboles con semejantes características de altura (m) y diámetro de la corona (m), donde tres de ellos fueron cosechados un día previo al pastoreo, y los otros tres, post pastoreo. El número de árboles muestreados representaron alrededor del 10 % del número total de arbustos dentro del SSP. Se asumió que el consumo de los arbustos por el ganado se realizaba a una altura máxima de 1.60 m. considerando el diámetro de la corona, se establecieron los siguientes estratos: I) < 127 cm, II) >127 y <221 cm, y III) >221 cm.

Determinación de la materia seca

Para estimar el porcentaje de materia seca del pasto *Urochloa brizantha*, se tomó una muestra de 210 g en promedio de cada cuadrante. En el caso de *Leucanea leucocephala*, se tomó una muestra representativa de 240 g en promedio por cada arbusto. Las muestras fueron llevadas al laboratorio para ser secadas en una estufa de convección forzada JSR® a 60°C por 24 horas.

2.4 Animales

Para la estimación de consumo de forraje y del arbusto se utilizaron vacas en seca cruzadas (Gyr-Holstein) con pesos promedio de 451.5 kg de peso vivo. Se utilizó una carga animal de 15 y 10 vacas, en la primera y segunda evaluación, respectivamente. Las vacas estuvieron pastoreando por cinco horas dentro del SSP.

2.5 Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó utilizando el software IBM SPSS Statistics versión 22. Inicialmente, los datos de disponibilidad de forraje de *Urochloa brizantha* y *Leucaena leucocephala* fueron estratificados en cuartiles, considerando la altura del pasto (I) < 39 cm, II) >39 y <65 cm, y III) >65 cm) y el diámetro de la corona del arbusto (I) < 127 cm, II) >127 y <221 cm, y III) >221 cm), respectivamente. Posteriormente, se aplicó un diseño factorial de dos vías (2 × 3), con dos periodos de evaluación y tres estratos de disponibilidad de forraje. Este enfoque permitió evaluar los efectos principales de periodo y estrato, así como su interacción, sobre: disponibilidad de forraje prepastoreo, consumo voluntario de forraje, disponibilidad de forraje postpastoreo y el impacto de la carga animal. Las comparaciones de medias se realizaron mediante la prueba de Tukey, considerando diferencias significativas cuando $p < 0.05$.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Consumo del pasto

En la Tabla 1 se observa que la altura pre-pastoreo presentó diferencias significativas entre estratos ($p<0.05$). En contraste, ni la altura post-pastoreo ni las biomasas pre y post pastoreo mostraron efecto del estrato ($p>0.05$), pero sí del periodo ($p<0.05$). Aunque el consumo de MS (g/m²) no difirió estadísticamente ($p>0.05$), se apreció un incremento numérico del 31 % (I→II) y 29 % (II→III), consistente con que pastos más altos ofrecen mayor biomasa y favorecen un tamaño/tasa de bocado superiores (Casagrande et al., 2011; Fonseca et al., 2012; Ruggieri et al., 2020).

Por otro lado, el uso relativo expresado como: ((biomasa pre-pastoreo – biomasa post-pastoreo) / biomasa pre-pastoreo) × 100; fue 52.7 % (estrato I), 42.7 % (II) y 47.0 % (III). De acuerdo al Periodo, en el Periodo 1 la utilización fue baja y similar (II: 32.5 %, III: 31.0 %); en el Periodo 2 aumentó y mostró una gradiente ascendente con la altura (I: 52.7 %, II: 57.1 %, III: 69.5 %). Este patrón coincide con las precipitaciones entre muestreos y sugiere un rebrote más tierno y con mayor desarrollo foliar (fracción de hoja) y mejor accesibilidad del forraje, lo que eleva la cosecha por unidad ofrecida aun con menor biomasa pre (Casagrande et al., 2011; Greenwood et al., 2015; Ruggieri et al., 2020).

En sistemas silvopastoriles, el microclima y la sombra del componente leñoso pueden aumentar la altura del pasto, pero modificar su estructura (mayor tallo relativo), afectando la dinámica de consumo y la utilización (Peri et al., 2006; Geremia et al., 2018). Este contexto ayuda a explicar las variaciones por periodo y el contraste entre consumo absoluto (mayor en coberturas altas) y utilización relativa (más intensa cuando la oferta inicial es limitada y hojosas).

Para el área total del estudio (1,539 m2), la disponibilidad de biomasa pre-pastoreo fue de 225.6 kg MS (1,466 kg MS/ha). Para un cálculo más próximo del consumo voluntario de MS, estimado inicialmente en 103.7 kg MS, se recalculó con una pérdida por pisoteo de 30%, resultando en 72.6 kg MS (472 kg MS/ha). Este supuesto (k = 0.30) se alinea con guías de planeación y conceptos de eficiencia de cosecha que contemplan mermas del orden de 25–30% por desperdicio/pisoteo durante el pastoreo (USDA NRCS, 2003; Holechek et al., 2011).

Tabla 1. *Consumo de materia seca (g MS/m2) de U. brizantha de acuerdo a cada estrato de la altura del pasto (cm) en cada periodo de evaluación, dentro del sistema silvopastoril.*

Periodo	Estrato	Altura pre pastoreo (cm)		Altura post pastoreo (cm)		Biomasa pre pastoreo (g MS/m2)		Biomasa post pastoreo (g MS/m2)		CMS (g MS/m2)	
		Media	EE	Media	EE	Media	EE	Media	EE	Media	EE
	II	55.48	1.84	34.10	1.40	173.35	14.95	117.05	11.19	56.30	11.95
1	III	68.58	2.05	36.58	1.56	202.67	16.71	139.81	12.52	62.86	13.37
	Media	62.03	1.38	35.34	1.05	188.01	11.21	128.43	8.40	59.58	8.97
	I	33.20	2.05	26.18	1.56	91.62	16.71	43.33	12.52	48.29	13.37
2	II	49.08	2.05	28.15	1.56	122.21	16.71	52.41	12.52	69.80	13.37
	III	69.60	4.11	27.90	3.12	143.19	33.42	43.65	25.03	99.54	26.73
	Media	50.63	1.68	27.41	1.28	119.01	13.65	46.46	10.22	72.54	10.91
	I	33.20a	2.05	26.17	1.56	91.62	16.71	43.33	12.52	48.29	13.37
Total	II	52.27b	1.37	31.12	1.05	147.77	11.21	84.72	8.40	63.05	8.97
	III	69.08c	2.29	32.23	1.75	172.92	18.68	91.73	13.99	81.20	14.94
	Media	55.19	1.15	30.58	0.87	146.61	9.34	79.25	6.99	67.36	7.47
	Estrato	<0.001		0.71		0.238		0.908		0.196	

P	Periodo	0.323	0.001	0.016	<0.001	0.160
	E*P	0.175	0.508	0.850	0.342	0.511

a,b,c: literales diferentes en columnas marcan diferencia significativa . CMS: Consumo de materia seca.

Consumo de arbustivas

En el sistema silvopastoril, el componente arbóreo cumple un papel directo en la dieta. En la Tabla 2 se observa que el diámetro de la corona y la altura de los arbustos aumentaron con el estrato (I < II < III; $p<0.05$) y presentaron interacción Estrato × Periodo ($p<0.05$). La biomasa pre pastoreo (medida por debajo de 1.6 m de altura) difirió entre estratos ($p<0.05$), con incrementos aproximados de 145% de I a II y de 142% de II a III. Tras el pastoreo, la biomasa remanente también difirió por estrato ($p<0.05$), detectándose diferencias entre I y III.

En cuanto al consumo del absoluto (g MS/arbusto), no se registraron diferencias entre I y II; sin embargo, el estrato III fue superior ($p<0.05$), lo que es consistente con una mayor oferta cosechable dentro de la franja de ramoneo cuando las copas son más amplias (Cuartas et al., 2015; Bottini-Luzardo et al., 2016). Al expresar la respuesta como utilización relativa [(pre − post)/pre × 100], el total usado fue 41.1 % (I), 41.3 % (II) y 59.2 % (III). Por periodo, en P1 la utilización fue 46.6 % (II) y 54.6 % (III), mientras que en P2 fue 41.1 % (I), 32.6 % (II) y 62.2

% (III). Este patrón sugiere que copas mayores no solo elevan el consumo absoluto, sino que pueden aumentar la proporción removida cuando el rebrote aparece en la zona de alcance (Bacab et al., 2012; Dablin et al., 2021).

Las diferencias entre periodos son coherentes con efectos microclimáticos del sistema (sombra y humedad) sobre la estructura del follaje y la dinámica de rebrote, que modifican la accesibilidad y la cosecha (Peri et al., 2006; Geremia et al., 2018). En conjunto, los resultados confirman una relación directamente proporcional entre la disponibilidad de biomasa de *Leucaena leucocephala* y el diámetro de corona; después del pastoreo se verificaron diferencias entre los extremos (I vs. III), y el mayor consumo se observó en arbustos con diámetros de corona superiores a 221 cm, acorde con su mayor oferta.

Tabla 2. *Consumo de materia seca (g MS) de L. leucocephala (g MS/arbusto) de acuerdo a cada estrato de diámetro de corona en cada periodo de evaluación dentro del sistema silvopastoril.*

Periodo	Estrato	Diámetro de corona (cm)		Altura (cm)		Biomasa pre pastoreo (g MS) < 1.6 m		Biomasa post pastoreo (g MS) < 1.6 m		CMS (g MS)	
		Media	EE	Media	EE	Media	EE	Media	EE	Media	EE
	II	186.77	8.05	286.82	8.57	88.39	11.77	47.23	7.90	41.16	9.35
1	III	261.21	10.10	311.00	10.75	134.04	14.75	60.89	9.90	73.15	11.72
	Media	223.99	6.46	298.90	6.87	111.21	9.43	54.06	6.33	57.15	7.49
	I	83.44	9.44	113.44	10.05	28.88	13.80	17.00	9.26	11.88	10.96
2	II	139.06	9.44	136.13	10.05	53.00	13.80	35.75	9.26	17.25	10.96
	III	339.25	18.89	323.75	20.11	208.10	27.60	78.60	18.52	129.51	21.92
	Media	187.25	7.71	191.10	8.21	96.66	11.27	43.78	7.56	52.88	8.95
	I	83.43a	9.45	113.43a	10.05	28.87a	13.80	17.00a	9.26	11.87a	10.96
Total	II	162.91b	6.21	211.47b	6.61	70.69b	9.07	41.49ab	6.08	29.20a	7.20
	III	300.23c	10.71	317.37c	11.40	171.07c	15.65	69.74b	10.50	101.32b	12.43
	Media	201.94	5.30	234.22	5.64	102.48	7.74	47.89	5.19	54.58	6.15
	Estrato	<0.001		<0.001		<0.001		0.013		<0.001	
P	Periodo	0.23		<0.001		0.293		0.799		0.267	
	E*P	<0.001		<0.001		0.005		0.238		0.009	

a,b,c: literales diferentes en columnas marcan diferencia significativa . CMS: Consumo de materia seca.



Impacto de la carga animal

En la tabla 3 se muestra el impacto de la carga animal en el consumo del pasto y arbustos dentro del sistema silvopastoril. Bajo pastoreo rotativo con ocupación de un día por potrero, la carga instantánea fue mayor en el Periodo 1 (≈98 cabezas/ha) y menor en el Periodo 2 (≈65.0 cabezas/ha) sobre la misma superficie. Con esta reducción de carga y posterior a las precipitaciones, se observó un incremento del consumo de pasto en el segundo periodo ($p<0.05$), mientras que el componente arbóreo no mostró diferencias estadísticas entre periodos ($p>0.05$). Este patrón es consistente con la mejora de la estructura de la pastura después de la lluvia — mayor fracción de hoja y mejor accesibilidad—, que típicamente eleva la tasa/tamaño de bocado y favorece la cosecha (Casagrande et al., 2011; Fonseca et al., 2012; Ruggieri et al., 2020).

En conjunto, los resultados sugieren un efecto de sustitución del ramoneo por pastoreo cuando el pasto ofrece mayor disponibilidad y calidad bajo menor presión instantánea, sin cambios estadísticos en el consumo del arbusto, lo que coincide con la evidencia de que la *L. leucocephala* aporta fracciones variables de la dieta según la oferta y la estructura del sistema (Cuartas et al., 2015; Bottini-Luzardo et al., 2016; Dablin et al., 2021).

Tabla 3. *Consumo de materia seca (g MS) de U. brizantha y L. leucocephala de acuerdo a la carga animal durante el periodo 1 (15 vacas) y periodo 2 (10 vacas) dentro del sistema silvopastoril.*

Periodo	Estrato	*U. brizantha*		*L. leucocephala*	
		media	EE	media	EE
U. brizantha					
1	II	3.75	0.95	4.66	1.10
	III	4.19	1.07	2.21	1.23
	media	3.97	0.72	3.44	0.83
2	I	4.83	1.07	2.69	1.23
	II	6.98	1.07	2.61	1.23
	III	9.95	2.13	3.40	2.47
	media	7.25	0.87	2.90	1.01
Total	I	4.83	1.07	2.69	1.23
	II	5.37	0.72	3.64	0.83
	III	7.07	1.19	2.81	1.38
	media	5.94	0.60	3.12	0.69
p	estrato	0.05		0.98	
	Período	0.00		0.79	
	interacción	0.37		0.32	
L. leucocephala					
1	II	3.61	0.95	4.66	1.10
	III	4.49	1.07	2.21	1.23
	media	4.05	0.72	3.44	0.83
2	I	6.43	1.07	2.69	1.23
	II	5.49	1.07	2.61	1.23
	III	9.53	2.13	3.40	2.47
	media	7.15	0.87	2.90	1.01
Total	I	6.43	1.07	2.69	1.23
	II	4.55	0.72	3.64	0.83
	III	7.01	1.19	2.81	1.38
	media	5.91	0.60	3.12	0.69
p	estrato	0.05		0.98	
	Período	0.00		0.79	
	interacción	0.37		0.32	
Sistema					
1	Media	4.47	0.90	3.87	0.70
2	Media	7.19	0.80	4.89	0.62
Total	período	6.20	0.61	4.52	0.47
P		0.04		0.589	

Interacción animal – sistema silvopastoril

Existe una relación positiva entre la altura del pasto y la biomasa del forraje (Casagrande et al., 2011), y el comportamiento de pastoreo y el consumo de forraje están directamente influenciados por la distribución vertical de los componentes morfológicos de la biomasa (Carvalho et al., 2009; Fonseca et al., 2012). A diferencia de los resultados del presente estudio, en Brasil se encontró una mayor acumulación de forraje *B. decumbens* cuando la altura se redujo a 15 cm en comparación a 25 cm (Santos et al., 2013). Sin embargo, este estudio se realizó en invierno, condiciones diferentes al presente estudio, así como el tipo de sistema usado era el convencional (monocultivo).

Por otro lado, en pasturas tropicales, una mayor altura del pasto suele asociarse con mayor biomasa y, cuando la estructura es favorable (más hoja y buena densidad), incrementa el tamaño y la tasa de bocado (Casagrande et al., 2011; Fonseca et al., 2012; Ruggieri et al., 2020). Cuando se incrementa la altura de *U. brizantha* de 15 a 35 cm, existe una mayor disponibilidad de biomasa; sin embargo, el porcentaje de hojas se reduce mientras que la proporción de tallos aumenta (Ruggieri et al., 2020). También es importante mencionar que la altura del pasto puede afectar el número de comidas por animal al día cuando es inferior a 15 cm, y además que el tiempo por comida podría disminuir al aumentar la altura de pasto (Greenwood et al., 2015; Casagrande et al., 2011).

En el presente estudio, tras las precipitaciones y bajo una menor carga instantánea, se registró un desplazamiento del consumo hacia el pasto en el segundo periodo ($p<0.05$), sin cambios estadísticos en el componente arbóreo ($p>0.05$). Esto sugiere un efecto de sustitución: cuando el pasto ofrece mayor disponibilidad y una fracción de hoja más accesible, las vacas secas priorizan el pastoreo sobre el ramoneo, coherente con la mejora estructural posterior a la lluvia y con la menor presión de pastoreo (Casagrande et al., 2011; Fonseca et al., 2012; Ruggieri et al., 2020).

Respecto al componente leñoso, aunque la evidencia que relacione de forma directa el diámetro de corona de *Leucaena leucocephala* con el consumo aún es limitada, la literatura y los resultados apuntan a que copas más amplias brindan más biomasa utilizable dentro de la franja de ramoneo (<1.6 m), elevando el consumo absoluto cuando la oferta de forraje no es óptima (Bacab et al., 2012; Cuartas et al., 2015; Bottini-Luzardo et al., 2016; Dablin et al., 2021). Bajo condiciones de mayor disponibilidad y calidad en el pasto, ese aporte tiende a ajustarse sin diferencias estadísticas, consistente con el rol del arbusto como fracción flexible de la dieta según la oferta y la estructura del sistema (Cuartas et al., 2015; Bottini-Luzardo et al., 2016; Dablin et al., 2021).

IV. CONCLUSIONES

El consumo de materia seca en vacas secas fue influenciado en mayor medida por la estructura del pasto que por la cantidad total: cuando hubo más hojas, el animal priorizó pastorear y dejó en segundo plano el ramoneo. La carga animal moduló esa preferencia: con más presión se equilibró el uso entre pasto y arbusto; con menos presión y mejor condición del pasto, el consumo se centró en el pasto. La disponibilidad y el diámetro de la corona de los arbustos funcionaron como respaldo: copas que concentran forraje utilizable en la franja de ramoneo aportan cuando la oferta herbácea es limitada, pero su peso en la dieta baja cuando el pasto ofrece hoja de buena calidad y acceso. En general, el sistema silvopastoril mostró una sinergia entre pasto y arbusto regulada por la altura efectiva del pasto, la carga y la accesibilidad del follaje; por ello, es recomendable manejar alturas objetivo en el pasto, podas que mantengan rebrote utilizable de *L. leucocephala* y ajustes de carga para dirigir el aprovechamiento.

V. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo institucional del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) y de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM). El estudio fue financiado por el Programa Nacional de Investigación Científica y Estudios Avanzados – PROCIENCIA en el marco del proyecto ALIANZAS INTERINSTITUCIONALES PARA PROGRAMAS DE DOCTORADO-ETAPA II, "NUTRICIÓN", CONTRATO N° PE501084302-2023- PROCIENCIA-BM.

Bibliografía

Agethen, K., Mauricio, R. M., & Deblitz, C. (2021). Economics of greenhouse gas mitigation strategies in a north-eastern Brazilian beef production system. *Proceedings of the XXIV International Grassland Congress / XI International Rangeland Congress*, 25–29. https://uknowledge.uky.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=4750&context=igc

Araujo-Febres, O., & Rodríguez, N. (2001). La amonificación de henos como técnica para mejorar su aprovechamiento. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú, 1*, 88– 91.

Bacab, H. M., Solorio, F. J., & Solorio, S. B. (2012). Efecto de la altura de poda en *Leucaena leucocephala* y su influencia en el rebrote y rendimiento de *Panicum maximum*. *Avances en Investigación Agropecuaria, 16*(1), 65–77.

Bottini-Luzardo, M. B., Aguilar-Pérez, C. F., Centurión-Castro, F. G., Solorio-Sánchez, F. J., & Ku-Vera, J. C. (2016). Milk yield and blood urea nitrogen in crossbred cows grazing *Leucaena leucocephala* in a silvopastoral system in the Mexican tropics. *Tropical Grasslands – Forrajes Tropicales, 4*, 159–167.



Carvalho, M. M., Freitas, V. P., & Andrade, A. C. (1995). Crescimento inicial de cinco gramíneas tropicais em um sub-bosque de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa*). *Pasturas Tropicales, 17*, 24–30.

Casagrande, D. R., Ruggieri, A. C., Moretti, M. H., Berchielli, T. T., Vieira, B. R., Roth, A. P.

T. P., & Reis, R. A. (2011). Sward structure and performance of beef heifers under supplementation in *Brachiaria brizantha* cv. Marandu pastures maintained with three grazing intensities in a continuous stocking system. *Revista Brasileira de Zootecnia, 40*, 2074–2082.

Cuartas, C. C. A., Naranjo, R. J. F., Tarazona, M. A. M., Correa, L. G. A., & Barahona, R. R. (2015). Consumo de materia seca y nutrientes y composición de la dieta en sistemas silvopastoriles intensivos basados en *Leucaena leucocephala*. *Tropical and Subtropical Agroecosystems, 18*, 303–311.

Dablin, L., Lewis, S. L., Milliken, W., Monro, A., & Lee, M. A. (2021). Browse from three tree legumes increases forage production for cattle in a silvopastoral system in the southwest Amazon. *Animals, 11*(12), 3585. https://doi.org/10.3390/ani11123585

Durand-Chávez, L. M., Vásquez Pérez, H. V., Ushiñahua-Ramírez, D., Carrasco Chilón, W., Depaz-Hizo, B. A., & Saucedo-Uriarte, J. A. (2022). Yield performance of forage shrubs and effects on milk production and chemical composition under the tropical climatic conditions of Peru. *Sustainability, 14*(19), 12774. https://doi.org/10.3390/su141912774

Fonseca, L., Mezzalira, J. C., Bremm, C., Filho, R. S. A., Gonda, H. L., & Carvalho, P. C. de F. (2012). Management targets for maximizing the short-term herbage intake rate of cattle grazing in *Sorghum bicolor*. *Livestock Science, 145*, 205–211. https://doi.org/10.1016/j.livsci.2012.02.003

Gaviria-Uribe, X., Bolivar, D. M., Rosenstock, T. S., Molina-Botero, I. C., Chirinda, N., Barahona, R., & Arango, J. (2020). Nutritional quality, voluntary intake and enteric methane emissions of diets based on novel Cayman grass and its associations with two *Leucaena* shrub legumes. *Frontiers in Veterinary Science, 7*, 579189. https://doi.org/10.3389/fvets.2020.579189

Geenty, K., & Rattray, P. (1987). The energy requirements of grazing sheep and cattle. In *Livestock feeding on pasture* (Occasional Publication No. 10, pp. 39–53). New Zealand Society of Animal Production.

Geremia, E. V., Crestani, S., Mascheroni, J. D. C., Carnevalli, R. A., Mourão, G. B., & da Silva,

S. C. (2018). Sward structure and herbage intake of *Brachiaria brizantha* cv. Piatã in a crop–livestock–forestry integration area. *Livestock Science, 212*, 83–92.

Godoy, D., Gonzales, J., Roque, R., Fernández, M., Gamarra, S., Hidalgo, V., & Gómez, C. (2021). Use of unconventional agro-industrial by-products for supplementation of grazing dairy cattle in the Peruvian Amazon region. *Tropical Animal Health and Production, 53*(2), 294. https://doi.org/10.1007/s11250-021-02718-y

Greenwood, P. L., Cafe, L. M., Hearnshaw, H., & Hennessy, D. W. (2005). Consequences of nutrition and growth retardation early in life for growth and composition of cattle and eating quality of beef. In P. B. Cronje & N. Richards (Eds.), *Recent Advances in Animal Nutrition in Australia* (Vol. 15, pp. 183–195). University of New England.

Holdridge, L. (1987). *Ecología basada en zonas de vida*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.

Holechek, J. L., Pieper, R. D., & Herbel, C. H. (2011). *Range management: Principles and practices* (6th ed.). Pearson.

MIDAGRI. (2023). *Anuario estadístico: Producción ganadera y avícola 2023*. Dirección General de Estadística, Seguimiento y Evaluación de Políticas. https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/6837096/2730346-anuario-produccion- ganadera-y-avicola-2023.pdf

Molina-Botero, I. C., Arroyave-Jaramillo, J., Valencia-Salazar, S., Barahona-Rosales, R., Aguilar-Pérez, C. F., Burgos, A. A., & Ku-Vera, J. C. (2019). Effects of tannins and saponins contained in foliage of *Gliricidia sepium* and pods of *Enterolobium cyclocarpum* on fermentation, methane emissions and rumen microbial population in crossbred heifers. *Animal Feed Science and Technology, 251*, 1–11. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2019.01.011

Montoya-Flores, M. D., Molina-Botero, I. C., Arango, J., Romano-Muñoz, J. L., Solorio- Sánchez, F. J., Aguilar-Pérez, C. F., & Ku-Vera, J. C. (2020). Effect of dried leaves of *Leucaena leucocephala* on rumen fermentation, rumen microbial population, and enteric methane production in crossbred heifers. *Animals, 10*(2), 300. https://doi.org/10.3390/ani10020300

Peri, P. L., Moot, D. J., & McNeil, D. L. (2006). Validation of a canopy photosynthesis model for cocksfoot pastures grown under different light regimes. *Agroforestry Systems, 67*(3), 259–272. https://doi.org/10.1007/s10457-005-3825-y

Pizarro, D., Vásquez, H., Bernal, W., Fuentes, E., Alegre, J., Castillo, M. S., & Gómez, C. (2020). Assessment of silvopasture systems in the northern Peruvian Amazon. *Agroforestry Systems, 94*, 173–183. https://doi.org/10.1007/s10457-019-00381-9

Rivera, J. E., & Chará, J. (2021). CH4 and N2O emissions from cattle excreta: A review of main drivers and mitigation strategies in grazing systems. *Frontiers in Sustainable Food Systems, 5*, 657936. https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.657936

Rivera-Herrera, J. E., Molina-Botero, I., Chará-Orozco, J., Murgueitio-Restrepo, E., & Barahona-Rosales, R. (2017). Intensive silvopastoral systems with *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit: Productive alternative in the tropic in view of the climate change. *Pastos y Forrajes, 40*(3), 171–183. https://doi.org/10.17138/tgft(7)259-266

Rúa Franco, M. (2010). ¿Cómo aforar un potrero para pastorear correctamente? Sitio Argentino de Producción Animal. http://www.produccionanimal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sist emas/139-AFORAR_POTRERO.pdf

Ruggieri, A. C., Cardoso, A. D. S., Ongaratto, F., Casagrande, D. R., Barbero, R. P., Brito, L.

D. F., & Reis, R. A. (2020). Grazing intensity impacts on herbage mass, sward structure, greenhouse gas emissions, and animal performance: Analysis of *Brachiaria* pastureland. *Agronomy, 10*(11), 1750.

Santos, M. E. R., Fonseca, D. M. D., & Gomes, V. M. (2013). Forage accumulation in brachiaria grass under continuous grazing with single or variable height during the seasons of the year. *Revista Brasileira de Zootecnia, 42*, 312–318.

USDA NRCS. (2003). *National Range and Pasture Handbook* (Rev.). U.S. Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service.



BMA-76. Aporte de la flora arbórea al fitoclima y retención de carbono en paisaje silvopastoril de Camagüey, Cuba.

Contribution of tree flora to phytoclimate and carbon sequestration in the silvopastoral landscape of Camagüey, Cuba.

I. Pérez Cabrera[1,2*]*; O. Loyola Hernández*[2,1**]*; V. Sánchez Jerez*[1]*; D. Triana González*[3]

Proyecto Life-AGROVERDE financiado por la Unión Europea

[1]UCTB Estación Experimental Agroforestal Camagüey, Avenida Ignacio Agramonte No 178, Camagüey, Cuba.

[2]Centro de Estudios de Producción Animal (CEDEPA), Universidad de Camagüey "Ignacio Agramonte Loynaz", Ministerio de Educación Superior, Circunvalación Norte km 5½, Camagüey, Cuba.

[3]Departamento de Agronomía, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Camagüey "Ignacio Agramonte Loynaz", Ministerio de Educación Superior, Circunvalación Norte km 5½, Camagüey, Cuba.

[*]Correspondencia a: isaelpc72@gmail.com

[**]Correspondencia a: oscar.loyola@reduc.edu.cu

RESUMEN

La presente investigación se realizó con el objetivo de evaluar el aporte de la flora arbórea al fitoclima y retención de carbono en paisaje silvopastoril de Camagüey, Cuba. El mismo se desarrolló entre febrero y marzo del año 2024 en la finca La Quintina. Se realizó un inventario de las arbóreas presentes con fines de silvopastoreo, se determinó el Índice de abundancia, temperatura del aire y humedad del suelo, así como la retención y remoción de carbono por cada individuo estudiado. Se observaron 19 árboles pertenecientes a nueve especies y nueve familias, *S. saman* es la especie que más sombra proyecta (entre 300 y 568 m^2), solo una especie posee la categoría de especie Frecuente con índice de abundancia de 36.84%, el resto (88.8%) se ubican en la categoría de ocasional, la temperatura del aire osciló entre 31 y 35 °C, siempre superiores en las áreas a pleno sol (35 °C) a diferencia de los lugares sombríos (31°C), tanto a la sombra de los árboles como a pleno sol. Se comprobó el efecto refrescante de los árboles en el agroecosistema, con temperaturas hasta 4 °C inferiores respecto a las áreas expuestas al sol. Los árboles presentes retienen aproximadamente 13 823,88 kg de Carbono, y para lograrlo remueven de la atmósfera 50 595,40 kg de CO_2. Se comprobó el efecto refrescante de los árboles en el agroecosistema con temperaturas hasta 4 °C inferiores respecto a las áreas expuestas al sol, la humedad del suelo es mayor en estas condiciones. Los árboles presentes retienen importantes cantidades de carbono.

Palabras claves: *biomasa arbórea, humedad del suelo, microclima, temperatura del aire*

ABSTRACT

This research was conducted to evaluate the contribution of tree flora to the phytoclimate and carbon sequestration in a silvopastoral landscape in Camagüey, Cuba. The study took place between February and March 2024 at the La Quintina farm. An inventory of the trees used for silvopasture was conducted, and the abundance index, air temperature, and soil moisture were determined, as well as the carbon sequestration and removal of each individual studied. Nineteen trees belonging to nine species and nine families were observed, S. saman is the species that projects the most shade (between 300 and 568 m2), only one species has the Frequent species category with an abundance index of 36.84%, the rest (88.8%) are located in the occasional category, the air temperature ranged between 31 and 35 ° C, always higher in areas with full sun (35 ° C) unlike shady places (31 ° C), both in the shade of the trees and in full sun. The cooling effect of the trees on the agroecosystem was verified, with temperatures up to 4 oC lower than in areas exposed to the sun. The trees present retain approximately 13,823.88 kg of Carbon, and to achieve this they remove 50,595.40 kg of CO2 from the atmosphere. The cooling effect of trees on the agroecosystem was proven, with temperatures up to 4°C lower than in sun-exposed areas; soil moisture is higher under these conditions. The trees present retain significant amounts of carbon.

Keywords: *tree biomass, soil moisture, microclimate, air temperature*

INTRODUCCIÒN

El cambio climático es una de las realidades ambientales más importantes que la humanidad enfrenta en este siglo. No solo por los efectos que tiene en las diferentes esferas humanas, sino porque representa un reto para el modelo de desarrollo que la humanidad ha asumido desde la etapa de industrialización (Lemaire *et al.*, 2019).

La ganadería cubana se enfrenta al gran problema de la baja eficiencia del ganado lechero, lo que obedece a las limitaciones en la alimentación y el manejo, así como a las condiciones climáticas, fundamentalmente las altas temperaturas y humedad relativa (Valdivia-Cruz et al., 2021).

El comportamiento de las variables meteorológicas (temperatura y humedad) provoca condiciones de estrés, que afectan la fisiología y homeostasis del animal (Neri y Briones, 2011), y se reflejan en la disminución del consumo voluntario de alimento, producción de leche y eficiencia reproductiva de las vacas en producción (Ghiano *et al.*, 2014). Diversos autores consideran que el ganado lechero es particularmente sensible al estrés por calor, debido al elevado metabolismo de la vaca lechera durante la lactancia (Carabaño *et al.*, 2016 y Nguyen *et al.*, 2016).

La integración de los árboles nativos y foráneos como sombra y abrigo para el ganado en sistemas ganaderos puede ser un elemento clave, los árboles brindan además servicios ecosistémicos como retención de carbono, fijación de nitrógeno, mejora de la fertilidad y humedad del suelo, alimento animal entre otros (Tiscornia *et al.*, 2022).

Conocer la vegetación arbórea presente en los agroecosistemas ganaderos, así como su interacción con el ambiente local es clave para lograr un manejo adecuado, con el aprovechamiento óptimo de sus ventajas. En el marco del proyecto Life AGROVERDE financiado por la Unión Europea se desarrolló esta investigación que tiene como objetivo:

Evaluar el aporte de la flora arbórea al fitoclima y retención de carbono en paisaje silvopastoril de Camagüey, Cuba.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se desarrolló en el periodo comprendido entre febrero y marzo del año 2024 en la finca La Quintina, perteneciente al productor Nelio García Carménate de la CCS Antonino Roja del municipio Sibanicú, ubicada en los $21^{0}16'07"$ de latitud norte y $77^{0}33'02"$ de longitud oeste. La misma posee un área total de 26,84 ha y como pasto predominante la hierba Tejana (*Paspalum notatum* Flüggé). En la finca se manejan 36 UGM distribuidas en 47 animales, de ellos 14 vacas, 23 novillas, una añoja, cuatro terneras, tres toros de ceba y dos terneros.

Suelo y clima

Se evaluó un potrero de aproximadamente cinco hectáreas, donde predominan los pastos naturales y un pequeño grupo de árboles utilizados con fines de silvopastoreo.

Los suelos predominantes son los Pardo sin Carbonatos, el contenido de MO en el horizonte A de las áreas destinadas a potreros con pastos oscila entre 3,20 y 3,68 %, mientras que en los de las áreas bajo cobertura de árboles fluctúa entre 5,00 y 6,20 % de acuerdo con informe técnico emitido por el ministerio de la agricultura (MINAG, 2019).

El clima presenta características propias de clima tropical de bosques estacionalmente húmedo y Aw-ecuatorial de sabana con verano húmedo (Koppen), y con una tendencia al carácter continental comparativamente notable dentro del país; en su condición físico– geográfico predominan las llanuras.

Las temperaturas medias oscilan entre 22,2 °C en el mes de enero y los 27,1 °C en julio con un promedio anual de 24,9 °C; aumentando considerablemente desde los meses de marzo a agosto, y comienzan a descender ligeramente a partir de septiembre, hasta concluido el periodo invernal. Normalmente los meses de enero y febrero son los de reportes de temperaturas más bajas.

La humedad relativa media, varia desde 71 % en abril hasta el 82 % en octubre, con un valor promedio histórico de 77 %. Los meses de septiembre a diciembre muestran los valores más altos.

Inventario de las especies arbóreas presentes con fines de silvopastoreo

En la unidad de muestreo (bosque natural con fines de silvopastoreo) se identificaron por nombre común y científico todos los árboles presentes; se midió el diámetro a 1.3 m del suelo y la altura total (Ht) (Matteucci y Colma, 1982).

Siguiendo la metodología propuesta por Aguirre (2013), para la determinación de la abundancia o cobertura proporcional de las especies arbóreas se utilizó la fórmula siguiente:

$$Cp=(ni/N)\times 100$$

Donde:

Cp: Abundancia o cobertura proporcional.

ni: número de individuos inventariados de cada especie.

N: número total de individuos del compendio de las especies.

Se toma como referencia para evaluar la abundancia la escala propuesta por Aguirre (2013) que a continuación se relaciona:

Rara (Poco abundante): menos del 5% del total de las especies de la parcela.

Ocasional (poco numerosa): 5- 25%.de las especies totales.

Frecuente (numerosa): Cobertura o abundancia entre un 26- 50%.

Abundante: Cobertura o abundancia entre un 51- 75%.

Dominante (muy abundante): Cobertura o abundancia superiores al 76%.

Temperatura del aire y humedad del suelo

Para la evaluación de estas variables se realizaron un total de 100 observaciones, para determinar la temperatura del aire se realizaron 50 observaciones bajo dosel y 50 fuera del dosel, se tomaron aleatoriamente cinco árboles de cada una de las 10 especie, procedimiento similar con igual número de observaciones se utilizó para medir el porciento de humedad del suelo.

Para determinar la humedad del suelo se extrajo 1 kg en cada punto, se identificaron debidamente y se secaron al sol hasta peso constante, luego por diferencia de peso se determinó el % de humedad del suelo para cada condición. Las observaciones se realizaron al medio día (Bohmanova et al., 2007).

Retención de Carbono por especies arbóreas

La estimación de la retención de C por la biomasa arbórea se efectuó según la metodología propuesta por Mercadet et al. (2020). Previamente, a cada planta se le midió la altura a través de un hipsómetro y el perímetro del fuste a 1,30 m del suelo utilizando una cinta métrica flexible. La densidad aparente de la madera (kg/m^3) se estableció de acuerdo con los criterios de Fors (1975), este valor se utilizó para determinar la retención de carbono. Para el volumen de raíz se consideraron estudios anteriores que toman como referencia el 30% de la biomasa arbórea.

La biomasa obtenida para cada árbol tuvo que ser ajustada teniendo en cuenta que la biomasa comercial o biomasa de los fustes no considera la totalidad del árbol por encima y por debajo del suelo (ramas, follaje y raíces) por lo que fue necesario adicionar la biomasa restante mediante un factor de expansión de biomasa (FEB). El FEB es la proporción directa entre la biomasa aérea total (BT) y biomasa de fuste (BF). Se trata de un factor variable que depende de la especie arbórea, las condiciones ambientales, la densidad de plantación, el tipo de bosque y la edad de los individuos, entre otros aspectos. Este factor se utiliza para estimar la biomasa total de un árbol, cuando únicamente se cuenta con datos de biomasa del fuste (Salinas y Hernández, 2008).

A partir de los datos primarios se realizaron cálculos aplicando las siguientes ecuaciones propuestas por Mercadet et al. (2020):

1. $Df\ (m) = (Pf\ (cm)/\pi)\ /100$
2. $Vf\ (m^3) = (\pi/4) * (Df)^2 * h * Cf$
3. $Bf\ (t) = (Vf * De)\ /1000$
4. $Ba\ (t) = Bf * Fe$
5. $Br\ (t) = Ba * Cco$
6. $Bt\ (t) = Ba + Br$
7. $Cb\ (t) = Bt * Fc$

Donde:

Df: Diámetro del fuste (m)

Pf: Perímetro del fuste a 1,30 m de altura sobre el piso (cm)

π: 3,1416

Vf: Volumen del fuste (m^3)

h: Altura total de la planta (m)

Cf: Coeficiente de forma (para cada especie)

Bf: Biomasa del fuste (t)

De: Densidad específica (para cada especie) (kg /m^3)

Ba: Biomasa aérea (t)

Fe: Factor de expansión (ramas y follaje) = 1,74

Br: Biomasa de las raíces (t)

Cco: Coeficiente de concomitancia orgánica (raíces) = 0,3

Bt: Biomasa total (t)

Cb: Carbono en la biomasa (t)

Fc: Fracción de carbono (se consideró 0,5)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con las Tablas 1 y 2, en el área (24,09 ha) se observaron 546 individuos de árboles pertenecientes a diez especies y ocho familias botánicas. Es apreciable que su morfología varía según la especie de que se trata, los árboles de mayor altura son las palmas reales (*Roystonea regia* (Kunth) O. F. Cook) y los de mayor diámetro son los individuos de *Samanea saman* (Jacq.) Merr.

Tabla 1. Especies encontradas como árboles dispersos en potreros.

Nombre común	Nombre científico	Familia
Palma Real	*Roystonea regia* (Kunth) O. F. Cook	Arecaceae
Ateje	*Cordia collococca* L.	Boraginaceae
Almendra	*Terminalia catappa* L.	Combretaceae
Algarrobo	*Samanea saman* (Jacq.) Merr.	Fabaceae
Guamá	*Lonchocarpus sericeus* (Poir.) Humboldt & al. ex DC.	Fabaceae
Carbonero	*Senna spectabilis* (DC.) H. S. Irwin & Barneby	Fabaceae
Guásima	*Guazuma ulmifolia* Lam.	Malvaceae
Jubabán	*Trichilia hirta* L.	Meliaceae
Ayúa	*Zanthoxylum martinicense* (Lam.) DC. subsp. *martinicense*	Rutaaceae
Mamoncillo	*Melicoccus bijugatus* Jacq.	Sapindaceae

Las especies representadas en este agroecosistema poseen diferentes valores para el mismo a partir de sus potencialidades como alimento animal, sombra, maderables, frutales etc., en este caso *Roystonea regia, Cordia collococca, Terminalia catappa, Samanea saman* y *Guazuma ulmifolia* constituyen excelentes alimentos para el ganado y por otra parte *M. bijugatus* además de servir como alimento animal también constituyen alimento humano, todo ello refuerza las ventajas de los sistemas silvopastoriles para el agroecosistema en su conjunto.

La diversidad de especies arbóreas presentes en el sitio de estudio refleja la superioridad del sistema silvopastoril sobre los sistemas ganaderos tradicionales, relacionado con el efecto sombra sobre los pastos y el ganado, que minimiza en buena medida el estrés calórico sobre estos, por otra parte.

Tabla 2. *Características morfológicas (diámetro 1,3 y altura) de los árboles dispersos en el bosque natural.*

Nombre común	Nombre científico	d 1,3 (m)	H (m)
Palma Real	*Roystonea regia* (Kunth) O. F. Cook	0,4	10
Ateje	*Cordia collococca* L.	0,14	6

Almendra	*Terminalia catappa L.*	0,2	12
Algarrobo	*Samanea saman* (Jacq.) Merr.	0,6	14
Guamá	*Lonchocarpus sericeus (Poir.) Humboldt & al. ex DC.*	0,08	5
Carbonero	*Senna spectabilis (DC.) H. S. Irwin & Barneby*	0,06	4
Guásima	*Guazuma ulmifolia* Lam.	0,18	10
Jubabán	*Trichilia hirta* L.	0,1	6
Ayúa	*Zanthoxylum martinicense (Lam.) DC. subsp. martinicense*	0,16	12
Mamoncillo	*Melicoccus bijugatus* Jacq.	0,08	5

d 1,3 diámetro, H (m) altura

Los resultados mostrados permiten valorar la importancia que tiene para la región el uso adecuado de la vegetación existente, pastos nativos simultaneado con especies arbóreas a la vez que aportan nutrientes al suelo y en un momento dado pueden dar follaje de alto valor proteico a los animales (Ruiz *et al.*, 2014; citado por Roca *et al.*, 2018).

Índice de abundancia o cobertura proporcional:

De acuerdo con la Tabla 3 en el área están presentes diez especies arbóreas, de las cuales solo una (215 individuos del total) posee la categoría de especie Frecuente o numerosa con un índice de abundancia o cobertura proporcional de 39%, cuatro de las especies se ubican en la categoría de ocasional o poco numerosa pues el número de individuos está solo entre 5 y 16%, el resto de las especies se consideran como raras. La especie con mayor presencia es *G. ulmifolia*, lo cual está estrechamente relacionado con las condiciones edáficas de la región además de tratarse de una especie pionera con amplia capacidad de dispersión, alta capacidad germinativa y muy apetecible por animales frugívoros como los murciélagos, dispersores por excelencia de la especie.

Tabla 3. *Índice de abundancia o cobertura proporcional de las especies arbóreas presentes en el agroecosistema ganadero en estudio.*

Especie	cantidad individuos	Índice de abundancia o cobertura proporcional (%)
S. saman	73	13
G. ulmifolia	215	39
C. collococca	30	5
T. hirta	85	16
M. bijugatus	20	4
Z. martinicense	43	8
L. sericeus	20	4
S. spectabilis	20	4
T. catappa	20	4
R. regia	20	4
	546	**100**

Siguen en orden de abundancia *T. hirta* y *S. saman*, la primera de ellas es una especie pionera también, altamente invasora pero no totalmente tolerante a la sombra por lo que no alcanzas los valores de predominancia que pudiera alcanzar en los potreros abiertos, no obstante es una especie a tener en cuenta por su capacidad invasiva, el algarrobo se encuentra en un 13 % de presencia lo cual está dado en buena medida por su capacidad de dispersión por el ganado, de los que suele ser uno de los alimentos preferidos, sobre todo en el periodo poco lluvioso.

Los resultados muestran baja diversidad de especies, resultante del inadecuado manejo llevado a cabo por años en este tipo de bosques, en los que los productores y vecinos han extraído para su uso cotidiano las especies e individuos de mayor valor, sobre todo desde el punto de vista maderero y energético, sin tener en cuenta una política de reforestación adecuada, por otra parte tampoco se han tenido en cuenta las habilidades competitivas de las especies que les permite contribuir al desarrollo de otras de mayor valor, en este caso desde el punto de vista silvopastoril.

Temperatura del aire y humedad del suelo:

De acuerdo con las figuras 1 y 2, existe un efecto positivo de la arborización sobre las variables temperatura del aire y humedad del suelo, esto a la vez está relacionado directamente con la proyección de sombra de cada uno de los individuos, la altura de los árboles, la densidad de la copa y tipo de follaje, así como con la deposición de hojarasca al suelo.

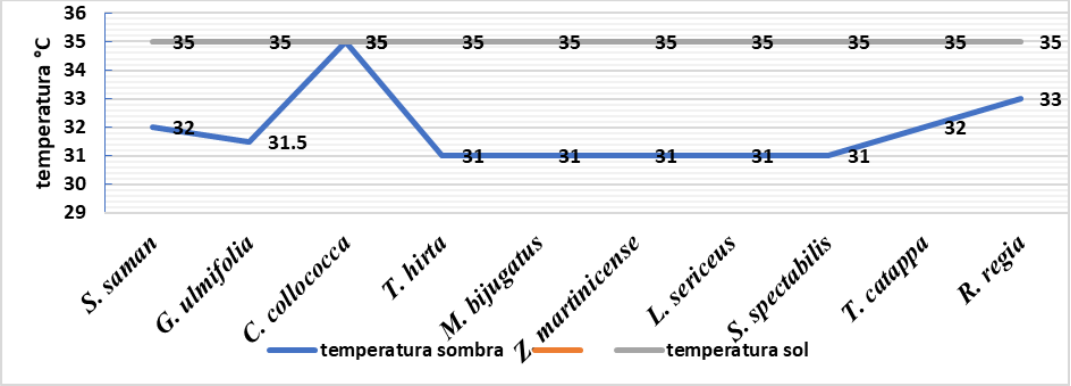


Figura 1. *Promedio de oscilación térmica bajo el dosel de los árboles dispersos en el bosque y la temperatura fuera del dosel.*

En esta investigación, la temperatura del aire osciló entre los 31 y 35 °C, siempre superiores en las áreas a Pleno sol (35 °C) a diferencia de los lugares sombríos (31-31,5°C) en la base de los árboles.

Respecto al porciento de humedad del suelo (figura 2) este osciló entre 40 % al sol y 52% en áreas de sombra, es notable la diferencia debajo de los árboles respecto a las zonas soleadas, lo cual corrobora una vez más el efecto positivo de la arborización sobre el suelo y por consiguiente sobre el microclima de este en beneficio de la fauna edáfica y con esta, la descomposición de la materia orgánica, estos resultados son similares a los obtenidos por Loyola et al. (2024) en condiciones similares.

Los árboles dispersos en potreros y bosquetes dentro de la finca tienen el propósito de generar beneficios como la protección de los suelos de la erosión, la mejora de su fertilidad (hojarasca); y la creación de microclimas que ofrezcan bienestar a los animales, lo cual contribuye favorablemente en la disminución del estrés por calor en el ganado, y en consecuencia mayor consumo de pasto y más productividad de leche o ganancia de peso vivo (Montes *et al.,* 2021). Relativo a la hojarasca depositada por los árboles existen evidencias de consumo por parte de los animales, por lo que constituyen también una fuente adicional de nutrientes, sobre todo en el periodo poco lluvioso.

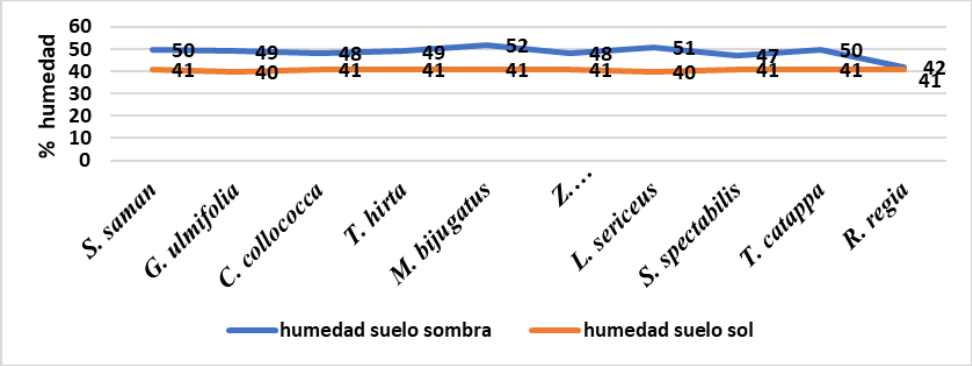


Figura 2. *Promedio de oscilación del porciento de humedad del suelo bajo el dosel de los árboles dispersos en el bosque y fuera del dosel.*

De acuerdo con estos propios autores, el uso de árboles en sistemas de producción tropical reduce potencialmente el estrés calórico de los animales al generar microclimas en las áreas de pastoreo, bajo la copa de los árboles se ha encontrado reducciones de temperatura entre 2 a 9 °C con relación a la encontrada en pastizales abiertos, resultados estos corroborados en este estudio cuyas reducciones de temperatura también estuvieron entre los 3,5 y 4°C.

Según Montes *et al.* (2021), la sombra favorece la eficiencia de las vacas productoras de leche, ya que estas toleran menos el calor debido a la producción de una gran cantidad de calor metabólico en sus procesos digestivos, generado a la vez por el alto consumo de materia seca para mantener buenos niveles de producción.

Los resultados mostrados en esta investigación, corroboran una vez más la importancia de comprender la necesidad de diversificación de las áreas de pastos a través de su integración en sistemas silvopastoriles, considerando además su contribución a la regulación de los procesos climáticos globales, además de conservar y mejorar la calidad de los suelos. Murgueitio *et al.* (2016) aseguran que los sistemas silvopastoriles pueden tener además de la actividad pecuaria otros usos complementarios como la producción de madera y frutos; la contribución a un microclima más benigno, la oferta de hábitat para la fauna silvestre, la regulación hídrica en cuencas hidrográficas y una mayor belleza del paisaje.

La tabla 4 muestran las variables dendrométricas primarias diámetro, altura y la densidad de la madera de cada árbol involucrado en el sistema, el diámetro y la altura de los individuos incluidos en el sistema agroforestal alcanzaron valores promedios que oscilaron para el diámetro entre 0.08 y 0.6 m y para la altura entre 4 y 14 m.

Los árboles presentes en el agroecosistema silvopastoril en estudio retienen aproximadamente 79 594 kg de Carbono, y para lograrlo remueven de la atmósfera 291 315 kg de CO_2, este es un valor instantáneo para el momento del estudio, pues el crecimiento y desarrollo de las plantas es constante, en el continuo proceso fotosintético se elaboran constantemente carbohidratos, incorporándose Carbono a la estructura vegetal el cual es retenido en cada una de sus partes, pero también algunas estructuras foliares y frutos caducan desprendiéndose de la planta también con niveles importantes de Carbono por lo que este valor es variable.

Tabla 4. *Variables dendrométricas, carbono retenido y CO_2 removido por las especies arbóreas presentes en el agroecosistema estudiado*

N. científico	No. individuos	d (m)	altura (m)	Densidad madera (kg/m^3)	Carbono/ especie (kg)	CO_2 removido (kg)
S. saman	73	0.6	14	497	54770	200457
G. ulmifolia	215	0.18	10	517	11111	40665
C. collococca	30	0.14	6	425	494	1808
T. hirta	85	0.1	6	610	1040	3806
M.bijugatus	20	0.08	5	840	188	689
Z. martinicense	43	0.16	12	500	2134	7810

L. sericeus	20	0.08	5	800	166	607
S. spectabilis	20	0.06	4	592	60	219
T.catappa	20	0.2	12	440	1400	5125
R.regia	20	0.4	10	781	8232	30129
	546				**79594**	**291315**

Los niveles de carbono retenido oscilan entre 2.9 y 750.27 kg de carbono determinados individualmente, la especie que menos retiene es *S. spectabilis*, la cual es una especie pionera de crecimiento muy rápido y madera blanda y muy poco densa, por el contrario *S. saman* es la que más retiene, sobre todo por sus dimensiones, consecuentemente los niveles de CO_2 removido oscilan entre 10.93 y 2 745.99 kg de CO_2 que ya no están en la atmósfera aportando al calentamiento global.

Según lo planteado al describir el área de estudio, este bosque posee 24 ha por lo que el carbono determinado corresponde a esta extensión, extrapolados estos valores a la hectárea individual se infiere que la retención de carbono es de 3 316.4 kg/ha y se remueven 12 138.12 kg/ha de CO_2.

Estos resultados son inferiores a los obtenidos por Brown *et al*. (1997), quienes estiman que el Carbono (C) en la biomasa de los bosques primarios y secundarios puede variar entre 60 y 230 y entre 25 y 190 t ha^{-1}, respectivamente.

De acuerdo con los resultados obtenidos, los árboles retienen importantes niveles de Carbono producto de su biomasa, esto sugiere que la reforestación de los sistemas ganaderos es una necesidad impostergable, ya que la cantidad de Carbono retenida por la biomasa supera evidentemente a la del pasto natural, donde no existían árboles, además de las múltiples ventajas de los árboles para el sistema incluido los efectos sobre el clima local y en consecuencia sobre el estrés calórico en los animales.

CONCLUSIONES

- Se identificaron 546 individuos de árboles pertenecientes a diez especies y ocho familias botánicas, la especie con mayor frecuencia es *G. ulmifolia*, lo cual está estrechamente relacionado con las condiciones edáficas del sitio.
- Se comprobó el efecto refrescante de los árboles en el agroecosistema con temperaturas hasta 4 °C inferiores respecto a las áreas expuestas al sol, también la humedad del suelo es mayor en estas condiciones.
- Los árboles presentes retienen importantes cantidades de carbono.

BIBLIOGRAFÍA

Bohmanova, J., Misztal, I. y Cole, J. B. 2007. "Temperature-Humidity Indices as Indicators of Milk Production Losses due to Heat Stress", en J. Dairy Sci., 90, pp. 1947-1956.

Brown, P., Cabarle, B., Livernash, R. 1997. Recuentos de carbono: Estimación de la mitigación del cambio climático en proyectos forestales. Estados Unidos, Instituto de Recursos Mundiales. 25p.

Carabaño, M.J., Logar, B., Bormann, J., Minet, J., Vanrobays, M.L., Diaz, C., Tychon, B., Gengler, N. & Hammami, H. 2016. "Modeling heat stress under different environmental conditions". Journal of Dairy Science, 99(5): 3798–3814, ISSN: 0022-0302, DOI: 10.3168/jds.2015-10212

Ernst, W.M. y Thomas H. 1999. Palma aceitera: el gran cultivo del sudeste asiático: potencial, nutrición y gestión. Conferencia para Asia y el Pacífico, Kuala Lumpur, Malasia, 14-17 de noviembre.

Ghiano, J., Taverna, M., Gastaldi, L., Walter, E. 2014. Manejo del estrés calórico. In: 5ta Jornada Nacional de Forrajes Conservados. 1st Ed. Ed. INTA, CABA. Córdoba, Argentina, p. 211.

Lemaire, G., Giroud, B., Bathily, B., Lecomte, P., & Corniaux, C. 2019. Toward integrated crop-livestock systems in West Africa: a project for dairy production along Senegal river. In: Agroecosystem Diversity. 1st Ed. Ed. Academic Press, Elsevier, London, England. p. 275-285, ISBN: 978-0-12-811050-8, DOI: 10.1016/B978-0-12-811050-8.00017-0

MINAG 2019. Expediente técnico de solicitud de reconocimiento para optar por la categoría de tierras iniciadas en el manejo sostenible de tierras. Ministerio de la Agricultura. Camagüey.



Mercadet, A.; Álvarez, A. y Ajete, A. 2020. La mitigación del cambio climático y el sector forestal cubano. Inst. Investig. Agro-Forestales. La Habana, Cuba. Pp 187

Montes, Hincapié, Martínez y Parra 2021. impacto de la ganadería sobre la calidad del suelo y pasturas en 45 páginas

Murgueitio, E., Uribe, F., Molina, C., Molina, E., Galindo, W., Chará, J., & Solarte, L. 2016. Establecimiento y manejo de sistemas silvopastoriles intensivos con leucaena. Ed. CIPAV, Cali, Colombia, p. 220, ISBN 978-958-9386-75-0

Neri, C. & Briones, F. 2011. Cada quien su sequía. Caracterización de la vulnerabilidad en Sonora, México. In: Perspectivas de investigación y acción frente al cambio climático en Latinoamérica.1st Ed. Ed. Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina, Ciudad de Panamá, República de Panamá, p.119-150, ISBN: 978-980-7519-00-7

Roca, A.; Lascano, P.; Arcos, C.; Cueva, N.; Molina, E. J.; Curbelo, L.; *et al*. 2018. Balance forrajero, de energía y nitrógeno en pastizales arborizados con Algarrobo (*Prosopis juliflora* (S.W.) DC.) bajo pastoreo de vacas leche-ras. Rev. prod. anim., 30 (1), 38-46.

Salinas & Hernández, 2008 P. Guía para el diseño de proyectos MDL forestales y de bioenergía. Turrialba, C.R: CATIE, (2008).

Tiscornia et al., 2022. A agricultura digital (AD) puede aportar soluciones para satisfacer el aumento de la demanda de alimentos saludables, nutritivos y asequibles de manera eficiente y sostenible. América del Sur (SA).

Valdivia-Cruz, J. C., Reyes-González, J. J. y Valdés-Paneque, G.R. 2021. Effect of temperature and humidity index (THI) on the physiological responses of grazing dairy cows Efecto del índice de temperatura y humedad (ITH) en las respuestas fisiológicas de vacas lecheras en pastoreo. *Cuban Journal of Agricultural Science*, Volume 5, Number 1. 21

BMA-77. *Samanea saman* y el fitoclima local, deposición de hojarasca y retención de carbono en paisaje silvopastoril de Camagüey, Cuba.

Y. de la Caridad Rodríguez Mendoza[1]; I. Pérez Cabrera[1,2]; O. Loyola Hernández[2,1**]; C. Vicente Castañeda[1]; C. Pugas Bolivar[1].*

[1]UCTB Estación Experimental Agroforestal Camagüey, Avenida Ignacio Agramonte No 178, Camagüey, Cuba.

[2]Centro de Estudios de Producción Animal (CEDEPA), Universidad de Camagüey "Ignacio Agramonte Loynaz", Ministerio de Educación Superior, Circunvalación Norte km 5½, Camagüey, Cuba.

[3]Departamento de Agronomía, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Camagüey "Ignacio Agramonte Loynaz", Ministerio de Educación Superior, Circunvalación Norte km 5½, Camagüey, Cuba.

[*]Correspondencia a: isaelpc72@gmail.com

[**]Correspondencia a: oscar.loyola@reduc.edu.cu

RESUMEN

La hojarasca es una fuente importante de nutrientes, siendo así el principal aporte orgánico para la formación y fertilidad del suelo. Esta investigación tuvo como objetivo determinar el efecto de *Samanea saman* sobre el fitoclima local, la deposición de hojarasca y la retención de carbono en paisaje silvopastoril de Camagüey, Cuba. Para evaluar la temperatura y humedad relativa se realizaron 30 observaciones, 15 a la sombra e igual cantidad a pleno sol. Para la deposición de hojarasca se realizaron 15 parcelas de muestreo de 0.25 m^2 ubicadas debajo de los árboles, se limpiaron de todo material orgánico y cada 15 días se recolectó y pesó todo el material depositado. Para determinar la temperatura y humedad del suelo se promovió este y se introdujo un termómetro de bulbo durante cinco minutos. Para la humedad se recogió y pesó muestras de suelo de 1kg que se secaron en estufa por un tiempo de 24 horas a 100℃ y se pesaron nuevamente hasta peso constante. El carbono retenido en la hojarasca se determinó a partir de su peso y el coeficiente de carbono. Se comprobó que existe un efecto marcado del arbolado sobre el clima local, este agroecosistema posee un depósito de hojarasca de 22 773.3 kg ha^{-1}, de igual forma resultó en 3 590.38 kg ha^{-1} de carbono retenido y 13 140.8 kg ha^{-1} de CO_2 removidos de la atmósfera. Se puede concluir que *S. saman* produce un efecto positivo sobre el fitoclima local y aporta importantes cantidades de hojarasca al suelo y en consecuencia retiene apreciables cantidades de carbono.

Palabras clave: *Suelo, humedad, temperatura*

ABSTRACT

Litterfall is an important source of nutrients, serving as the main organic contribution to soil formation and fertility. This research aimed to determine the effect of Samanea saman on the local phytoclimate, litter deposition, and carbon sequestration in a silvopastoral landscape of Camagüey, Cuba. To evaluate temperature and relative humidity, 30 observations were made, 15 in the shade and an equal number in full sun. For litterfall deposition, 15 sampling plots of 0.25 m2 were established beneath the trees, cleared of all organic material, and all deposited material was collected and weighed every 15 days. To determine soil temperature and humidity, the soil was disturbed, and a bulb thermometer was inserted for five minutes. For humidity, 1 kg soil samples were collected and weighed, then dried in an oven for 24 hours at 100℃ and weighed again until a constant weight was achieved. The carbon retained in the litterfall was determined from its weight and the carbon coefficient. It was found that the trees have a marked effect on the local climate. This agroecosystem has a litterfall deposit of 22,773.3 kg ha-1, and similarly resulted in 3,590.38 kg ha-1 of carbon retained and 13,140.8 kg ha-1 of CO2 removed from the atmosphere. It can be concluded that S. saman has a positive effect on the local phytoclimate and contributes significant amounts of litterfall to the soil, consequently retaining appreciable amounts of carbon.

Keywords: *Soil, humidity, temperature*.

INTRODUCCIÓN

La agricultura se ha practicado durante más de 10 000 años, durante este tiempo no solo proporcionó alimentos, refugio y medios de vida, sino también, conocimientos, tradiciones, innovaciones y servicios ecosistémicos. Sin embargo, llevó a numerosos ecosistemas más allá de su capacidad, hoy resulta necesario incrementar cada vez más la sostenibilidad de los sistemas agroalimentarios y revertir la degradación de los ecosistemas y los efectos del cambio climático, formulando soluciones adaptadas a las características propias de una región o país (FAO, 2017).



Los árboles dispersos son componentes predominantes de muchos paisajes de origen antropogénico, en particular en sistemas de pastoreo de ganado (Rivest, Paquette, Moreno, & Messier, 2013). En los pastizales, los árboles dispersos aumentan el carbono orgánico y los nutrientes del suelo (Aryal, Gómez-González, Hernández-Nuriasmú, & Morales-Ruiz, 2018; Avendaño-Yáñez, López-Ortiz, Perroni, & Pérez-Elizalde, 2018).

La introducción de tecnologías silvopastoriles en los sistemas ganaderos tropicales, al tiempo que mejora la calidad nutricional de la dieta, contribuye a disminuir la emisión de metano de los bovinos. También ayuda a recuperar áreas degradadas, al permitir el mejoramiento de la fertilidad del suelo a través del aporte de nitrógeno atmosférico y el reciclaje de nutrientes, mejora la captura de carbono, la protección de la biodiversidad y de las fuentes de agua (Loyola *et al*., 2019, 2024).

Según Doll *et al*. (2018) la producción de hojarasca es esencial para el aporte de energía y nutrientes al suelo por su capacidad de descomposición asociada a la fauna edáfica, lo que constituye un flujo de nutrientes rápidamente mineralizables.

Crespo (2001) citado por Crespo (2008) encontró que la inclusión de especies arbóreas forrajeras en pastizales nativos dedicados a la ceba de vacunos, contribuyó favorablemente al incremento de la acumulación de hojarasca y al balance de nitrógeno en los sistemas estudiados. Fernández (2006) aseguró que su inclusión es de gran importancia, pues posibilita el desarrollo de una amplia fauna edáfica que mediante su nutrición favorecen la estructura del suelo, al realizar profundas galerías que contribuyen a mejorar la circulación del aire y el agua, que ayuda al establecimiento de otros grupos taxonómicos en él.

La cantidad y la calidad de la hojarasca están vinculadas al ciclo de los nutrientes en los ecosistemas terrestres (Dutta & Agrawal, 2001), puesto que las hojas son la fuente principal de materia orgánica para el suelo (Sayer & Tanner 2010).

La descomposición de la hojarasca depende de su composición química (Loranger, Ponge, Imbert, & Lavelle, 2002), principalmente del contenido de lignina, ya que controla la tasa de descomposición de los residuos de las plantas (Rahman, Tsukamoto, Rahman, Yoneyama, & Mostafa, 2013). La relación lignina/nitrógeno (L/N) regula el proceso de descomposición; las relaciones bajas aceleran la degradación y la liberación de nutrientes hacia el suelo (de Oliveira et al., 2016).

En el marco del proyecto Laif Agroverde financiado por la Unión Europea, se desarrolló esta investigación que tiene como **objetivo**: Determinar el efecto de *Samanea saman* sobre el fitoclima local, la deposición de hojarasca y la retención de carbono en paisaje silvopastoril de Camagüey, Cuba.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio.

La investigación trascurrió en un periodo de dos meses abril y mayo del 2024 en la Finca Taburete perteneciente al productor Fernando Rodríguez González de la CCS Camilo Cienfuegos del Municipio Jimaguayú, situada a los $21^{0}130´753´´$ de Latitud Norte y $77^{0}564´368´´$ de Longitud Oeste. Esta posee un área total de 107.36 ha, área boscosa: 65.26 ha, área de cultivo 3.67 ha, área forrajera: 0.6 y área deforestada: 37.83 ha.

Suelo y clima

En la finca hay presencia de un tipo de suelo, representados por un subtipo, según Segunda Clasificación Genética de los Suelos de Cuba, Fersialítico Pardo Rojizo; Típico (VIIIA)- (33.25 ha / 33.25 %) y Pardos sin Carbonatos; Típico (IXA)- (74.11 ha / 66.75 %). En sentido general, son suelos con adecuadas aptitudes físicas, químicas y morfológicas para su utilización en forrajes, pastos artificiales y naturales y además para viandas, hortalizas y granos, siempre que la profundidad efectiva lo permita y se realice una adecuada rotación de cultivo.

El clima no difiere grandemente de la provincia: un período de lluvias de mayo a octubre exuberante en el que se registran más del 70% de las precipitaciones del año, que oscilan entre 1 200 y 1 400 mm; un período de seco que va desde noviembre hasta abril, siendo el promedio por meses es de 35 mm y una temperatura media de 28 °C, oscilando entre los 25 y los 33 °C

Temperatura, humedad relativa

Para la evaluación de estas variables se realizaron un total de 30 observaciones, 15 a la sombra de *S. saman* e igual cantidad de mediciones en áreas a pleno sol. Las medidas de temperatura ambiental (ºC) y humedad relativa (%) se tomaron a 1.20 m de altura. Las observaciones se realizaron al medio día (Bohmanova et al., 2007).

Temperatura y humedad del suelo

Para determinar la temperatura y humedad del suelo se promovió este en las mismas parcelas donde se evaluó la deposición de hojarasca e igual número en áreas fuera de dosel (sol), una vez promovido se introdujo un termómetro de bulbo durante cinco minutos, de esta forma se determinó la temperatura del suelo. Para el caso de la humedad se extrajo en cada punto de muestreo 1 kg de suelo el cual se pesó inicialmente y luego se colocó en una estufa por un periodo de 24 horas a 100-105 °C y se pesó nuevamente hasta obtener un peso constante.

Deposición de hojarasca

Se realizaron 15 parcelas de muestreo de 0,50 x 0,50 m las cuales se ubicaron aleatoriamente debajo de los árboles, se limpiaron de malezas y todo tipo de material orgánico y cada 15 días se recolectó y pesó todo el material depositado a partir de la defoliación natural de los árboles (Fuentes *et al.*, 2018).

Carbono retenido en la hojarasca

Para determinar el carbono retenido se colocó la hojarasca en bolsas de plástico de acuerdo al nivel de descomposición y se registran los pesos frescos totales obtenidos en cada 0,25 m², de éstas se extraen submuestras de aproximadamente 300 a 400 gramos, las cuales son colocadas en bolsas de papel debidamente identificadas para luego ser registrados los pesos y proceder al secado en horno de aire caliente a 75°C hasta obtener un peso seco constante para cada submuestra. Este peso seco se llevó a t/ha y se multiplica por los valores de porcentaje de carbono.

Determinación del Carbono Total:

$$C = Bhs \times \% C/100$$

Donde: C = Carbono en biomasa de hojarasca seca (t/ha)

Bhs = Biomasa seca de hojarasca (t/ha)

%C = Porcentaje de carbono en biomasa de hojarasca (46.37%)

Análisis estadísticos

Se determinaron los estadísticos descriptivos (Media y CV), previo a estos análisis se comprobó la distribución normal de los datos y la homogeneidad de la varianza. La primera a través del sesgo estandarizado y la curtosis estandarizada y la segunda a través de la Prueba-F para comparar las Desviaciones Estándar y las varianzas de las muestras. Los análisis se desarrollaron con el paquete estadístico StatGraphics Centurion XV Versión 15.2.06 (2007).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Temperatura ambiental y del suelo, humedad relativa y humedad del suelo

De acuerdo con la tabla 1, existe un efecto marcado del arbolado de *S. saman* sobre el clima local (fitoclima) tanto sobre la temperatura ambiente y humedad relativa como sobre la temperatura y humedad del suelo.

Tabla 1. *Temperatura ambiental y del suelo, humedad relativa y humedad del suelo fuera y bajo el dosel de S. saman*

Condición ambiente	Temperatura ambiente (°C)	Humedad relativa (%)	Temperatura suelo (°C)	Humedad del suelo (%)
Bajo dosel	28.8467	67.3467	26.0	21.1307
CV %	1.03888	1.2869	3.2505	18.7386
sol	34.5267	61.5467	31.58	15.9013
CV %	0.6877	0.4869	0.9811	20.1675
Diferencia	**-5.68**	**+5.8**	**-5.58**	**+5.22**

Según se puede apreciar, la temperatura ambiente es 5.6 °C inferior debajo de los árboles respecto a las áreas a pleno sol, similar ocurre con la humedad relativa la cual es superior debajo de los árboles, e igual comportamiento siguen las otras variables.



Existe un efecto positivo de la arborización sobre la variable temperatura del aire, esto a la vez está relacionado directamente con la proyección de sombra de cada uno de los individuos, la altura de los árboles, la densidad de la copa, tipo de follaje y época del año.

Estos resultados son similares a los obtenidos por Montes *et al*. (2021), quienes plantean que bajo la copa de los árboles se ha encontrado reducciones de temperatura entre 2 a 9 °C con relación a la encontrada en pastizales abiertos, resultados estos corroborados en este estudio cuyas reducciones de temperatura también estuvieron entre los uno y 5°C. Para el caso de la humedad relativa también existieron diferencias, oscilando entre 74 y 79 % al sol y a la sombra del dosel, respectivamente. Poveda *et al.* (2021) comprobaron una disminución de 3 a 4 °C en la temperatura y un aumento de 3 a 10 % para la humedad relativa entre áreas con y sin vegetación, respectivamente, estos propios autores aseguran que además de la disminución de la temperatura, el aumento de la humedad relativa también contribuye a la mejora microclimática del ecosistema.

La presencia de árboles en altas densidades en los potreros produce sombra, reduce las altas temperaturas, mejora la productividad y calidad de los forrajes, mantiene la humedad de los suelos, reduce la estacionalidad de la producción de carne y leche, y favorece la producción y reproducción de los bovinos (Murgueitio *et al*., 2014).

Según el mismo autor, bajo las condiciones climáticas de la región del Caribe seco colombiano los SSPi reducen entre 2 y 3 ºC la temperatura promedio anual llegando a ser esa disminución hasta de 13ºC en los días más calurosos, incrementan la humedad relativa entre 10 y 20%, y reducen la evapotranspiración en aproximadamente 1,8 mm/día, factores que demuestran la capacidad que poseen estos sistemas de mitigar el impacto del CC y permitir la adaptación de la bovinocultura a la nueva realidad climática.

Deposición de hojarasca

De acuerdo con la tabla 2, este agroecosistema posee un depósito de hojarasca de 22 773.3 kg ha^{-1}, partiendo de una deposición media por metro cuadrado de 2.27 kg.

Tabla 2. *Deposición de hojarasca media por evaluación.*

Especie	kg/m^2	kg ha^{-1}
S. saman	2.27	22 773.3
CV %	40.8671	40.8671

La deposición de hojarasca varió de 1.18-3.9 kg/m^2, que significa valores entre 11 y 39 t ha^{-1} a pesar de la media ser 22 t ha^{-1}. Estos resultados son superiores a los reportados por Fuentes *et al*. (2018) quienes obtuvieron niveles anuales de hojarasca de 0,47 t ha^{-1} para el periodo poco lluvioso y 0,10 t ha^{-1} para el periodo lluvioso, en ecosistemas de bosques naturales, superiores también a los obtenidos por Triana *et al*. (2014) quienes reportaron deposiciones mensuales en cercas vivas, en este caso sobre suelos fersialíticos de 332,0 ± 0,05 kg ha^{-1}.

Otros autores como Hernández y Hernández (2005) también estudiaron la deposición de hojarasca de *G. sepium* y encontraron valores de 2,6 t MS ha^{-1}/año. Estos autores plantean que, la hojarasca, contribuye a mantener la humedad del suelo, lo cual a su vez permiten la acción de los microorganismos de forma regulada. De esta forma se logra un equilibrio entre el dosel de la vegetación, la hojarasca, los organismos descomponedores de la materia orgánica.

Según Moreno *et al*. (2018) a través del proceso de defoliación, la hojarasca en un inicio cumple la función de cobertura y posteriormente incorpora los nutrientes a través de su descomposición; este proceso aumenta la calidad de los pastos, sobre todo si pertenecen a especies leguminosas que fijan nitrógeno al suelo y tienen alto nivel proteico en las hojas.

El dosel de los bosques y arboledas, suministra MO al suelo, regula su temperatura y posibilita mejores condiciones para el desarrollo de la edafofauna; en consecuencia, el suministro de nutrientes ocurre de forma continua (FAO, 2017). Este proceso contribuye a contrarrestar la erosión del suelo, y desertificación.

La producción y descomposición de la hojarasca son esenciales para la conservación y recuperación de formaciones vegetales, estos procesos contribuyen a la circulación de nutrientes, por lo que es necesario conocer los aportes de materia orgánica que realizan las diferentes especies vegetales y condiciones edafoclimáticas para garantizar el retorno de los nutrientes. Hernández y Simón (1994), al determinar la deposición de hojarasca de *Albizia lebbeck* en el suelo, obtuvieron valores de 10 y 13.6 t/ha^{-1} en lluvia y seca respectivamente, valores similares a los obtenidos en este estudio.

Carbono retenido en la hojarasca

De acuerdo con los resultados mostrados en la tabla 2 relativo a los niveles de hojarasca depositados por *S. saman*, en este agroecosistema se depositan 22 773.3 kg $ha^{-1,}$ luego del secado mostraron un 34 % de MS equivalente a 7 742.92 kg MS ha^{-1}, considerando 46.37% de carbono resultó en 3 590.38 kg ha^{-1} de carbono retenido y 13 140.8 kg ha^{-1} de CO_2 removidos de la atmósfera.

En estudios desarrollados por Concha (2007) estimó que el aporte de carbono por parte de la hojarasca en un sistema agroforestal con cacao es de 4.5 t/ha, de acuerdo con este autor se observa un mayor aporte debido a que el cultivo de Cacao se encuentra dentro de un bosque, siendo el promedio aportado de 9.16 t/ha y el rango máximo de 18.93 t/ha

Ortiz y Riascos (2006) obtuvieron en sistemas de Café (var.mejorada)-Inga y Café (var.tradicional)-Inga aportes de 5.59 t/ha y 7.81 t/ha respectivamente, se deduce que el sistema de café variedad tradicional aporta mayor carbono debido a la mayor presencia de hojarasca durante los muestreos y el distanciamiento de siembra de 6x6m, esto corrobora lo descrito por Ortiz y Riascos (2006) quienes verificaron que el carbono almacenado disminuía a medida que el distanciamiento de siembra era mayor.

Alegre et al. (2001) encontró en sistemas de Castaña brasilera con Café una retención de carbono de 4.41 t/ha. Según estudios realizados sobre el aporte de carbono total de la hojarasca en sistemas de bosques secundarios estuvo en el rango de 4.03 a 2.96 t/ha, dentro de este rango se encuentra el valor de aporte obtenido en este estudio. Según lo descrito por Alegre et al. (2001) un bosque secundario puede retener 3.68 t/ha de C.

CONCLUSIONES

- *S. saman* produce un efecto positivo sobre el fitoclima local con descensos de la temperatura ambiental y del suelo e incrementos de la humedad relativa.
- Se comprobó que la especie aporta importantes cantidades de hojarasca al suelo y en consecuencia retiene apreciables cantidades de carbono.

BIBLIOGRAFÍA

Rivest, D., Paquette, A., Moreno, G., & Messier, C. 2013. A meta-analysis reveals mostly neutral influence of scattered trees on pasture yield along with some contrasted effects depending on functional groups and rainfall conditions. Agriculture Ecosystems and Environment, 165, 74–79. doi: 10.1016/j.agee.2012.12.010.

Aryal, D. R., Gómez-González, R. R., Hernández-Nuriasmú, R., & Morales-Ruiz, D. E. 2018. Carbon stocks and tree diversity in scattered tree silvopastoral systems in Chiapas, Mexico. Agroforestry Systems, 93(1), 213–227. doi: 10.1007/s10457-018-0310-y.

Avendaño-Yáñez, M. L., López-Ortiz, S., Perroni, Y., & Pérez-Elizalde, S. 2018. Leguminous trees from tropical dry forest generate fertility islands in pastures. Arid Land Research and Management,32(1), 57–70. doi: 10.1080/15324982.2017.1377782

Dutta, R. K., & Agrawal, M. 2001. Litterfall, litter decomposition and nutrient release in five exotic plant species planted on coal mine spoils. Pedobiologia, 45(4), 298–312. doi: 10.1078/0031-4056-00088

Sayer, E. J., & Tanner, E. V. J. 2010. Experimental investigation of the importance of litterfall in lowland semi- evergreen tropical forest nutrient cycling. Journal of Ecology, 98(5), 1052–1062. doi: 10.1111/j.1365-2745.2010.01680.x

Loranger, G., Ponge, J. F., Imbert, D., & Lavelle, P. 2002. Leaf decomposition in two semievergreen tropical forests: influence of litter quality. Biology and Fertility of Soils, 35(4), 247–252. doi: 10.1007/s00374-002-0467-3

Rahman, M. M., Tsukamoto, J., Rahman, M. M., Yoneyama, A., & Mostafa, K. M. 2013. Lignin and its effects on litter decomposition in forest ecosystems. Chemistry and Ecology, 29(6), 540–553. doi: 10.1080/02757540.2013.790380

de Oliveira, A. V. X. O., Dubeux, J. C. B. Jr., de Andrade, L. M., Sampaio, E. V. S. B., Oliveira de Amorim, S., Gomes de Miranda, N., & Muir, J. P. 2016. Arboreal legume litter nutrient contribution to a tropical silvopasture. Agronomy Journal, 108(6), 2478–2484. doi: 10.2134/agronj2016.02.0120

Bohmanova, J., Misztal, I. y Cole, J. B. 2007. "Temperature-Humidity Indices as Indicators of Milk Production Losses due to Heat Stress", en J. Dairy Sci., 90, pp. 1947-1956.

Fuentes, N., Rodríguez, J. Y Isenia, S. 2018. Caída y descomposición de hojarasca en los bosques ribereños del manantial de Cañaverales, Guajira, Colombia. Acta Biológica Colombiana, 23(1), 115-123. https://doi.org/10.15446/abc.v23n1.62342

Concha, J., Alegre, J., Pocomucha, V. 2007. Determinación de las reservas de carbono en la biomasa aérea de sistemas agroforestales de Theobroma cacao L. en el departamento de San Martín. Ecología Aplicada, 6: 1-2. Perú.

Ortiz, A.; Riascos, L. 2006. Almacenamiento y fijación de carbono del sistema agroforestal Cacao Theobroma cacao y laurel Cordia alliodoraen la reserva indígena de talamanca. Costa Rica. 111 pp.



Alegre J., Arévalo L., Ricse A., Callo-Concha D., Palm C. 2001. Carbon sequestration for different land use systems in the humid tropics of Peru. Annual Meeting of American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America. Charlotte North Carolina October 21-25.

Montes, A., Hincapié, K. L., Martínez, V. J., & Parra, G. A. 2021. Impacto de la ganadería sobre la calidad del suelo y pasturas en el Caquetá. Editorial Universidad de la Amazonia. http://www.uniamazonia.edu.co

Murgueitio, E., Chará, J., Barahona, R., Cuartas, C., & Naranjo, J. 2014. Los sistemas silvopastoriles intensivos (SSPI), herramienta de mitigación y adaptación al cambio climático. Tropical and Subtropical Agroecosystems,17(3): 501-507.

Poveda, Y. A., Ferreira, L., & Martini, A. 2021. Influencia del tamaño de los árboles en la mejora del microclima urbano en Viçosa-MG, Brasil. Revista Forestal Mesoamericana Kurú, 18(43), 53–61. https://doi.org/10.18845/rfmk.v19i43.5809

Loyola Hernández, O., Triana González, D., Pérez Cabrera, I., & Sánchez Jerez, V. 2024. Microclima y fauna edáfica asociada a tres densidades de arborización en finca ganadera del municipio Jimaguayú. *Revista de Producción Animal, 36(3).* https://apm.reduc.edu.cu/index.php/rpa/article/view/e160

Loyola, O., Triana, D., Tejas, O., Malpica, L., & Lezcano, C. M. 2019. Efecto de *Samanea saman* (Jacq.) Merr. sobre la agroproductividad del pasto en un sistema silvopastoril. Rev. Prod. Anim., 31(2), 9-17. https://revistas.reduc.edu.cu/index.php/rpa/article/view/e2800

Hernández, M. y Hernández, I. 2005. Utilización de arbóreas como abono verde y manejo de la defoliación en sistemas de corte y acarreo. En El silvopastoreo: un nuevo concepto de pastizal (capítulo 7). Guatemala: Editorial universitaria.

Hernández, I. y Simón, L. 1994. Razones para em-plear plantas perennes leñosas en la ganadería va-cuna. Taller Internacional "Sistemas Silvopastoriles en la Producción Ganadera, EEPF "Indio Hatuey", Matanzas, Cuba.

Fernández, L. A. 2006. Efecto del grado y tipo de arborización en la producción de leche en Cama-güey. Tesis de maestría en pastos y forrajes, Universidad de Camagüey, Camagüey, Cuba.

Crespo, G. 2008. Importancia de los sistemas silvopastoriles para mantener y restaurar la fertilidad del suelo en las regiones tropicales. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, 42(4), 329.

Moreno Valdez, M. E., Domínguez Gómez, T. G., Alvarado, M. D. S., Colín, J. G., Corral Rivas, S., & González Rodríguez, H. 2018. Aporte y descomposición de hojarasca en bosques templados de la región de El Salto, Durango. Revista Mexicana de Ciencias Forestales, 9(47), 70–93. https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i47.180

Doll, U., Araya, P., Soto-Cerda, L., Aedo, D., & Vizcarra, G. 2018. Producción y composición de la hojarasca en un renoval pre andino de Nothofagus glauca de la región del Maule. Bosque (Valdivia), 39(1), 151-156. https://doi.org/10.4067/S0717-92002018000100151

FAO. 2017. Conservación de los recursos naturales para una Agricultura sostenible. http://www.fao.org/3/a i5754s.pdf

BMA-78. Potencial de mitigación climática de tres cultivos proteicos en Mayabeque, Cuba

Climate mitigation potential of three protein crops in Mayabeque, Cuba

Y. Rodríguez Gago[1*] *y N. Báez Quiñones*[2]

[1] Empresa de Proyectos e Ingeniería UEB Servicios Ingenieros Mayabeque, Calle 42 No. 8901 e/89 y 89A Güines, Mayabeque, Cuba.

[2] Instituto de Ciencia Animal, Carretera Central km 47 ½, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba

[*]Correspondencia a: yoelrodriguezgago@gmail.com

RESUMEN

El presente trabajo utiliza la metodología de análisis basada en el Nivel 1 del IPCC para estimar la captura y almacenamiento de carbono en plantas proteicas (moringa, morera y tithonia) en la provincia de Mayabeque, Cuba. Se recopilaron datos base sobre la superficie sembrada de cada especie, junto con factores referenciales de captura de carbono ajustados para condiciones tropicales, combinando información del IPCC (2019) y estudios locales y regionales. La biomasa aérea anual promedio es de 8.2 t/ha para moringa, 6.5 t/ha para morera y 9.8 t/ha para tithonia, con un contenido de carbono en biomasa que varía entre 44.3% y 47.5%. Se utiliza un factor raíz para estimar la biomasa subterránea, que oscila entre 0.25 y 0.32 por especie. La fórmula simplificada para el cálculo total del carbono toma en cuenta estas variables multiplicadas por las hectáreas sembradas, convergiendo los resultados a toneladas equivalentes de CO_2 mediante un factor de conversión. La recopilación de datos reveló una superficie total sembrada de 295.64 hectáreas, con tithonia concentrando más del 90% de las áreas sembradas. La biomasa aérea y raíz, junto con el carbono contenido, se tradujeron en una captura total estimada de carbono superior a 1400 toneladas, equivalente a más de 5700 toneladas de CO_2. Estos resultados preliminares ofrecen una base técnica para evaluar el aporte de estas especies a la mitigación del cambio climático a través del secuestro de carbono en la provincia Mayabeque, destacando los beneficios ambientales y productivos de su cultivo y manejo adecuado.

Palabras clave: *cambio climático, captura de carbono, plantas proteicas*

ABSTRACT

This study uses the IPCC Tier 1 analysis methodology to estimate carbon sequestration and storage in protein plants (moringa, mulberry, and tithonia) in Mayabeque Province, Cuba. Baseline data on the planted area of each species were collected, along with reference carbon sequestration factors adjusted for tropical conditions, combining information from the IPCC (2019) and local and regional studies. The average annual aboveground biomass is 8.2 t/ha for moringa, 6.5 t/ha for mulberry, and 9.8 t/ha for tithonia, with a biomass carbon content ranging from 44.3% to 47.5%. A root factor is used to estimate belowground biomass, ranging from 0.25 to 0.32 per species. The simplified formula for calculating total carbon takes these variables into account multiplied by the planted hectares, converting the results to equivalent tons of CO_2 using a conversion factor. Data collection revealed a total planted area of 295.64 hectares, with Tithonia accounting for more than 90% of the planted areas. Aboveground and root biomass, along with the carbon content, resulted in a total estimated carbon sequestration of more than 1400 tons, equivalent to more than 5700 tons of CO_2. These preliminary results provide a technical basis for evaluating the contribution of these species to climate change mitigation through carbon sequestration in Mayabeque province, highlighting the environmental and productive benefits of their cultivation and proper management.

Keywords: *carbon capture, climate change, protein plants*

INTRODUCCIÓN

La estimación de la captura y almacenamiento de carbono en ecosistemas agrícolas y agroforestales es fundamental para comprender su contribución a la mitigación del cambio climático (IPCC, 2019). En este contexto, la metodología de análisis basada en el Nivel 1+ del Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC) proporciona un enfoque simplificado pero mejorado, que combina factores de emisión genéricos con ajustes locales para reflejar condiciones específicas, como las presentes en Cuba y otras regiones tropicales (Álvarez *et al.*, 2021; FAO, 2022; Ruiz, 2023).

Las especies proteicas estudiadas, moringa (*Moringa oleifera*), morera (*Morus* sp.) y tithonia (*Tithonia diversifolia*), presentan características particulares en cuanto a biomasa y contenido de carbono, elementos críticos para el cálculo de su capacidad de captura de carbono (Álvarez et al., 2021; FAO, 2022; Ruiz, 2023).

La fórmula utilizada para estimar el carbono total secuestrado incluye la biomasa aérea y subterránea multiplicadas por sus respectivos factores de carbono, el área sembrada y un factor de conversión para expresar el carbono en toneladas equivalentes de CO_2 (IPCC, 2019). Este cálculo se complementa con ajustes por edad del cultivo y tipo de suelo, considerando la variabilidad en Ferralsoles y Vertisoles de la región de Mayabeque (Ministerio de Agricultura, 2020).



El levantamiento realizado en diferentes municipios y entidades agropecuarias de Mayabeque mostró que la tithonia concentra el 91.02% de las hectáreas sembradas, seguida por la morera y la moringa. (Rodríguez, 2025).

Este trabajo aporta una base técnica y actualizada que respalda la incorporación de cultivos proteicos en estrategias nacionales y regionales para la gestión sostenible del carbono y la adaptación frente al cambio climático, en línea con las recomendaciones globales del IPCC.

MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología empleada para la estimación de la captura y almacenamiento de carbono se basa en el Nivel 1+ del IPCC, que combina factores de emisión genéricos con ajustes locales para mejorar la precisión en contextos tropicales como la provincia de Mayabeque, Cuba. La recopilación de datos base incluyó variables clave como la cantidad de hectáreas sembradas por especie, obtenidas a partir de registros empresariales 2021-2023, validados con GPS y Sistemas de Información Geográfica (SIG). Además, se recopilaron datos sobre la edad promedio de las plantaciones a través de entrevistas y observaciones en campo, determinándose un rango de 1 a 2 años (tabla 1).

Tabla 1. *Recopilación de datos base*

Variable	Fuente	Resultado
Hectáreas por Organizaciones Superiores de Dirección Empresarial (OSDE), Empresa y municipio	Registros empresariales (2021-2023) y verificación con GPS y SIG	Cantidad de hectáreas por especie
Especies sembradas	Informes técnicos o encuestas	% moringa, % morera, % tithonia
Edad promedio de plantaciones	Entrevistas y verificación en campo	rango: 1-2 años

Los factores referenciales de captura, ajustados para las condiciones cubanas, incluyen biomasa aérea, porcentaje de carbono en la biomasa y factor raíz (relación biomasa subterránea/biomasa 7i7aérea). Por ejemplo, la moringa presenta una biomasa aérea de 8.2 ± 1.5 t/ha/año, con un carbono del 47.5% y un factor raíz de 0.28 (Álvarez et al., 2021). Estos parámetros provienen del IPCC (2019) en su Volumen 4 y estudios locales adaptados a condiciones tropicales y caribeñas (FAO, 2022; Ruiz, 2023).

La ecuación simplificada para el cálculo total de carbono es una adaptación de la metodología estándar de las Directrices del IPCC 2006 y su Refinamiento del 2019 en el Volumen 4, Capítulo 4. Esta utiliza la suma de hectáreas por especie multiplicada por la biomasa aérea, el factor de carbono, el factor raíz y un factor de conversión de carbono a CO_2 (3.67). (IPCC 2006, 2019).

$$\textbf{Carbono total (t } CO_2e\textbf{)} = \Sigma\ [Ha \times (BA \times FC + BA \times FR \times FC) \times 3.67]$$

Donde:

- **Ha**: Hectáreas por especie;
- **BA**: Biomasa aérea anual (t/ha);
- **FC**: Fracción de carbono en biomasa (%);
- **FR**: Factor raíz (biomasa subterránea/biomasa aérea);
- **3.67**: Factor de conversión C a CO_2

Como supuestos críticos, se consideraron densidades estándar por especie para estimar la biomasa. Esta metodología permite un análisis robusto y adaptable para proyectos de mitigación en sistemas agroforestales y cultivos proteicos.

Los factores de captura referenciales (tabla 2), ajustados para condiciones tropicales cubanas, consideraron biomasa aérea (t/ha/año), contenido de carbono (% biomasa) y factor raíz (biomasa subterránea / aérea), con valores específicos para moringa (8.2 t/ha, 47.5%, 0.28), morera (6.5 t/ha, 46.1%, 0.32) y tithonia (9.8 t/ha, 44.3%, 0.25), basados en estudios locales y datos IPCC 2019.

Los supuestos clave incluyeron densidades de siembra estándar: 10000 plantas/ha para tithonia, 1000-2500 para moringa y 1000-2000 para morera.

Tabla 2. *Factores referenciales de captura para las especies en estudio*

Especie	Biomasa aérea (t/ha/año)	Carbono (% biomasa)	Factor raíz	Referencia
Moringa	8.2 ± 1.5	47.5%	0.28	Álvarez et al. (2021)*
Morera	6.5 ± 1.2	46.1%	0.32	FAO (2022)**
Tithonia	9.8 ± 2.1	44.3%	0.25	Ruiz (2023)***

Esta combinación metodológica adaptada a condiciones locales permitió realizar estimaciones de captura de carbono para el análisis y monitoreo en sistemas de producción agrícola y agroforestal en la región.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados preliminares (tabla 3) muestran que la tithonia concentra la mayor superficie sembrada en Mayabeque, lo que representa más del 91% del total de hectáreas estudiadas, seguida por morera y moringa. Además, se observa como el Grupo Empresarial Ganadero (GEGAN) es el organismo que más hectáreas de tithonia tiene plantadas. Esto demuestra que esta especie se ha desarrollado ampliamente en el sector ganadero de Cuba por sus potencialidades como alimento del ganado tanto en especies monogástricas como en rumiantes. Rodríguez (2017) señala a tithonia como una especie promisoria para la alimentación de diferentes categorías animales, así como su rol en la generación de servicios ecositémicos como el secuestro de carbono y de gases de efecto invernadero.

Aunque se ha extendido ampliamente el empleo de estas especies en la región, aún es insuficiente. Se debe continuar trabajando e incentivando a los productores para que incrementen el uso de plantas proteicas. En los últimos años se han realizado varias investigaciones que muestran nuevas formas para la mejor propagación y desarrollo de sistemas de alimentación animal con tithonia, morera y moringa. Su aplicación en campo es crucial para el fomento de una ganadería sostenible.

La suma total de carbono estimado en biomasa aérea y raíces supera las 1400 toneladas, equivalente a más de 5700 toneladas de CO_2, subrayando la importancia de estas especies en la captura de carbono local y la mitigación ambiental. En términos de biomasa aérea anual, la tithonia también lidera con 9.8 t/ha, lo que se traduce en una importante capacidad de captura de carbono total (1460.26 t C) (tabla 4), superando ampliamente a las otras dos especies. La biomasa subterránea y la conversión a carbono equivalente de CO_2 reflejan el potencial significativo de estas plantas para la mitigación del cambio climático a nivel local.

Tabla 3. *Recopilación de datos base*

OSDE	Empresa Agropecuaria	Municipio	Cantidad de unidades productivas	Moringa (ha)	Morera (ha)	Tithonia (ha)	Área Total (ha)
GEGAN	Valle del Perú	San J de las Lajas	68	1.51	0.84	63.12	65.47
		Jaruco	34	0.705	0.02		0.725
	El Cangre	Güines	23		0.78	17.51	18.29
		San Nicolás de Bari	13	0.456	0.6	6.8	7.856
		Madruga	5		1.32	2.23	3.55
	Genética del Este	Madruga	53	0.44	0.45	87.04	87.93



	3	**Sun-Total**	**196**	**3.11**	**4.01**	**176.7**	183.821
Grupo Azucarero (AZCUBA)	Derivados	Quivican	8		3.66	3.58	7.24
	APA Boris Luis	Madruga	9	0.05	0.16	2.53	2.74
		Jaruco	4		1.5	7.03	8.53
	APA Mañalich	Güines	1		1		1
	APA H. Molina	Nueva Paz	3			2.623	2.623
		San Nicolás					0
	APA Fajardo	Bejucal	2		0.5	1.15	1.65
		Quivican	2		0,05	0,054	0,104
	5	**Sun-Total**	**29**	**0.05**	**6.87**	**16.967**	23.887
Grupo Empresarial Agroforestal (GEAF)	Emp. Agrop. Nazareno	San J de las Lajas	10	0.07	0.404	1.353	1.827
	Emp. Agrop. Miguel Soneira	Güines	5	1.22		1.056	2.276
	Santa Cruz	Santa C. del Norte	33	0.96	1.98	32.96	35.9
	Emp. Agrop. Nueva Paz	Nueva Paz	7	1.8		1.14	2.94
	Emp. Agrop. Quivicán	Quivican	22	0.51	3.539	16.36	20.409
	Emp. Agrop. Batabanó	Batabanó	3			19.38	19.38
	Emp. Agrop. Villena	Madruga	2			0.17	0.17
	Emp. Agrop. Melena del Sur	Melena del Sur	1			3	3
	8	**Sun-Total**	**83**	**4.56**	**5.923**	**75.419**	**85.902**
	16	**TOTAL**	**308**	**7.72**	**16.803**	**269.086**	**293.61**
		% del total		**2.61**	**5.68**	**91.02**	

Tabla 4. *Parámetros referenciales obtenidos por especie*

Parámetros	UM	ESPECIES			EE
		Moringa	Morera	Tithonia	
Hectáreas por especie	ha	7.72	16.80	269.09	85.65
Biomasa aérea anual	t/ha/año	8.20	6.50	9.80	0.95
Carbono en biomasa aérea	tC/ha	3.90	3.00	4.34	0.40
Carbono en raíces	tC/ha	1.09	9.36	17.37	4.70
Carbono total	t C	38.49	66.46	1460.26	469.33
TOTAL	CO_2e	141.25	243.92	5359.16	1722.45

Fuente: elaboración propia

El análisis confirma que, aunque moringa y morera tienen menor extensión y producción, contribuyen de manera relevante al almacenamiento de carbono en la provincia (ver figura 1). La aplicación de la metodología Nivel 1+ del IPCC, que incluye ajustes por edad de plantación y tipo de suelo, permite realizar una estimación más precisa y adaptada a las condiciones tropicales de Cuba.

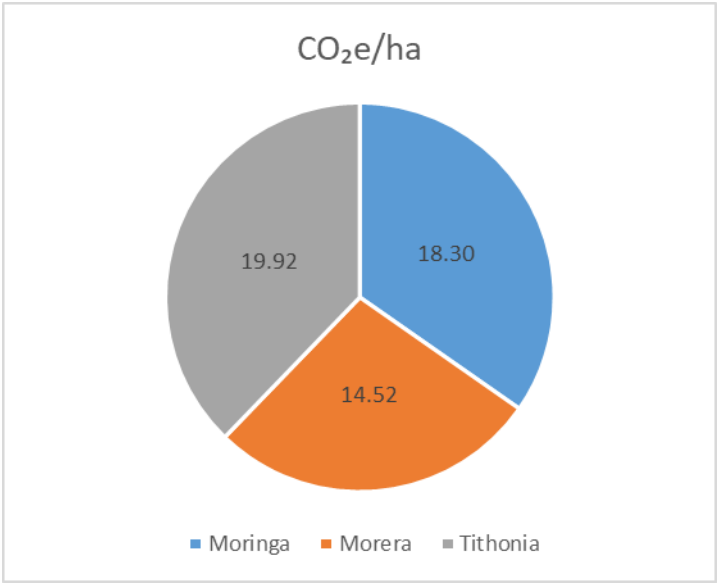


Figura 1: *Potencial de captura de carbono por hectárea de cada especie.*

Estos resultados concuerdan con estudios previos que resaltan la efectividad de la tithonia para la captura rápida de carbono en sistemas agroforestales tropicales. Además, se evidencia que el manejo adecuado de estas especies puede potenciar su función como sumideros de carbono, contribuyendo a estrategias nacionales de mitigación de gases de efecto invernadero. En conjunto, los datos respaldan la integración de cultivos proteicos en políticas de gestión ambiental y desarrollo sostenible de la región.

Por ejemplo, Pacheco *et al.* (2019), en un estudio realizado en México, señalan que tanto tithonia como morera son capaces de transformar el CO_2 atmosférico en carbono orgánico en la biomasa, tanto en la planta entera como en hojas y tallos. Esto reafirma las potencialidades de estas especies proteicas para la mitigación del cambio climático.

Reyes *et al*. (2023) plantean que las plantas proteicas contribuyen a la fijación de CO_2 en ecosistemas agrícolas mediante la producción de biomasa y su adaptación a condiciones ambientales variables, siendo importantes las prácticas agrícolas y el manejo del suelo para maximizar este potencial y mantener la calidad nutricional de los cultivos. Esto evidencia un balance entre productividad, nutrición y captura de carbono en agroecosistemas.

CONCLUSIONES

- Tithonia, morera y moringa se muestran como especies relevantes para el uso de sistemas ganaderos sostenibles en el territorio estudiado.
- Estos resultados preliminares ofrecen una base técnica para evaluar el aporte de estas especies a la mitigación del cambio climático a través del secuestro de carbono en la provincia Mayabeque, destacando los beneficios ambientales y productivos de su cultivo y manejo adecuado.
- Con el empleo de esta metodología fue posible estimar captura de carbono **con un error ≤25%** usando solo datos de superficie.

BIBLIOGRAFÍA

Álvarez, M. et al. 2021. Captura de carbono en suelos ferralíticos rojos de Artemisa, Cuba. [Estudio no publicado].

FAO. 2022. Sericultura tropical. Folleto técnico adaptado para el Caribe. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

IPCC. 2006. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Intergovernmental Panel on Climate Change. https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/index.html

IPCC. 2019. Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Intergovernmental Panel on Climate Change. https://www.ipcc.ch/report/2019-refinement-to-the-2006-ipcc-guidelines-for-national-greenhouse-gas-inventories/

Ministerio de Agricultura. 2020. Informe técnico sobre suelos de la provincia Mayabeque. Ministerio de Agricultura, Cuba.

Pacheco, D.; Monterroza, J.S.; Castañeda, E. 2019. Especies forrajeras para captura de carbono en suelo, incremento de carbono en biomasa vegetal y disminución de bióxido de carbono y metano in vitro en rumiantes. Coordinación Sectorial de Fortalecimiento Académico, Secretaría de Educación Pública, México. https://cosfac.sems.gob.mx/Proyectos_apoyados/Art%C3%ADculos_ejercicio_2019/DGETAyCM/071.19-P03.pdf

Reyes Santamaría, M. I., Toledo Cabrera, D. ., López Santiago , A. I. ., Pacheco Trejo, J., Saucedo García, M., & Madariaga Navarrete, A. 2023. Impacto del cambio climático sobre la fotosíntesis, fotorrespiración y respiración de plantas C3. Boletín De Ciencias Agropecuarias Del ICAP, 9(Especial), 6–11. https://doi.org/10.29057/icap.v9iEspecial.8764

Rodríguez, I. 2017. Potencialidades de Tithonia diversifolia (Hemsl.) Gray en la alimentación animal. *Livestock Research for Rural Development*. 29(63). http://www.lrrd.org/lrrd29/4/idal29063.html

Rodríguez, Y. 2025. Levantamiento de superficies sembradas y estimación de captura de carbono en Mayabeque. Empresa de Proyectos e Ingeniería UEB Servicios Ingenieros Mayabeque Cuba.

Ruiz, J. 2023. Dinámica del carbono en Tithonia diversifolia en Mayabeque. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. INCA Mayabeque, Cuba.

BMA-79. Evaluación del potencial de mitigación de los sistemas silvopastoriles en la ganadería hondureña

Assessment of the mitigation potential of silvopastoral systems in Honduran livestock farming

C.V. Villanueva[1]; C. Sepulveda[1]; H. Andrade[2]; A Vega[1]; J.C. Flores[1]; J .Jut Solorzano[1]; E. García[1]*

[1]Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica CP 30501

[2]Facultad de Ingeniería Agronómica, Universidad del Tolima, Ibagué, Colombia

[*]Correspondencia a: cvillanu@catie.ac.cr

RESUMEN

El presente trabajo sistematiza los resultados de simulaciones de mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) asociadas a la implementación de prácticas silvopastoriles en el marco del Proyecto MAF-Ganadería-HN en Honduras. Las simulaciones se fundamentaron en una línea base construida a partir de la caracterización de 67 fincas en cinco departamentos representativos (Choluteca, Olancho, Atlántida, Colón y Yoro), reflejando la diversidad de sistemas ganaderos predominantes en el país. A partir de esta caracterización se modelaron cuatro tipologías de finca ganadera en dos zonas agroclimáticas (seca y húmeda), utilizando la herramienta de CATIE en factores del IPCC (2006) para estimar emisiones por fermentación entérica, manejo de estiércol y secuestro de carbono en biomasa y suelo. Las simulaciones consideraron intervenciones sobre aproximadamente 8,000 hectáreas, incluyendo el establecimiento de árboles dispersos en potreros, bancos forrajeros, cercas vivas diversificadas y la liberación de áreas para regeneración natural. Los resultados indicaron una mitigación directa de aproximadamente 135 mil toneladas de CO_2 equivalente (t CO_2e) durante la vida del proyecto, y hasta 5.7 millones t CO_2e durante el ciclo de vida útil de las tecnologías adoptadas. Adicionalmente, se estimó una mitigación indirecta de 7.1 millones t CO_2e mediante replicabilidad en fincas asociadas y fondos rotatorios. En conjunto, las prácticas promovidas podrían contribuir con más de 12.8 millones t CO_2e evitadas, posicionando a los sistemas silvopastoriles como una estrategia clave para la ganadería climáticamente inteligente en contextos tropicales. Se discuten implicaciones técnicas y metodológicas para el escalamiento de estas prácticas, así como su potencial articulación con instrumentos de política pública y esquemas de financiamiento climático.

Palabras clave: *sistemas silvopastoriles, mitigación de gases de efecto invernadero, ganadería climáticamente inteligente, Cool Farm Tool, secuestro de carbono, Honduras*

ABSTRACT

This paper systematizes the results of greenhouse gas (GHG) mitigation simulations associated with the implementation of silvopastoral practices under the MAF-Livestock-HN Project in Honduras. The simulations were based on a baseline built from the characterization of 67 farms across five representative departments (Choluteca, Olancho, Atlántida, Colón, and Yoro), reflecting the diversity of livestock systems prevailing in the country. From this characterization, four farm typologies were modeled in two agro-climatic zones (dry and humid), using a tool based on the Cool Farm Tool v2.0 model and IPCC 2006 factors to estimate emissions from enteric fermentation, manure management, and carbon sequestration in biomass and soils. The simulations considered interventions over approximately 8,000 hectares, including the establishment of scattered trees in pastures, forage banks, live fences, and the release of areas for natural regeneration.The results indicated a direct mitigation of approximately 135 thousand tons of CO_2 equivalent (t CO_2e) during the project's lifetime, and up to 5.7 million t CO_2e over the useful life cycle of the adopted technologies. Additionally, an indirect mitigation of 7.1 million t CO_2e was estimated through replication in associated farms and revolving funds. Altogether, the promoted practices could contribute to more than 12.8 million t CO_2e avoided, positioning silvopastoral systems as a key strategy for climate-smart livestock in tropical contexts. Technical and methodological implications for scaling up these practices are discussed, as well as their potential integration with public policy instruments and climate finance schemes.

Keywords: *silvopastoral systems, greenhouse gas mitigation, climate-smart livestock, Cool Farm Tool, carbon sequestration, Honduras*

INTRODUCCIÓN

La transformación de los sistemas ganaderos en América Latina se ha convertido en una prioridad estratégica frente a los desafíos del cambio climático, la seguridad alimentaria y la sostenibilidad ecológica. A nivel global, el sector agropecuario representa aproximadamente el once por ciento de las emisiones totales de gases de efecto invernadero, siendo la ganadería una de las principales fuentes debido a la fermentación entérica del ganado y al manejo de estiércol (FAO, 2020; IPCC, 2019). Esta situación es particularmente crítica en los países tropicales, donde la expansión de la ganadería ha contribuido significativamente a la deforestación, la pérdida de biodiversidad y la degradación de suelos.



En este contexto, los sistemas silvopastoriles han cobrado relevancia como una estrategia de intensificación sostenible. Estos sistemas integran árboles, arbustos, pasturas y animales en una misma unidad productiva, generando sinergias entre productividad ganadera, captura de carbono y provisión de servicios ecosistémicos (Murgueitio et al., 2011). Diversos estudios han demostrado que este enfoque puede reducir de manera significativa las emisiones netas de gases de efecto invernadero por unidad de producto, además de mejorar la resiliencia de los sistemas frente a eventos climáticos extremos (Montagnini y Nair, 2004; Giraldo y Roshetko, 2011).

En Honduras, la ganadería representa una actividad estratégica por su cobertura territorial y su peso en las emisiones del sector agropecuario. Según estimaciones de la Secretaria de Agricultura y Ganaderia (SAG, 2021), el sistema ganadero ocupa aproximadamente el cuarenta por ciento del territorio nacional. No obstante, datos más recientes del Instituto de Conservación Forestal, a través del Mapa Nacional de Cobertura Forestal y Uso de la Tierra publicado en el año dos mil veinticuatro, indican que el 48% por ciento del país corresponde a coberturas no boscosas. Esta categoría incluye pastizales naturales, áreas agrícolas, humedales y zonas urbanas, sin un desglose específico que permita identificar con precisión la superficie destinada exclusivamente a la ganadería.

Desde el punto de vista ambiental, el subsector ganadero genera aproximadamente el 26% por ciento de las emisiones del sector agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra. Las principales fuentes de estas emisiones son la fermentación entérica del ganado y el manejo inadecuado del estiércol (SERNA, 2021). A esto se suma la expansión no planificada de la frontera pecuaria, especialmente en zonas de vocación forestal, que ha acelerado procesos de deforestación y fragmentación de ecosistemas críticos.

Además, persisten limitaciones estructurales que restringen el desarrollo sostenible del sector. Entre ellas se encuentran la baja productividad, el acceso limitado a asistencia técnica, la débil gestión de residuos orgánicos y el escaso uso de prácticas reproductivas y alimenticias mejoradas.

Ante este escenario, la incorporación de prácticas silvopastoriles representa una oportunidad concreta para avanzar hacia una ganadería climáticamente inteligente. El proyecto MAF-Ganadería-Hn adoptó este enfoque como componente central de su estrategia nacional de mitigación en el sector agropecuario. Las acciones desarrolladas incluyeron la implementación de Escuelas de Campo para Productores, el diseño de materiales técnico-pedagógicos y la construcción de modelos de simulación para estimar impactos ambientales derivados de la adopción de tecnologías sostenibles. Una de las innovaciones clave del proyecto fue el uso de herramientas de análisis Ex-Ante para cuantificar el potencial de mitigación de gases de efecto invernadero en fincas representativas, considerando condiciones reales observadas en la línea de base.

Este artículo presenta los resultados del análisis de mitigación de emisiones derivadas de la implementación de prácticas silvopastoriles en el marco del proyecto. Se describen las tipologías de finca consideradas, los escenarios agroclimáticos analizados, las herramientas metodológicas utilizadas y las estimaciones obtenidas tanto para el período de implementación como para el horizonte de vida útil de las tecnologías promovidas. Asimismo, se discuten los supuestos críticos del modelo empleado, los alcances de la estimación y su aplicabilidad para orientar políticas públicas y esquemas de financiamiento climático en territorios ganaderos tropicales.

MATERIALES Y MÉTODOS

La estimación del potencial de mitigación de gases de efecto invernadero asociada a la implementación de prácticas silvopastoriles en el marco del proyecto MAF Ganadería Honduras se realizó mediante un ejercicio de simulación Ex-Ante estructurado en cuatro etapas: caracterización de sistemas productivos representativos, definición de escenarios de intervención, aplicación de herramientas de modelación y análisis e interpretación de resultados. Este enfoque permitió cuantificar el impacto agregado de las prácticas promovidas sobre las emisiones netas del sistema ganadero, considerando condiciones técnicas, climáticas y de manejo típicas del contexto nacional.

La primera etapa consistió en la construcción de una tipología basada en la caracterización realizada en 67 fincas ubicadas en los departamentos de Choluteca, Olancho, Atlántida, Colón y Yoro. La diversidad observada en cuanto a uso del suelo, categorías productivas, prácticas alimenticias, manejo reproductivo y gestión del estiércol permitió identificar cuatro sistemas predominantes: doble propósito informal, doble propósito formal, producción de carne y producción de leche especializada. Estos sistemas se modelaron en dos zonas agroclimáticas contrastantes, una seca y otra húmeda, generando un total de ocho fincas tipo. Cada perfil fue definido con base en datos primarios levantados en campo, entrevistas a productores y técnicos, así como fuentes secundarias provenientes de informes institucionales y literatura científica relevante.

En la segunda etapa se definieron dos escenarios para cada finca tipo: uno de referencia que representa las condiciones actuales sin intervención y otro transformado que incorpora las prácticas promovidas por el proyecto. Las prácticas modeladas incluyeron el establecimiento de árboles dispersos en potreros, cercas vivas diversificadas, bancos forrajeros energéticos y proteicos, regeneración natural asistida y el uso de pasturas mejoradas con cobertura arbórea. Las superficies simuladas corresponden a un total de 5,539 hectáreas de pasturas con árboles, 1,439 hectáreas de bancos forrajeros de cada tipo, 285 kilómetros de cercas vivas, y 15,251 hectáreas liberadas para regeneración natural gracias al aumento de eficiencia en el uso de la tierra.

La tercera etapa consistió en la aplicación de una herramienta de simulación desarrollada por el CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza), basada en la lógica del modelo internacional Cool Farm Tool versión 2.0. Esta herramienta permite estimar emisiones brutas de metano por fermentación entérica y óxidos de nitrógeno por manejo de estiércol, aplicando factores de emisión del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático en su versión 2006, ajustados con parámetros regionales. Adicionalmente, calcula el secuestro de carbono en biomasa aérea y en el suelo resultante de la incorporación de árboles, mejoramiento de la cobertura vegetal y liberación de áreas para regeneración. El cálculo se realizó sobre una base anual con proyecciones acumuladas tanto para el período de ejecución del proyecto, comprendido entre los años 2,023 y 2,026, como para la vida útil estimada de las tecnologías, proyectada entre 15 y 20 años. No se incluyeron emisiones asociadas al uso de maquinaria, electricidad, combustibles fósiles ni insumos externos, con el fin de evitar distorsionar el balance neto con variables de alta variabilidad contextual.

La última etapa consistió en el análisis de los resultados obtenidos a partir de la diferencia entre el escenario transformado y el de referencia, expresada en toneladas de dióxido de carbono equivalente evitadas. Se realizó una desagregación por tipo de gas y fuente emisora, así como una estimación del carbono secuestrado en función de los factores específicos asociados a cada práctica. El análisis incluyó comparaciones por tipología de finca, zona agroclimática y tipo de intervención, lo que permitió identificar patrones de desempeño diferencial y orientar prioridades para el escalamiento técnico y territorial. Finalmente, se estimaron impactos agregados considerando tanto la superficie intervenida directamente por el proyecto como las proyecciones de mitigación indirecta derivadas de la replicabilidad de las prácticas en fincas asociadas y fondos rotatorios.

RESULTADOS

Las simulaciones realizadas permitieron dimensionar el potencial de mitigación de gases de efecto invernadero derivado de la adopción de prácticas silvopastoriles en fincas ganaderas representativas de Honduras. A partir de la caracterización técnica de 67 fincas ubicadas en los departamentos de Choluteca, Olancho, Atlántida, Colón y Yoro, se identificaron diversos modelos productivos y condiciones agroecológicas que sirvieron de base para la construcción de ocho fincas tipo. Estas fincas representaron 4 sistemas productivos predominantes, que son producción de doble propósito informal, doble propósito formal, carne y leche especializada, en 2 zonas agroclimáticas contrastantes: una seca y otra húmeda. Sobre estas unidades se estimó el impacto de prácticas como árboles dispersos en potreros, bancos forrajeros, cercas vivas diversificadas y liberación de áreas para regeneración natural.

Durante el período de ejecución del proyecto, comprendido entre los años 2,023 y 2,026, las intervenciones modeladas sobre aproximadamente 8,000 hectáreas generaron una mitigación directa estimada de 135,207 toneladas de dióxido de carbono equivalente. Esta cifra considera tanto la reducción de emisiones brutas, principalmente metano entérico y óxidos de nitrógeno derivados del manejo de estiércol, como el secuestro de carbono en biomasa y suelo. El mayor aporte al balance climático provino del establecimiento de árboles en potreros y de la regeneración natural asistida, que en conjunto representaron más del sesenta por ciento del total mitigado.

El modelo proyecta, para el ciclo de vida útil de las tecnologías adoptadas, estimado entre 15 y 20 años según la práctica, una mitigación acumulada de 5.7 millones toneladas de dióxido de carbono equivalente derivada exclusivamente de las áreas intervenidas directamente por el proyecto. A esto se suma una mitigación indirecta estimada en 7.1 millones de toneladas, atribuible a procesos de réplica, como la adopción espontánea de prácticas por productores cercanos, el uso de fondos rotatorios y la vinculación de fincas asociadas. En conjunto, el impacto climático total proyectado alcanza más de 12.8 millones toneladas de dióxido de carbono equivalente evitadas.

Al desagregar los resultados por tipo de práctica, se observó que los bancos forrajeros energéticos y proteicos generaron beneficios importantes relacionados con la mejora en la dieta del hato, lo que contribuyó a reducir la intensidad de emisiones por unidad de producto. Esta observación coincide con los hallazgos de la línea base, que evidenció un uso limitado de suplementos en la mayoría de las fincas evaluadas, con excepción de algunos casos en el departamento de Olancho. Por su parte, la incorporación de pastos mejorados con árboles permitió aumentar la densidad animal por unidad de superficie, lo cual facilitó la liberación de más de 15 mil hectáreas previamente destinadas a ganadería extensiva. Estas áreas quedaron disponibles para procesos de regeneración natural o conservación, reforzando el balance climático positivo a largo plazo.

En la tabla 1 se presenta las superficies intervenidas y la mitigación estimada por tipo de práctica silvopastoril.

Finalmente, las comparaciones entre zonas agroclimáticas mostraron diferencias sustanciales. En la zona húmeda se registró una mayor eficiencia en el secuestro de carbono, favorecida por una alta productividad de biomasa y una recuperación rápida del suelo. En contraste, la zona seca presentó una reducción más marcada en las emisiones brutas, gracias a mejoras en la dieta, mayor eficiencia en la rotación de potreros y mejor respuesta a la suplementación. Estos hallazgos coinciden con lo observado en la línea base, donde los sistemas de Colón y Atlántida presentaban mayor cobertura de pasto natural, mientras que Yoro y Olancho destacaban por el uso de pastos mejorados y una adopción más amplia de prácticas de manejo productivo.

Tabla 1. *Contribución en la mitigación de las diferentes prácticas silvopastoriles que serán implementadas por el proyecto en Honduras.*

Práctica	Superficie estimada (ha / km*)	Mitigación estimada (toneladas de CO_2 equivalente)
Árboles dispersos en potreros	5,539	32,000
Cercas vivas diversificadas	285	10,500
Bancos forrajeros energéticos	1,439	18,500
Bancos forrajeros proteicos	1,439	17,600
Regeneración natural asistida	15,251	45,000
Pastos mejorados con árboles	5,539	11,607

**Aplica para las cercas vivas.*

DISCUSIÓN

Los resultados de la simulación anticipada confirman el alto potencial de las prácticas silvopastoriles como estrategia técnica y ambientalmente viable para reducir las emisiones netas de gases de efecto invernadero en los sistemas ganaderos de Honduras. La integración de árboles, bancos forrajeros y áreas de regeneración natural no solo permitió reducir las fuentes principales de emisiones, como la fermentación entérica y el manejo del estiércol, sino que también contribuyó al secuestro de carbono en biomasa aérea y en el suelo, fortaleciendo el balance climático de las fincas intervenidas. Este hallazgo es consistente con estudios previos que destacan la capacidad de los sistemas silvopastoriles para combinar producción pecuaria con captura significativa de carbono (Montagnini y Nair, 2004; Murgueitio et al., 2011).

La validación técnica realizada durante el levantamiento de la línea base respaldó la elección de tecnologías y permitió adaptar los escenarios de simulación a condiciones reales. La alta diversidad de sistemas productivos observada en los 5 departamentos evaluados reflejó diferencias en el uso del suelo, disponibilidad forrajera, frecuencia de suplementación, tipo de manejo reproductivo y presencia de estructuras vegetales en los potreros. Estos factores influyeron directamente en la configuración de las fincas tipo y en los resultados obtenidos, mostrando que la eficacia de las prácticas silvopastoriles depende en gran medida del contexto ecológico y productivo en el que se aplican, como lo señalan también Ibrahim et al. (2007) y Calle et al. (2013).

La mayor contribución a la mitigación se concentró en la regeneración natural asistida y el establecimiento de árboles en potreros, prácticas que aprovechan superficies previamente degradadas o subutilizadas. Esta lógica se alinea con los hallazgos de la línea base, donde una proporción significativa de los predios reportó baja densidad arbórea y escaso aprovechamiento de áreas marginales. De acuerdo con el trabajo de FAO y CIPAV (2015), la regeneración natural dirigida es una de las medidas más costo efectivas para capturar carbono en sistemas agropecuarios tropicales. Asimismo, el uso de bancos forrajeros energéticos y proteicos mostró beneficios importantes en términos de eficiencia alimenticia, especialmente en zonas con limitaciones estacionales como la región seca, en concordancia con los reportes de Rueda et al. (2013) sobre la mejora en la digestibilidad y la reducción de metano por unidad de producto en dietas suplementadas.

En términos metodológicos, la herramienta de simulación adaptada por el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza demostró ser eficaz para estimar impactos ambientales bajo condiciones de información limitada. Su enfoque permite evaluar tanto reducciones en emisiones brutas como aumentos en el secuestro de carbono, lo que resulta clave para construir argumentos técnicos sólidos en el diseño de políticas públicas, estrategias de financiamiento climático o mecanismos de compensación voluntaria. Este tipo de enfoque ha sido promovido por iniciativas como Livestock Environmental Assessment and Performance (LEAP) de FAO (2016) y por herramientas aplicadas en Latinoamérica como Ex-Ante Carbon-balance Tool (EX-ACT).

Por otro lado, la estimación de una mitigación indirecta equivalente al cincuenta por ciento del total proyectado destaca la importancia de los mecanismos de réplica como vehículos de escalamiento. Estos incluyen la difusión entre pares, el uso de fondos rotatorios, las alianzas con organizaciones de base y la apropiación espontánea de tecnologías por parte de productores que observan beneficios tangibles. Esta dimensión, aunque menos controlada desde el proyecto, representa una de las vías más costo efectivas para multiplicar el impacto climático de las intervenciones agropecuarias, como ha sido demostrado en experiencias de ganadería sostenible en Colombia y Nicaragua (Calle et al., 2013; Rosenstock et al., 2016).

Los resultados confirman que la efectividad de las prácticas silvopastoriles no depende exclusivamente de la tecnología implementada, sino también de los arreglos institucionales, la calidad del acompañamiento técnico, la motivación del productor y el entorno normativo. De ahí que las estrategias de escalamiento deban ir acompañadas de mecanismos de fortalecimiento de capacidades, incentivos diferenciados y una visión territorial que reconozca la heterogeneidad de los sistemas productivos en el país, tal como recomiendan Herrero et al. (2016) en su revisión sobre ganadería climáticamente inteligente.

CONCLUSIONES

La experiencia del proyecto MAF-Ganadería-Hn demuestra que la implementación de prácticas silvopastoriles representa una alternativa técnica viable y ambientalmente eficaz para reducir las emisiones netas del sector ganadero en contextos tropicales. La combinación de árboles dispersos en potreros, bancos forrajeros, cercas vivas y procesos de regeneración natural permitió generar sinergias entre productividad pecuaria, uso eficiente del suelo y captura de carbono, con una mitigación directa superior a ciento treinta y cinco mil toneladas de dióxido de carbono equivalente durante el período del proyecto y un potencial acumulado superior a doce millones de toneladas cuando se considera la vida útil de las tecnologías y los efectos de replicabilidad.

Los resultados reflejan que la eficacia de las prácticas modeladas está estrechamente vinculada a las condiciones agroecológicas, a la estructura de los sistemas de producción y a las decisiones de manejo del productor. La diversidad observada en la línea base, en cuanto a uso de insumos, composición del hato, cobertura vegetal y nivel de tecnificación, refuerza la necesidad de enfoques adaptativos que respondan a realidades locales y fomenten procesos de innovación territorial. Asimismo, la integración de herramientas de simulación validables en contextos locales constituye una estrategia efectiva para orientar políticas públicas, justificar inversiones climáticas y diseñar instrumentos de seguimiento ambiental en el sector agropecuario.

Los hallazgos obtenidos posicionan a los sistemas silvopastoriles como un eje estratégico para una transición hacia una ganadería climáticamente inteligente en Honduras. Su escalamiento requerirá no solo inversión técnica y financiera, sino también la consolidación de capacidades locales, marcos normativos coherentes y mecanismos de coordinación multisectorial que garanticen la sostenibilidad de los impactos logrados.

BIBLIOGRAFÍA

Calle, Z., Murgueitio, E., Chará, J., Molina, C. H., Zuluaga, A. F., & Calle, A. 2013. A strategy for scaling-up intensive silvopastoral systems in Colombia. *Journal of Sustainable Forestry, 32*(7), 677–693. https://doi.org/10.1080/10549811.2013.817338

FAO. 2016. *Livestock Environmental Assessment and Performance (LEAP) guidelines*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

FAO. 2020. *FAOSTAT: Emissions – Agriculture*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. https://www.fao.org/faostat

FAO, & CIPAV. 2015. *Sistemas silvopastoriles intensivos en América Latina: Experiencias y lecciones aprendidas*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura & Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria.

Giraldo, C., & Roshetko, J. M. 2011. Sistemas silvopastoriles: Incorporando árboles para mejorar la productividad y sostenibilidad de fincas ganaderas tropicales. *Agroforestería en las Américas, 49*, 5–9.

Herrero, M., Thornton, P. K., Notenbaert, A., Msangi, S., Wood, S., Kruska, R., ... & Blümmel, M. 2016. Smart investments in sustainable food production: Revisiting mixed crop-livestock systems. *Science, 327*(5967), 822–825. https://doi.org/10.1126/science.1183725

Ibrahim, M., Villanueva, C., Casasola, F., & Rojas, J. 2007. Sistemas silvopastoriles como una herramienta para el mejoramiento de la productividad y restauración de la integridad ecológica de paisajes ganaderos. *Revista Pastos y Forrajes, 30*(4), 349–364.

IPCC. (2006). *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Intergovernmental Panel on Climate Change.

IPCC. 2019. *Climate Change and Land: An IPCC Special Report on Climate Change, Desertification, Land Degradation, Sustainable Land Management, Food Security, and Greenhouse Gas Fluxes in Terrestrial Ecosystems*. Intergovernmental Panel on Climate Change.

Montagnini, F., & Nair, P. K. R. 2004. Carbon sequestration: An underexploited environmental benefit of agroforestry systems. *Agroforestry Systems, 61*, 281–295. https://doi.org/10.1023/B:AGFO.0000029005.92691.79

Murgueitio, E., Calle, Z., Uribe, F., Calle, A., & Solorio, B. 2011. Native trees and shrubs for the productive rehabilitation of tropical cattle ranching lands. *Forest Ecology and Management, 261*(10), 1654–1663. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.09.027

Rosenstock, T. S., Lamanna, C., Chesterman, S., Bell, P., Arslan, A., Richards, M., ... & Rufino, M. C. 2016. The scientific basis of climate-smart agriculture: A systematic review protocol. *CABI Agriculture and Bioscience,* 1(1), 1–9. https://doi.org/10.1186/s43170-020-00001-2

Rueda, R., Solorio, B., & Ku-Vera, J. 2013. Effect of Leucaena leucocephala on methane production and rumen fermentation in cattle. *Tropical Animal Health and Production, 45*(1), 175–182. https://doi.org/10.1007/s11250-012-0183-1

SAG. 2021. *Estadísticas del sector agropecuario de Honduras*. Secretaría de Agricultura y Ganadería.

SERNA. 2021. *Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero*. Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente.

BMA-79A. Evaluación productiva del pasto Cayman (*Urochloa* híbrido cv. CIAT BRO2/1752) en sistemas silvopastoriles en el trópico húmedo de Costa Rica

Productive evaluation of Cayman grass (*Urochloa* hybrid cv. CIAT BRO2/1752) in silvopastoral systems in the humid tropics of Costa Rica

KL David Lagos[1,2]; CE Villanueva Najarro[1]; MA Ibrahim[1]; D Pezo Quevedo[1]; R van Der Hoek[3]*

[1] Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE); [2] Universidad Zamorano; [3] Alianza de Bioversity International y el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Turrialba, Costa Rica, CP 30501

[*]Correspondencia a: cvillanu@catie.ac.cr

RESUMEN

La integración de gramíneas con especies arbustivas permite incrementar el consumo de forraje de mayor calidad nutricional. El objetivo de este estudio fue evaluar la producción de biomasa, calidad nutricional y el efecto en la producción y calidad de leche del pasto Cayman (*Urochloa híbrido* cv. CIAT BRO2/1752) en monocultivo y en asocio con *L. diversifolia* y *T. diversifolia* en el trópico húmedo de Costa Rica. La investigación se llevó a cabo en la lechería comercial del Centro Agronómico Tropical y Enseñanza (CATIE), entre los meses de diciembre 2020 y julio 2021. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con una estructura tri-factorial de tratamientos, dadas por el factor forraje T1, T2 y T3 (Cayman, *T. diversifolia* y *L. diversifolia*), factor posición 1 y 2 (0.5 m y 2.5 m al centro de las leñosas) y el factor tiempo (tres ciclos de cosecha). La producción diaria y calidad de leche se evaluó mediante un diseño completo al azar, con medidas repetidas en el tiempo (tres ciclos evaluados), utilizando 7 vacas *Bos taurus* x *Bos indicus* en cada uno de los tratamientos. La producción de biomasa del pasto Cayman fue mayor en los tratamientos T1 y T2; mientras, la proteína cruda fue superior en el T2 ($p<0.05$). La producción de biomasa de las arbustivas fue similar ($p>0.05$); sin embargo, *L. diversifolia* mostró mayor contenido PC (26.96 vs 18.49 %) y fracción comestible (77.39 vs 50.11 %) que *T. diversifolia* ($p<0.05$). La producción diaria de leche (22.89 kg leche vaca^{-1} día^{-1}), contenido de lactosa (4.89 %) y la concentración de nitrógeno ureico en leche (6.76 mg dL^{-1}) fue mayor en T2 ($p<0.05$). La incorporación de *L. diversifolia* en el sistema mejora el rendimiento y calidad del pasto Cayman e incrementa la producción de leche.

Palabras clave: *Calidad de forrajes, leñosas forrajeras, pastos mejorados, producción de leche, sostenibilidad,*

ABSTRACT

The integration of grasses with shrub species enhances the intake of forage with higher nutritional quality. The objective of this study was to evaluate the biomass production, nutritional quality, and the effect on milk yield and quality of Cayman grass (*Urochloa* hybrid cv. CIAT BRO2/1752), both in monoculture and in association with *L. diversifolia* and *T. diversifolia*, in the humid tropics of Costa Rica. The research was conducted at the commercial dairy farm of the Tropical Agricultural Research and Higher Education Center (CATIE) between December 2020 and July 2021. A randomized complete block design with a tri-factorial treatment structure was used, consisting of the forage factor T1, T2, and T3 (Cayman, *T. diversifolia*, and *L. diversifolia*), the position factor 1 and 2 (0.5 m and 2.5 m from the center of the shrub rows), and the time factor (three harvest cycles). Milk yield and quality were evaluated using a completely randomized design with repeated measures over time (three cycles evaluated), using 7 *Bos taurus* × *Bos indicus* cows per treatment. Biomass production of Cayman grass was higher in treatments T1 and T2, while crude protein content was significantly higher in T2 ($p<0.05$). Biomass production of the shrub species was similar ($p>0.05$); however, *L. diversifolia* showed higher crude protein content (26.96% vs. 18.49%) and edible fraction (77.39% vs. 50.11%) than *T. diversifolia* ($p<0.05$). Daily milk yield (22.89 kg milk cow^{-1} day^{-1}), lactose content (4.89%), and milk urea nitrogen concentration (6.76 mg dL^{-1}) were also higher in T2 ($p<0.05$). The incorporation of *L. diversifolia* into the system improves both the yield and quality of Cayman grass and increases milk production.

Keywords: *Forage quality, forage wood, improved pastures, milk production, sustainability*

INTRODUCCIÓN

El crecimiento proyectado de la población mundial en las próximas décadas incrementará significativamente la demanda de productos alimenticios de origen animal (Gerber et al., 2013). Paralelamente, el consumo per cápita también aumentará (Delgado et al., 1999), lo que presiona a los sistemas ganaderos a incrementar su eficiencia productiva, muchas veces en contextos de disponibilidad limitada de tierra (Styles et al., 2018).

En Costa Rica, aproximadamente el 79 % de las fincas lecheras se basan en sistemas de pastoreo como principal estrategia de alimentación (INEC, 2019). La intensificación de la producción se ha sustentado en el uso más eficiente de los recursos forrajeros, buscando maximizar la productividad por área, reducir costos e incrementar la sostenibilidad y resiliencia frente al cambio climático (Pezo, 2018). En este contexto, los sistemas silvopastoriles (SSP), que integran gramíneas con arbustivas leguminosas y no leguminosas, representan una alternativa prometedora para la producción animal sostenible (López-Vigoa, 2017; Vandermeulen et al., 2018).

La asociación de especies como *Leucaena diversifolia* y *Tithonia diversifolia* con gramíneas tropicales permite no solo mejorar la calidad nutricional del forraje, sino también incrementar la oferta de biomasa comestible a lo largo del año (Lamela et al., 2015). Además, estos sistemas contribuyen a la mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), al secuestro de carbono y al mejoramiento del microclima para animales y pasturas (Chacón et al., 2018; Villanueva et al. 2023).

El pasto Cayman se ha posicionado como una opción forrajera de alto rendimiento para zonas húmedas, gracias a su tolerancia a suelos encharcados y su alto contenido proteico (Arango et al., 2016; CIAT, 2012). La incorporación de arbustivas como *L. diversifolia* y *T. diversifolia* podría potenciar su valor forrajero, mejorar la eficiencia productiva y favorecer la sostenibilidad del sistema (Palma & Gonzales-Rebeldes, 2018).

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar la producción de biomasa, calidad nutricional y el efecto en la producción y calidad de leche del pasto Cayman cultivado en monocultivo y en asociación con *L. diversifolia* y *T. diversifolia* bajo condiciones de trópico húmedo en Costa Rica.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en Turrialba, Costa Rica, donde las condiciones de alta precipitación (2600 mm) y acidez del suelo (pH 5.5) influyeron en la selección de especies forrajeras. Se utilizó el pasto Cayman por su tolerancia a suelos húmedos y buena calidad nutricional (Peters et al., 2010), *Leucaena diversifolia* por su adaptación a suelos ácidos (Hutton 1990; Argel et al., 1998; Palma & Gonzales 2018), y *Tithonia diversifolia* por su plasticidad ecológica (Londoño et al., 2019). El ensayo fue realizado en el periodo de diciembre del 2020 a agosto del 2021.

El diseño experimental incluyó tres tratamientos con 4 repeticiones: monocultivo de pasto Cayman (T1), y sus asociaciones con *L. diversifolia* (T2) y *T. diversifolia* (T3), bajo un diseño de bloques completos al azar con estructura bi-factorial (especie forrajera y tiempo). Las asociaciones se establecieron en 2019 y sin uso inicial de fertilizantes. Cada parcela (repetición) de 2500 m² tuvo entre 576 y 648 plantas forrajeras.

Producción de biomasa

En el pasto mediante muestreos sistemáticos de 16 marcos (0.5 x 0.5 m) por parcela. Se tomó el peso fresco en campo y luego una muestra compuesta de 1 kg para materia seca en horno con una temperatura de 60ºC / 48 horas. También, fueron separadas fracciones de hoja, tallo y material senescente para estimar la relación hoja:tallo (López-Guerrero, 2011).

Se realizó un muestreo de plantas leñosas (*L. diversifolia* y *T. diversifolia*) cada 8 metros por hilera, evitando los bordes de las parcelas. En cada tratamiento (T2 y T3) y bloque se tomaron 8 plantas, siguiendo un recorrido norte-sur. Las plantas se cosecharon cada 60 días a diferentes alturas (1.5 m y 0.4 m) y se pesaron individualmente para estimar la biomasa total.

De estas, se seleccionaron aleatoriamente 5 plantas por tratamiento y bloque para separar su biomasa fresca en tres fracciones: fina (hojas y tallos <5 mm), gruesa (tallos >5 mm) y material senescente (Bacab et al. 2012). Se pesaron por separado y se tomó una muestra de 200 g de cada fracción para determinar la materia seca en horno. Las fracciones comestibles (HF y TF) se combinaron en fresco para formar una muestra compuesta de 1 kg enviada a análisis bromatológico (Lombo, 2012).

Se calcularon la relación hoja:tallo y la biomasa comestible (HF + TF secas). Además, se tomó una muestra adicional de 1 kg de la biomasa total para secarla y extrapolar los datos de producción de biomasa por planta y por hectárea, en términos de materia seca (Lombo, 2012).

Calidad nutricional

La biomasa de las forrajeras fue determinada la proteína cruda (PC), fibra (FDN, FDA), lignina y contenido energético (TND, EM, ENL, CNF) usando NIRS para el pasto y química húmeda para las arbustivas (AOAC, 1990; Van Soest et al., 1991; NRC, 2001).

Producción y calidad de leche

El estudio utilizó vacas con un 75% de genética *Bos taurus* (razas Jersey y Holstein) y 25% de *Bos indicus* (Sahiwal y Gyr), con entre 2 y 5 lactancias y de 40 a 220 días en lactación. Las vacas fueron suplementadas individualmente antes de cada ordeño con una mezcla basada en su producción diaria de leche (1 kg de suplemento por cada 3 kg de leche), compuesta por alimento balanceado comercial Vap Feed™, pulpa de cítrico paletizada (Citrocom®), harina de soya y sales minerales.

El ensayo incluyó tres grupos de siete vacas cada uno, asignadas a tres tratamientos (T1, T2 y T3). Se registró la producción lechera diaria de cada vaca durante tres días previos como covariable. En el periodo experimental, las vacas ingresaron simultáneamente a parcelas de 2500 m² divididas en tres secciones mediante cercas móviles eléctricas, lo que facilitó el manejo eficiente del pasto. Se usaron dos parcelas para acostumbramiento y dos para evaluación. Cada

ciclo de pastoreo duró 14 días, seguido de un periodo de descanso de 60 días para la recuperación de la pastura, como sugiere Mejía-Díaz et al. (2017).

Antes de la toma de datos, las vacas tuvieron un periodo de acostumbramiento de siete días a los tipos de pastura, como se recomienda en estudios anteriores (Mojica-Rodríguez et al., 2019; Rivera et al., 2015). Luego, durante siete días se midió la producción diaria de leche en ambos ordeños (AM/PM), usando medidores DeLaval®.

Para evaluar la calidad y composición de la leche, se recolectaron muestras de 100 ml por vaca en días alternos (2, 4 y 6 del periodo de evaluación), mezclando los ordeños AM (60 ml) y PM (40 ml). Las muestras fueron enviadas refrigeradas al Laboratorio de Calidad de Leche de la Cooperativa Dos Pinos RL, donde se analizaron grasa, proteína, lactosa, sólidos totales y nitrógeno ureico en leche (MUN) con el equipo Milko Scan FT-1.

Análisis estadístico

Para el análisis estadístico se aplicaron modelos lineales generales y mixtos (MLGM), pruebas de ANDEVA y separación de medias LSD ($p<0.05$), seleccionando modelos óptimos con los criterios AIC y BIC (Di Rienzo et al. 2019). Se consideraron efectos del tratamiento y ciclo, incluyendo covariables como peso vivo, días en lactancia y producción inicial para la variable leche (Mejía-Díaz et al., 2017; Ochoa, 2011).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Producción de biomasa

El pasto Cayman en monocultivo produjo más biomasa que cuando se asoció con *T. diversifolia*, pero no hubo diferencia significativa frente al asocio con *L. diversifolia* (Figura 1). El ciclo I presentó la menor producción de biomasa seca, siendo significativamente inferior al ciclo II. Solo el monocultivo mostró diferencias entre ciclos, con mayor producción en el ciclo II. No hubo diferencias entre los ciclos II y III (Figura 2).

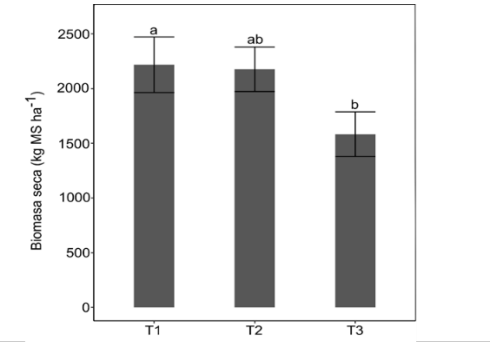


Figura 1. *Producción de biomasa seca (kg MS ha^{-1} ciclo) del pasto Cayman (Urochloa híbrido cv. CIAT BRO2/1752) en monocultivo (T1), y en asocio con Leucaena diversifolia (T2) y Tithonia diversifolia (T3) en el trópico húmedo de Costa Rica. Medias de tratamientos con letras diferentes difieren significativamente ($p<0.05$) según la prueba de medias LSD Fisher.*

La producción promedio por hectárea de biomasa seca conforme a la densidad de siembra utilizada (3400 plantas ha-1) no mostró diferencias significativas ($p>0.05$) entre las arbustivas *L. diversifolia* y *T. diversifolia*. La producción fue de 650 y 600 Kg MS ha-1 ciclo para cada una de las especies respectivamente. La producción de biomasa seca por hectárea no presentó diferencias significativas entre Leucaena diversifolia y Tithonia diversifolia a la densidad de siembra evaluada.

La remoción total inicial del forraje y las condiciones climáticas influyeron negativamente en los primeros ciclos de producción (Villalobos-Villalobos & WingChing-Jones 2019; Rojas-Garcia et al. 2018). *L. diversifolia* mostró mayor compatibilidad con el pasto, posiblemente por su capacidad de mejorar la fertilidad del suelo (Romero et al. 2020) y no competir por nutrientes, a diferencia de *T. diversifolia* (Jama et al., 2000).

Las diferencias en biomasa se reflejaron también en la cobertura del pasto. El monocultivo tuvo mayor cobertura, pero *L. diversifolia* presentó un equilibrio entre cobertura y calidad comestible (Bacab et al. 2012; Garcia & Islas 2018). *T. diversifolia* mostró menor cobertura y mayores efectos de sombreado. Finalmente, aunque no hubo diferencias estadísticas en la biomasa de las arbustivas, se observó una tendencia decreciente en la producción de *T. diversifolia*, atribuida al agotamiento de reservas por podas frecuentes (Latt et al. 2000) y mayor presión de pastoreo en los ciclos posteriores.

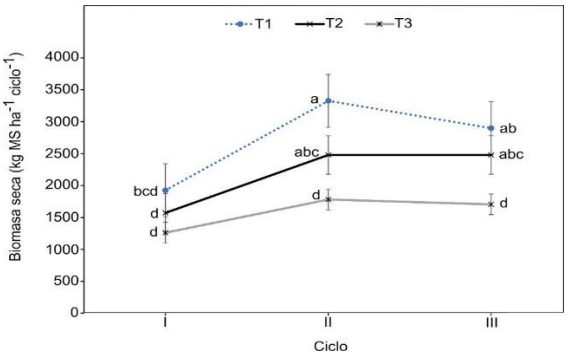


Figura 2. *Producción de biomasa seca en tres ciclos de cosecha del pasto Cayman en monocultivo (T1), y en asocio con Leucaena diversifolia (T2) y Tithonia diversifolia (T3), en el trópico húmedo de Costa Rica. Medias de tratamientos con letras diferentes difieren significativamente (p<0.05) según la prueba de medias LSD Fisher.*

Componentes estructurales

L. diversifolia mostró mayor proporción de hojas y relación hoja:tallo que *T. diversifolia*, además de tener menos tallos gruesos y nada de material senescente, el cual solo se presentó en *T. diversifolia* (9.11%; tabla 1).

Tabla 1. *Componentes estructurales (%) para la biomasa total de Leucaena diversifolia y Tithonia diversifolia en asocio con pasto Cayman (Urochloa híbrido cv. CIAT BRO2/1752) en el trópico húmedo de Costa Rica.*

	Medias ± error estándar			
	Hoja (%)	**Tallo fino (%)**	**Tallo grueso (%)**	**Senescente (%)**
L. diversifolia	65.55±2.96[a]	11.85±1.94[a]	22.63±2.49[b]	0±0.96[b]
T. diversifolia	44.11±2.96[b]	5.99±1.08[a]	40.77±2.49[a]	9.11±0.96[a]

Medias de tratamientos con letras diferentes dentro de una misma columna difieren significativamente (p<0.05) según la prueba de medias LSD Fisher.

La biomasa comestible fue significativamente mayor en *Leucaena diversifolia* (77.4%) que en *Tithonia diversifolia* (50.1%). El ciclo de cosecha no afectó a *L. diversifolia*, pero en *T. diversifolia* la mayor biomasa comestible se observó en el ciclo III (Figura 3).

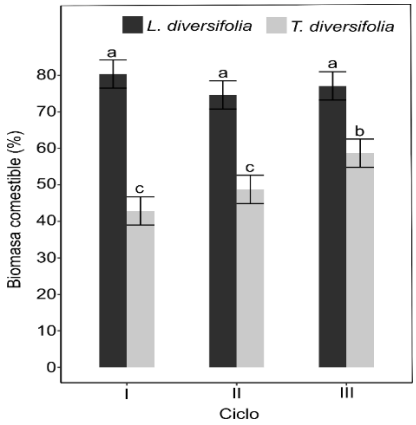


Figura 3. *Producción de biomasa comestible (%) de Leucaena diversifolia y Tithonia diversifolia en asocio con pasto Cayman (Urochloa híbrido cv. CIAT BRO2/1752) durante tres ciclos de cosecha en el trópico húmedo de Costa Rica. Medias de tratamientos con letras diferentes difieren significativamente (p<0.05) según la prueba de medias LSD Fisher.*

SILVOPAT – 2025 | ICA | ISBN: 978-959-7171-88-1 | Cu-ID: https://cu-id.com/book/978-959-7171-88-1



Aunque la relación hoja:tallo no varió significativamente, la fracción comestible sí lo hizo. *L. diversifolia* mostró mayor proporción de partes comestibles (77.39 %) frente a *T. diversifolia* (50.11 %), debido a su mayor proporción de hojas (Lezcano et al., 2012). Esta diferencia fue más evidente en el último ciclo, como consecuencia de la poda y el agotamiento de reservas (Partey, 2011).

Calidad nutricional

El ciclo de cosecha no tuvo efecto significativo sobre el contenido de materia seca (MS) de las arbustivas. Sin embargo, *Leucaena diversifolia* presentó mayor contenido de proteína cruda (PC) que *Tithonia diversifolia*. En *L. diversifolia*, el mayor contenido de PC se observó en el ciclo II, mientras que en *T. diversifolia* fue en el ciclo I. El contenido de fibra detergente neutro (FDN) en *T. diversifolia* no se vio afectado por el ciclo, y no hubo diferencias en fibra detergente ácida (FDA) entre especies. La lignina fue similar entre ambas arbustivas, aunque en *L. diversifolia* aumentó con los ciclos, a diferencia de *T. diversifolia*. En cuanto a parámetros energéticos (TND, EM, ENL y CNF), no hubo diferencias entre especies, pero en *L. diversifolia* se observaron valores más altos en el ciclo I, sin cambios entre los ciclos II y III (Tabla 2).

La calidad nutricional del pasto disminuyó en los asocios, atribuido al sombreado que retrasó su maduración (Carvalho et al. 2001). Sin embargo, *L. diversifolia* mejoró significativamente la proteína cruda (PC) del pasto cercano, gracias a su fijación de nitrógeno (Vázquez et al., 2020). Esto fue consistente con estudios donde se reportan aumentos de PC en gramíneas asociadas con leguminosas (Aldava-Navarro et al., 2017).

El monocultivo mostró menor PC por efecto de dilución del nitrógeno en pastos maduros. No se hallaron diferencias en FDN ni FDA, en concordancia con otros estudios (Canul-Solís et al. 2018). La lignina fue mayor en *L. diversifolia*, lo que indica mayor crecimiento de tallos. Este patrón influye en la digestibilidad y a pesar de las diferencias en PC y lignina, los niveles de TND, EM y ENL fueron similares entre tratamientos (Quintero-Anzueta et al., 2021).

Las arbustivas también mostraron diferencias. *L. diversifolia* tuvo mayor PC que *T. diversifolia* (Rivera et al., 2015), sin diferencias en FDN, FDA ni lignina. Los valores energéticos (CNF, EM, ENL) fueron similares entre arbustivas, aunque con variaciones cíclicas en *L. diversifolia* por mayor proporción de hojas (Carvalho et al. 2009).

Tabla 2. *Calidad nutricional de la fracción comestible de Leucaena diversifolia y Tithonia diversifolia en asocio con pasto Cayman (Urochloa híbrido cv. CIAT BRO2/1752) durante tres ciclos de cosecha en el trópico húmedo de Costa Rica.*

Medias ± error estándar						
	Leucaena diversifolia				*Tithonia diversifolia*	
	I	II	III	I	II	III
MS (%)	29.33±1.05^{a}	27.68±1.05^{a}	28.50±1.05^{a}	14.73±1.05^{b}	12.20±1.05^{b}	12.75±1.05^{b}
PC (%)	25.68±0.91^{b}	29.23±0.91^{a}	25.98±0.91^{b}	20.40±0.91^{c}	18.69±0.91^{d}	17.23±0.91^{d}
FDN (%)	39.15±2.66^{b}	51.68±2.66^{a}	53.73±2.66^{a}	40.85±2.66^{b}	40.35±2.66^{b}	38.75±2.66^{b}
FDA (%)	31.802.14^{b}	40.03±2.14^{a}	42.30±2.14^{a}	37.43±2.14^{ab}	36.90±2.14^{ab}	36.38±2.14^{ab}
Lignina (%)	17.20±2.14^{c}	20.65±2.14^{b}	23.48±2.14^{a}	18.53±2.14^{bc}	18.58±2.14^{bc}	19.25±2.14^{bc}
TDN (%)	64.13±1.66^{a}	57.72±1.66^{b}	55.95±1.66^{b}	59.75±1.66^{ab}	60.16±1.66^{ab}	60.57±1.66^{ab}
EM (Mcal kg^{-1} MS)	2.41±0.07^{a}	2.12±0.07^{b}	2.04±0.07^{b}	2.21±0.07^{ab}	2.23±0.07^{ab}	2.25±0.07^{a}^{b}
ENL (Mcal kg^{-1} MS)	1.50±0.05^{a}	1.30±0.05^{b}	1.24±0.05^{b}	1.37±0.05^{ab}	1.38±0.05^{ab}	1.39±0.05^{a}^{b}
CNF (%)	38.10±2.88^{a}	19.55±2.88^{c}	26.13±2.88^{bc}	30.68±2.88^{ab}	27.90±2.88^{bc}	33.40±2.88^{ab}

I (Marzo-2021), II (Mayo-2021), III (Julio): Ciclos de cosecha. MS: materia seca; PC: proteína cruda; FDN: fibra detergente neutro; FDA: fibra detergente ácido; TND: total de nutrientes digeribles; EM: energía metabolizable; ENL: energía neta de lactancia; CNF: carbohidratos no fibrosos. Medias de tratamientos con letras diferentes dentro de una misma fila difieren significativamente ($p<0.05$) según la prueba de medias LSD Fisher.

Producción y componentes de la leche

El tratamiento y el ciclo de evaluación influyeron significativamente en la producción diaria de leche. El mayor rendimiento se obtuvo con el asocio de pasto Cayman con *Leucaena diversifolia* (22.89±0.40 kg/vaca/día), superando significativamente ($p<0.05$) tanto al monocultivo (21.41±0.39) como al asocio con *Tithonia diversifolia* (21.19±0.41), entre los cuales no se encontraron diferencias significativas ($p>0.05$).

Los contenidos de grasa, proteína y sólidos totales (ST) en la leche no fueron afectados por los tratamientos, los ciclos ni su interacción. En cambio, el contenido de lactosa y la concentración de nitrógeno ureico en leche (MUN) sí mostraron diferencias significativas según el tratamiento y el ciclo. Aunque no se observaron diferencias en los sólidos totales, la lactosa fue más alta en el asocio con *L. diversifolia* respecto al monocultivo, sin diferencias con el tratamiento con *T. diversifolia*. El valor más alto de MUN se registró también en el asocio con *L. diversifolia*, siendo significativamente superior ($p<0.05$) al de los otros tratamientos.

Tabla 3. *Composición y contenido de nitrógeno ureico en leche en vacas cruzadas pastoreando pasto Cayman (Urochloa híbrido cv. CIAT BRO2/1752) en monocultivo (T1) y en asocio con Leucaena diversifolia (T2) y Tithonia diversifolia (T3) en el trópico húmedo de Costa Rica.*

Medias ± Error estándar			
	T1	T2	T3
Producción de leche (kg/vaca/día)	21.41±0.39	22.89±0.40	21.19±0.41
Grasa (%)^{ns}	3.78 ± 0.16	3.79 ± 0.15	3.89 ± 0.16
Proteína (%)^{ns}	3.28 ± 0.08	3.34 ± 0.08	3.33 ± 0.08
Lactosa (%)	4.70 ± 0.04^{b}	4.89 ± 0.04^{a}	4.79 ±0.04^{ab}
ST (%)^{ns}	12.28 ± 0.23	12.59 ± 0.23	12.58 ± 0.24
MUN (mg dL^{-1})	4.11 ± 0.55^{b}	6.76 ± 0.55^{a}	4.91 ± 0.56^{b}

^{ns}no significativo. Medias de tratamientos con letras diferentes dentro de una misma fila difieren significativamente ($p<0.05$) según la prueba de medias LSD Fisher.

L. diversifolia mejoró la producción de leche en un 6.5 % comparado con el monocultivo, debido a su alta calidad nutricional y mayor fracción comestible (Yamamoto et al., 2007). La mejora en proteína microbiana y proteína de sobrepaso pudo haber incrementado la síntesis de leche (Calsamiglia et al., 2010). Resultados similares han sido reportados en otros sistemas silvopastoriles con *Leucaena spp.* (Turcios 2008; Sarabia-Salgado et al., 2020), confirmando el efecto positivo en producción animal.

Se observó mayor contenido de lactosa y nitrógeno ureico en leche (MUN) en el tratamiento con *L. diversifolia*. El aumento de lactosa puede estar ligado al mayor volumen de leche (Campabadal 1999), mientras que el MUN está influenciado por mayor oferta de proteína degradable en el rumen (Khon 2007). Estas variaciones reflejan el impacto nutricional del sistema evaluado y coinciden con lo encontrado por Menjura et al. (2018) bajo sistemas con suplementación.

Implicaciones en la producción ganadera sostenible

Los resultados de este estudio refuerzan el valor estratégico de los sistemas silvopastoriles (SSP) que incorporan arbustos como *Tithonia diversifolia* y *Leucaena leucocephala* para lograr una intensificación ganadera sostenible en regiones tropicales. La producción sostenible de carne y leche depende no solo del rendimiento animal, sino también de la capacidad de los sistemas de uso de suelo para mitigar impactos ambientales, como la degradación del suelo y las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). En este sentido, los SSP han demostrado aumentar la productividad animal sin comprometer la salud del ecosistema.

Diversos estudios han demostrado que la inclusión de *Tithonia diversifolia* en SSP mejora el rendimiento forrajero total y la calidad nutritiva, aunque puede observarse selectividad en el consumo por parte de los animales (Krüger et al., 2024). Además, el uso de *T. diversifolia* y *Leucaena* permite reducir la dependencia de fertilizantes nitrogenados, gracias a su capacidad de fijación biológica de nitrógeno y su alto contenido proteico, lo cual incrementa la eficiencia de uso

de nitrógeno (Cardona et al., 2022). Esto se traduce en menores pérdidas de nitrógeno al ambiente, reduciendo así el impacto ecológico del sistema productivo.

A nivel del ecosistema, los SSP contribuyen al secuestro de carbono, disminuyen la temperatura del suelo, mejoran la biodiversidad del microbioma ruminal y optimizan las propiedades físico-hidráulicas del suelo (Bizzuti et al., 2024; Souza et al., 2025). Por tanto, el establecimiento de estos sistemas puede representar una herramienta clave para combatir la degradación de suelos y aumentar la resiliencia frente al cambio climático (Chará et al., 2017).

Desde la perspectiva del bienestar animal, se ha reportado que los animales en SSP muestran comportamientos más sociopositivos, menor estrés térmico y jerarquías sociales más estables que en sistemas convencionales, lo que sugiere mejoras significativas en el bienestar animal (Amendola et al., 2016).

CONCLUSIONES

A pesar de que la duración del ensayo agronómico no fue suficiente para evaluar los efectos de la variabilidad interanual ni las implicaciones de un uso prolongado de las pasturas bajo condiciones de pastoreo-ramoneo, los resultados obtenidos permiten establecer conclusiones preliminares relevantes. La asociación del pasto Cayman (*Urochloa híbrido cv. CIAT BRO2/1752*) con *Leucaena diversifolia* no afectó significativamente la producción de biomasa seca, evidenciando rendimientos comparables a los obtenidos en monocultivo. No obstante, esta asociación promovió un aumento en el contenido de proteína cruda del forraje, sin alterar su composición estructural.

Si bien no se observaron diferencias en la biomasa total producida por las arbustivas evaluadas, *L. diversifolia* destacó por incrementar la proporción de biomasa comestible con mayor calidad nutricional. Este efecto se reflejó en un aumento del 7 % en la producción diaria de leche, sin modificar sus componentes físico-químicos. En conjunto con los beneficios ambientales y funcionales reconocidos de los sistemas silvopastoriles —no considerados en este estudio—, estos hallazgos posicionan a *L. diversifolia* como una alternativa tecnológicamente viable y ambientalmente sostenible para la intensificación de la ganadería en zonas tropicales húmedas.

BIBLIOGRAFÍA

Amendola, L., Solorio, F., Ku-Vera, J., Améndola-Massiotti, R., Zarza, H., & Galindo, F. 2016. Social behaviour of cattle in tropical silvopastoral and monoculture systems. *Animal*, 10(5), 863–867. https://doi.org/10.1017/S1751731115002475

Arango, J; Gutiérrez Solis, JF; Mazabel, J; Pardo, P; Enciso, K; Burkart, S; Serrano, G. 2016. Estrategias tecnológicas para mejorar la productividad y competitividad de la actividad ganadera: Herramientas para enfrentar el cambio climático. Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical. p58.

Argel, MPJ; Lascano, CE; Ramírez, L. 1998. Leucaena in Latin American farming systems: Challenges for development.

Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 1990. Official Methods of Analysis (15th ed.). Washington, DC: AOAC.

Bacab, H; Solorio, F; Solorio, S. 2012. Efecto de la altura de poda en Leucaena leucocephala y su influencia en el rebrote y rendimiento de Panicum maximum. Avances en Investigación Agropecuaria, 16(1):65-77.

Bizzuti, BE; Ovani, V; Pérez-Márquez, S; Scarpino van Cleef, FO; Simili, FF; dos Santos, CF; Krüger, AM; Louvandini, H; Dubeux, JCB; & Abdalla, A. (2024). Balancing productivity and emissions: the role of *Tithonia diversifolia* in tropical silvopastoral system. *Agroforestry Systems*. https://doi.org/10.1007/s10457-024-01108-1

Calsamiglia, S; Ferret, A; Reynolds, CK; Kristensen, NB; Van Vuuren, AM. 2010. Strategies for optimizing nitrogen use by ruminants. Animal. 4(1):1184–1196.

Campabadal, C. 1999. Factores que afectan el contenido de sólidos de la leche. Nutrición Animal Tropical. 5(1):67-92.

Canul-Solís, JR; Ayala-Burgos, A; Aguilar-Pérez, CF; & Chay-Canul, AJ. 2018. Composición química de gramíneas tropicales asociadas con leguminosas arbustivas. *Tropical and Subtropical Agroecosystems, 21*, 171–179.

Cardona, JL; Angulo, J; & Mahecha, L. 2022. Less nitrogen losses to the environment and more efficiency in dairy cows grazing on silvopastoral systems with *Tithonia diversifolia*. *Agroforestry Systems*, 96, 343–357. https://doi.org/10.1007/s10457-021-00722-7

Carvalho, M; Xavier, D; Alvim, M. 2001. Uso de leguminosas arbóreas na recuperacao sustentabilidade de pastagens cultivadas. En Sistemas Agroflorestais pecuarios: opcoes de sustentebilidade para areas tropicais e subtropicais. Eds. M. Carvalho, M. Alvim y J. Costa. Juiz de Fora, Brasil. P. 189.

Carvalho, P; Trindade, J; DaSilva, S; Bremm, C; Mezzalira, J; Nabinger, C; Amaral, M; Carassai, I; Martins, R; Genro, T; Gonçalves, E; Amaral, G; Gonda, H; Chec Poli , DT Santos. 2009. Consumo de forraje por animales en pastoreo: analogías y simulaciones en pastoreo rotacional Simposio sobre manejo de pastos – intensificación de sistemas de producción animal de pastos, FEALQ, Piracicaba 239(2):61-9

Chará, J; Rivera, J; Barahona, R; Murgueitio, R; Deblitz, C; Reyes, E; Mauricio, RM; Molina, JJ; Flores, M; & Zuluaga, A. 2017. *Intensive silvopastoral systems: economics and contribution to climate change mitigation and public policies*. In *Agroforestry Systems* (pp. 395–416). https://doi.org/10.1007/978-3-319-69371-2_16

Chacón, P. 2018. Uso de *Tithonia diversifolia* como forraje alternativo para la reducción de emisiones de óxido nitroso en excretas de vacas. Tesis Magister, Turrialba, Costa Rica, CATIE. 87 p.

Delgado, C; Rosegrant, M; Steinfeld, H; Ehui, S; Courbois, C. 1999. Livestock to 2020: the next food revolution. Food, Agriculture and the Environment Discussion Paper No. 28. Washington, DC, IFPRI.

Di Rienzo, J; Casanoves, F; Balzarini, M; Gonzalez, L; Tablada, M; Robledo, C. 2019. InfoStat versión 2019 (en línea). Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Consultado 6 nov. 2021. Disponible en http://www.infostat.com.ar

García, JMP; Islas, CGR. 2018. Recursos arbóreos y arbustivos tropicales. Colima, México. 111 p.

Gerber, PJ; Steinfeld, H; Henderson, B; Mottet, A; Opio, C; Dijkman, J; Falcucci, A; Tempio, G. 2013. Tackling climate change through livestock – A global assessment of emissions and mitigation opportunities. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome.

Hutton, EM. 1990. Field selection of acid-soil tolerant leucaena from L. leucocephala× L. diversifolia crosses in a tropical Oxisol. Tropical agriculture, 67(1):2-8.

INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos). (2020). Encuesta Nacional Agropecuaria 2019 Resultados Generales De La Actividad Ganadera Vacuna Y Porcina (en línea). Consultado 3 nov. 2024. Disponible En Https://Admin.Inec.Cr/Sites/Default/Files/Media/Reagropecenapecuario2019-01_2.Pdf

Jama, B; Palm, CA; Buresh, RJ; Niang, A; Gachengo, C; Nziguheba, G; & Amadalo, B. 2000. Tithonia diversifolia as a green manure for soil fertility improvement in western Kenya: A review. Agroforestry Systems, 49(2), 201–221. https://doi.org/10.1023/A:1006339025728

Khon, R. 2007. Use of milk or blood urea nitrogen to identify feed management inefficiencies and estimate nitrogen excretion by dairy cattle and other animals. Paper presented at: 18th Annual Florida Ruminant Nutrition Symposium. Paper 8. University of Florida, 30-31 Jan. Gainesville, FL, USA.

Krüger, AM; Avila, P; Gómez, R; Rincón, A; González, JC; & Peters, M. 2024. Ruminant grazing lands in the tropics: Silvopastoral systems and Tithonia diversifolia as tools with potential to promote sustainability. Agronomy, 14(7), Article 1386. https://doi.org/10.3390/agronomy14071386

Lamela, L; Montejo, IL; Sánchez, T. 2015. Influencia de la suplementación con concentrado en la producción de leche de vacas Holstein x Cebú en silvopastoreo. Pastos y Forrajes, 38(1):0-0.

Latt, CR; Nair PKR; Kang BT. 2000. Interactions among cutting frequency, reserve carbohydrates, and post-cutting biomass production in Gliricidia sepium and Leucaena leucocephala. Agroforestry Systems 50(1):27–46.

Lezcano, Y; Soca, M; Ojeda, F; Roque, E; Fontes, D; Montejo, I; Cubillas, N. 2012. Caracterización bromatológica de Tithonia diversifolia (Hemsl.) A. Gray en dos etapas de su ciclo fisiológico. Pastos y forrajes, 35(3):275-282.

Lombo, DF. 2012. Evaluación de la disponibilidad de biomasa y capacidad de rebrote de leñosas forrajeras en potreros del trópico seco de Nicaragua. Tesis Magister, Turrialba, Costa Rica, CATIE. 87 p.

Londoño, J; Mahecha, L; Angulo, J. 2019. Desempeño agronómico y valor nutritivo de Tithonia diversifolia (Hemsl.) A Gray para la alimentación de bovinos. Revista Colombiana de Ciencia Animal-RECIA, 11(1).

Lopez-Guerrero, I; Fontenot, JP; Garcia-Peniche, TB. 2011. Comparaciones entre cuatro métodos de estimación de biomasa en praderas de festuca alta. Rev Mex Cienc Pecu 2(2):209-220.

López-Vigoa, O; Sánchez-Santana, T; Iglesias-Gómez, J. M; Lamela-López, L; Soca- Pérez, M; Arece-García, J; Milera-Rodríguez, M. 2017. Los sistemas silvopastoriles como alternativa para la producción animal sostenible en el contexto actual de la ganadería tropical. Pastos y forrajes, 40(2):83-95.

Mejía-Díaz, E; Mahecha-Ledesma, L; Angulo-Arizala, J. 2017. Tithonia diversifolia: especie para ramoneo en sistemas silvopastoriles y métodos para estimar su consumo. Agronomía Mesoamericana 28(1):289-302.

Menjura, RM; Peñuela, LM; Castañeda, RD. 2018. Influencia de la densidad de árboles de Leucaena en la producción lechera y nitrógeno ureico en vacas F1 Gyr x Holstein. Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia, 65(1):36- 47.

Mojica-Rodriguez, J.E; Castro-Rincon, E; Carulla-Fornaguera, J.E; Lascano-Aguilar, C.E. 2019. Perfil lipídico en leche de vacas en pastoreo de gramíneas en el trópico seco colombiano. Agronomía mesoamericana 30(2):497-515.

NRC (National Research Council). 2001. Nutrient requirements of dairy cattle. 7th rev. ed. The National Academies Press, WA, USA.



Palma, J; González-Rebeles, C. 2018. Recursos arbóreos y arbustivos tropicales para una ganadería bovina sustentable. Universidad de Colima. Universidad de Colima- REDGATRO-CONACYT.

Pezo, DA. 2018. Los pastizales mejorados: su rol, usos y contribuciones a los sistemas ganaderos frente al cambio climático (en línea). Boletín técnico CATIE; No.91. Consultado 25 oct. 2020. Disponible en http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/handle/11554/8753

Partey, S. 2011. Effect of pruning frequency and pruning height on the biomass production of Tithonia diversifolia (Hemsl) A. Gray. Agroforestry systems, 83(2):181.

Peters, M; Franco, LH; Schmidt, A; & Hincapié, B. 2010. Especies forrajeras multipropósito: Opciones para productores del Trópico Americano [Boletín]. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).

Quintero-Anzueta, S; Molina-Botero, I; Ramirez-Navas, J; Rao, I; Chirinda, N; Barahona- Rosales, R; Arango, J. 2021. Nutritional evaluation of tropical forage grass alone and grass-legume diets to reduce in vitro methane production. Frontiers in Sustainable Food Systems. 5 (1):663003.

Rivera, JE; Cuartas, CA; Naranjo, JF; Tafur, O; Hurtado, EA; Arenas, FA; Murgueitio, E. 2015. Efecto de la oferta y el consumo de Tithonia diversifolia en un sistema silvopastoril intensivo (SSPi), en la calidad y productividad de leche bovina en el piedemonte Amazónico colombiano. Livestock Research for Rural Development, 27(10):1-13.

Rojas-García, A; Torres-Salado, N; Maldonado-Peralta, M; Sánchez-Santillán, P; García- Balbuena, A; Mendoza-Pedroza, S; Hernández-Garay, A. 2018. Curva de crecimiento y calidad del pasto cobra (*Brachiaria* híbrido BR02/1794) a dos intensidades de corte. Agroproductividad, 11(5):34-39.

Romero-Delgado, G; Echevarría-Rojas, M; Trillo-Zárate, F; Hidalgo-Lozano, V; Aguirre Terrazas, L; Robles Rodríguez, R. Núñez Delgado, J. 2020. Efecto del faique (Acacia macracantha) sobre el valor nutricional del pasto guinea (Panicum maximum Jacq.) en un sistema silvopastoril. Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú, 31(1).

Sarabia-Salgado, L; Solorio-Sánchez, F; Ramírez-Avilés, L; Rodrigues Alves, BJ; Ku-Vera, J; Aguilar-Pérez, C; Urquiaga, S; Boddey, RM. 2020. Increase in Milk Yield from Cows through Improvement of Forage Production Using the N2-Fixing Legume Leucaena leucocephala in a Silvopastoral System. Animals. 10(1):734. https://doi.org/10.3390/ani10040734

Serrano Junior, OV; de Souza, ZM; Esteban, DAA; Bezerra, LP; Guimarães, EM; de Lima, RP; Boechat, CL; da Silva, RB. Soil Physical–Hydraulic Properties in Different Rotational Silvopastoral Systems: A Short-Term Study. Water 2025, 17, 1486. https://doi.org/10.3390/w17101486

Styles, D; Gonzalez-Mejia, A; Moorby, J; Foskolos, A; Gibbons, J; 2018. Climate mitigation by dairyintensification depends on intensive use of spared grassland. Global Change Biol. 24(1):681-693. https://doi.org/10.1111/gcb.13868.

Turcios, H. 2008. Evaluación del proceso de toma de decisiones para adopción de bancos de proteína de leucaena (Leucaena leucocephala) y su efecto como suplemento nutricional para vacas lactantes en sistemas doble propósito en el chal, Petén, Guatemala. Tesis Magister, Turrialba, Costa Rica, CATIE. 74 p.

Van-Soest, PJ; Robertson, JB; Lewis; BA. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. J. Dairy Sci. 74(1):3583-3597. doi:10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2

Vandermeulen, S; Ramírez-Restrepo, C. A; Beckers, Y; Claessens, H; Bindelle, J. 2018. Agroforestry for ruminants: a review of trees and shrubs as fodder in silvopastoral temperate and tropical production systems. Animal Production Science, 58(5):767- 777.

Vazquez, E; Teutscherova, N; Lojka, B; Arango, J; Pulleman, M. 2020. Pasture diversification affects soil macrofauna and soil biophysical properties in tropical (silvo) pastoral systems. Agriculture, Ecosystems & Environment, 302(1):107083.

Villalobos-Villalobos, L; WingChing-Jones, R. 2019. Remoción mecánica del material senescente para la recuperación de pasturas. Agronomía Mesoamericana, 30(3):821-840.

Villanueva, C. Moscoso, C; Detlefsen, G; Solis, J; López, J. 2023. Contribución de la cobertura arbórea a la compensación de las emisiones de gases de efecto invernadero de fincas productoras de leche en el sur oriente de Guatemala. 31(1):93-102. https://doi.org/10.53588/alpa.310105

BMA-80. ¿La presencia de componente arbóreo en un sistema mixto agricultura-ganadería mejora la resiliencia? Un estudio de caso en Camagüey

The presence of a tree component in a mixed agriculture-livestock system improves its resilience? A case study in Camagüey.

Ordoñez-Gomez C. A.[1]; Stark F.[1]; González-García E.[1]; Álvarez F.[2]; Pérez, R.[3]; Pedraza R.[2]; Salgado P.[1]*

[1]SELMET, Univ Montpellier, CIRAD, INRAE, Institut Agro, Montpellier, France
[2]Universidad de Camagüey "Ignacio Agramonte Loynaz", Camagüey, Cuba
[3]Estación Experimental de Pastos y Forrajes de Camagüey, IIPF, Camagüey, Cuba

[*]Correspondencia a: ciro.ordonez_gomez@cirad.fr

RESUMEN

La agricultura global se centra cada vez más en el desarrollo de sistemas de producción con un mejor desempeño agroecológico, donde la resiliencia es un indicador clave para su evaluación. Para evaluar el impacto del componente arbóreo en la resiliencia de un sistema mixto agropecuario (SMAG) en Camagüey, se modeló el comportamiento del sistema mediante la metodología de análisis de redes ecológicas (ENA). Se realizó una encuesta semiestructurada al agricultor para determinar los principales componentes y flujos del sistema. Con esta información, se cuantificaron los flujos de nitrógeno en el sistema y se construyó una matriz de flujos. Posteriormente, se realizaron cálculos para ciertos indicadores propuestos en la metodología ENA. Posteriormente, se simuló la ausencia del componente arbóreo en el sistema. Se observó que la presencia del componente arbóreo en SMAG incrementó la actividad total e interna del sistema, redujo la relación AMI/Hr y la dependencia del sistema, y aumentó el índice de resiliencia del sistema. En conclusión, la presencia del componente arbóreo en SMAG mejora el desempeño agroecológico del sistema.

Palabras clave: *Desempeño agroecológico, análisis de redes ecológicas, modelización*

ABSTRACT

Global agriculture is increasingly focused on developing production systems with enhanced agroecological performance, where resilience serves as a key indicator for evaluation. To assess the impact of the tree component on the resilience of a mixed agriculture-livestock system (SMAG) in Camagüey, the system behavior was modelled using the ecological network analysis (ENA) methodology. A semi-structured survey was conducted among farmer to determine the main components and flows of the system. Using this information, nitrogen fluxes in the system were quantified and a flux matrix was constructed. Subsequently, calculations were carried out for certain indicators proposed in the ENA methodology. The absence of the tree component in the system was then simulated. It was observed that the presence of the tree component in SMAG increased the total and internal activity of the system, reduced the AMI/Hr ratio and system dependence, and increased the system's resilience index. In conclusion, the presence of the tree component in SMAG improves the agroecological performance of the system.

Keywords: *Agroecological performance, ecological network analysis, modeling*

INTRODUCCIÒN

La transición global hacia sistemas agrícolas basados en principios agroecológicos se ha vuelto una necesidad urgente para garantizar la sostenibilidad de la producción de alimentos (Therond et al., 2017. En contextos como el de Cuba, donde el acceso a insumos externos es limitado, esta transformación adquiere especial relevancia, ya que los sistemas agroecológicos permiten reducir la dependencia de recursos externos mientras fortalecen la resiliencia local (Val, 2023). Entre las alternativas promisorias se destacan los sistemas silvopastoriles (SSP), cuyos arreglos agronómicos con el componente arbóreo (CA) y de establecimiento en el terreno han demostrado impactos positivos en la sostenibilidad pecuaria, por ejemplo, a través de la mejora de las propiedades de los suelos, la conservación de la biodiversidad, la promoción del bienestar animal o la mitigación de la emisión de gases de efecto invernadero (Trejo-Arista et al., 2023). En particular, el saman (*Samanea saman*) se ha comprobado que tiene la capacidad para aportar nitrógeno al sistema en forma de hojarasca y frutos (Martínez-Atencia et al., 2023). Sus frutos tienen buen valor nutricional y capacidad para reemplazar suplementos comerciales para ganado de leche (Phreyamittrachaiya y Wittayakun, 2021). Además, la suplementación con su fruto en ganado lechero mejora la producción y a calidad de la leche (Anantasook et al., 2015).

Para evaluar sistemas integrados como los que integran la agricultura y la ganadería (sistemas mixtos, SMAG), metodologías como el *Ecological Network Analysis* (ENA) resultan herramientas claves. Este enfoque permite cuantificar el desempeño agroecológico mediante indicadores de productividad, autosuficiencia, eficiencia y resiliencia, y permite analizar el efecto de prácticas innovadoras (Puech y Stark, 2023. Sin embargo, a nivel sistémico no es claro el impacto que puede tener la presencia del componente arbóreo de *S. saman* en el desempeño agroecológico de un SMAG. En este contexto, el presente estudio propone evaluar el impacto del componente arbóreo de un arreglo silvopastoril en la resiliencia de un SMAG, aportando evidencia científica para la toma de decisiones en contextos de escasez de insumos.



MATERIALES Y MÈTODOS

Se modelizó el funcionamiento de un SMAG con la metodología ENA. El SMAG estudiado está ubicado en la provincia de Camagüey, Cuba, y cuenta con componente arbóreo de algarrobo (*S. saman*), mientras que las praderas están básicamente compuestas por Camagüeyana (*Bothriochloa pertusa*), Guinea (*Megathyrsus maximus*) cv. Likoni y Mombaza. La metodología ENA comprende tres etapas: conceptualizar, modelizar y evaluar (Stark et al., 2018). En la etapa de conceptualización se representó el sistema finca en un esquema. En el concepto del sistema estudiado, para mantener la diversidad, se representó cada especie animal y vegetal como un compartimento. Además, se representó cada practica de manejo de los residuales como un compartimento individual y finalmente, se representaron tres compartimentos más, la conservación de forrajes, el suelo y la familia. Los flujos de entradas estuvieron representados, en el caso de los compartimentos pecuarios, por animales de reemplazo y alimentos. En el caso de los compartimentos agrícolas, por las semillas y la fijación biológica relacionada con las leguminosas (Ortiz, 2000). Y finalmente, en el caso del suelo por la fijación atmosférica (Crespo et al., 1998). Los flujos de los compartimentos agrícolas hacia los pecuarios estuvieron representados por productos y subproductos con destino a la alimentación animal. Para el caso de los forrajes, se presentó un compartimento intermedio representando la conservación de forrajes como heno en el SMAG. Los flujos de los compartimentos pecuarios hacia los agrícolas estuvieron representados por las deyecciones de los animales en pastoreo. Los flujos de los compartimentos agrícolas hacia el suelo estuvieron representados por la hojarasca y los desechos agrícolas no cosechados. Los flujos del suelo hacia los compartimentos agrícolas estuvieron representados por la absorción por parte de las plantas. Los flujos de los compartimentos pecuarios hacia el compartimento de manejo de los residuales estuvieron representados por las deyecciones, almacenadas y tratadas por compostaje, lombricompostaje y en el biodigestor. Los flujos de salida estuvieron representados por los productos para consumo o venta tanto de origen agrícola como pecuario. Finalmente, los flujos de perdidas estuvieron representados por la volatilización y lixiviación del nitrógeno (Gac et al., 2007; Peyraud et al., 2012).

En la segunda etapa, modelizar, se construyó una matriz a partir del concepto desarrollado en la etapa anterior; en esta matriz se cuantificaron las producciones y los flujos presentes entre los compartimentos del sistema. El nitrógeno se utilizó como nutriente ("moneda") referente. Para la cuantificación de sus flujos se hicieron estimaciones a partir de los datos obtenidos en una entrevista semiestructurada realizada al productor, y en los casos que fue necesario se utilizaron los datos reportados en la literatura para completar las estimaciones. Los rendimientos pecuarios y agrícolas fueron reportados por el productor. Para la estimación de los requerimientos de los bovinos se siguieron las recomendaciones del INRA (Agabriel, 2007), para los ovinos y las caprinos las recomendaciones del INRA (Agabriel, 2007 y del CSIRO (Nolan, 2007), para porcinos y las aves las recomendaciones brasileras (Rostagno et al., 2011) y para equinos las recomendaciones del NRC (National Research Council, 2007). La composición y el valor nutricional de los alimentos y subproductos se tomó la información de bases de datos de referencia (Anses, 2020; INRA-CIRAD-AFZ-FAO, 2019). La cuantificación se realizó tomando los datos de un año típico, utilizado como referente. Para la estimación del aporte de nitrógeno del algarrobo en el potrero (SMAG-CA) se utilizaron los datos reportados en la literatura (Martínez-Atencia et al., 2023). Para el cálculo de los flujos se utilizó la siguiente ecuación:

$$Fij = Qijk \times Mij \times Pij \times Nij,$$

donde,

Fij = flujo de N por el material k-esimo del compartimento i-esimo (sale) al compartimento j-esimo (entra) en kg

Qijk = cantidad del material k-esimo que va del compartimento i-esimo (sale) al compartimento j-esimo (entra) en kg

Mijk = % de materia seca del material k-esimo que va del compartimento i-esimo (sale) al compartimento j-esimo (entra)

Pijk = % de proteína cruda en la materia seca del material k-esimo que va del compartimento i-esimo (sale) al compartimento j-esimo (entra)

Nijk = % de nitrógeno de la proteína cruda del material k-esimo que va del compartimento i-esimo (sale) al compartimento j-esimo (entra)

En la última etapa de ENA (evaluar), se realizó el cálculo de los indicadores. Para la estructura y la integración del SMAG se calcularon los indicadores de actividad total del sistema (TST), actividad interna del sistema (TT), el indicador de información mutua promedio (AMI) y la incertidumbre estadística (Hr). Para el desempeño agroecológico del SMAG se evaluaron los parámetros productividad y resiliencia, calculados con la ayuda de una hoja de cálculo (Puech y Stark, 2023. Los algoritmos y el cálculo de los indicadores se realizó de acuerdo a lo descrito por Stark et al. 2018).

Para la simulación del sistema sin componente arbóreo (SMAG-sCA) se retiraron las entradas de nitrógeno por fijación y hojarasca al suelo. Los aportes de nitrógeno del CA a los bovinos se modificaron y se estimaron como una entrada a este compartimento desde el exterior del sistema con la compra de insumos.

RESULTADOS Y DISCUSIÒN

Las características generales del SMAG-CA estudiado se describen en la tabla 1.

Tabla 1. *Descripción general del sistema mixto agricultura-ganadería en estudio*

Característica, unidad	Valor
Área total, ha	142,3
Personal, n	13
Subsistemas pecuarios	
Bovinos, n	235
Ovicaprinos, n	7
Cerdos, n	46
Aves, n	300
Equinos, n	5
Manejo de residuales	
Compost, kg/año	42 000
Lombricompost, kg/año	18 000
Biodigestor, kg/año	11 000
Subsistemas agrícolas	
Potrero sin CA, ha	96,0
Potrero con CA, ha	26,0
Densidad CA, arboles/ha	8,5
Kingrass, ha	3,0
Maíz-frijol, ha	8,0
Yuca, ha	6,0
Plátano burro, ha	1,5
Piña, ha	1,5
Limón, ha	0,3

El modelo del SMAG-CA estudiado se presenta en el gráfico 1. En el mismo se representan en forma resumida los principales compartimentos y flujos presentes en el sistema. En el gráfico 2 se representa en forma resumida los principales compartimentos y flujos presentes en el SMAG-sCA.

Un resumen de los resultados para los indicadores se puede observar en la tabla 2. En cuanto a la estructura, se puede observar que, al retirarse el compartimento del CA, se reduce el número de compartimentos, pero dada la pérdida de los enlaces de este compartimento, la densidad de enlaces se mantiene estable en los dos sistemas. También se puede observar que la ausencia del CA reduce 1,5% la actividad total del sistema (TST). Esta diferencia se debe principalmente a la pérdida del nitrógeno fijado por el CA.

Para el caso de los indicadores de integración, el valor observado de la relación AMI/Hr en los dos sistemas es superior al reportado en trabajos anteriores en Cuba (Stark et al., 2018) u otras zonas geográficas (Rufino et al., 2009; Puech y Stark, 2023), lo que puede ser explicado por la inclusión del compartimento suelo en el análisis, el suelo es un compartimento que concentra la mayor cantidad de nitrógeno en su flujos. Este indicador se mueve de 0 a 1, entre más bajo su valor indica que hay una mayor distribución del referente, que en este caso es el nitrógeno, dentro de los flujos del sistema, caso contrario, valores más altos indican una menor distribución del referente entre los flujos del sistema, representado por una mayor concentración de flujos en algunas zonas de la red (Stark et al., 2018), que es el caso del compartimento suelo. Ahora, al revisar la relación AMI/Hr, se observa que la presencia del CA reduce el valor de esta relación, lo que implica una distribución del nitrógeno en los flujos más homogénea en esta configuración del SMAG, esto a pesar que la densidad de enlaces se mantuvo muy próxima en los dos arreglos del SMAG y que la actividad interna del sistema fue menor en el SMAG-sCA. Estos resultados demuestran la importancia del CA para favorecer la diversidad y la integración del SMAG, efecto que ya se ha observado anteriormente a nivel ecológico (Carvajal et al., 2022).

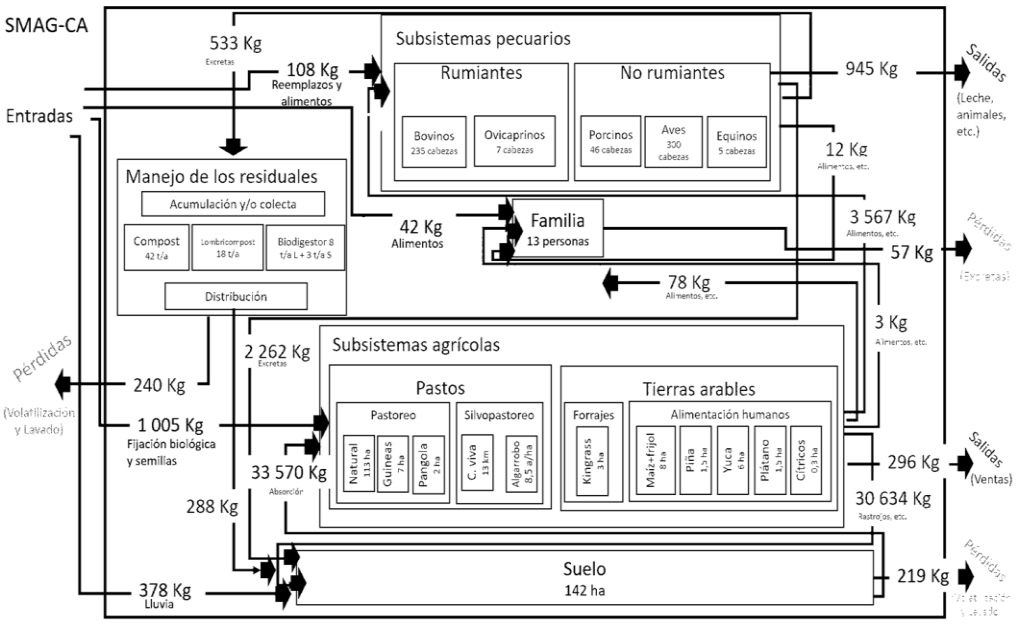


Gráfico 1. *Flujograma del sistema mixto agricultura-ganadería con componente arbóreo*

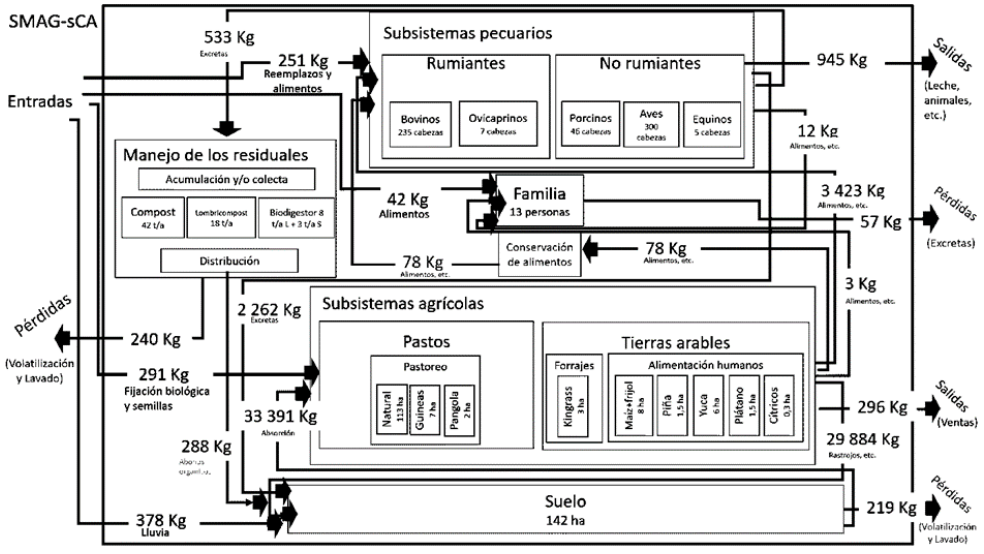


Gráfico 2. *Flujograma del sistema mixto agricultura-ganadería sin componente arbóreo*

En cuanto a la productividad, los valores observados son inferiores a los reportados en trabajos anteriores en Cuba (Stark et al., 2018) u otras zonas geográficas (Fanjaniaina et al., 2022; Puech y Stark, 2023). La baja productividad se puede explicar por el bajo nivel de ingresos en los dos sistemas, 10,8 y 6,8 kg N/ha para el SMAG con y sin CA, respectivamente. Siguiendo la recomendación de revisar la dependencia sin las fuentes naturales de nitrógeno, como la fijación simbiótica y la fijación atmosférica (Puech y Stark, 2023), se puede observar que el SMAG-sCA aumenta 65,7 % la dependencia al pasar de 1,5 N/ha a 2,5 kg N/ha. Resultado coherente con el aporte de nutrientes que realiza el CA (Martínez-Atencia et al., 2023; Phreyamittrachaiya y Wittayakun, 2021) y el aumento de la producción (Anantasook et al., 2015). Efecto que en este estudio se comprueba se mantiene a nivel de sistema.

Para el caso de la resiliencia, los valores son más bajos que los reportados en otros estudios en Cuba (Stark et al., 2018) u otras zonas geográficas (Rufino et al., 2009; Puech y Stark, 2023). Lo anterior se puede explicar por la estructura de la red de flujos que presenta concentración de flujos hacia el suelo, evidenciado en la relación AMI/Hr, se debe tener en cuenta que este compartimento no fue incluido en los estudios anteriores y evita que la mayor parte de los flujos estén representados por flujos redundantes de nitrógeno en el sistema. En cuanto al efecto del CA, se observa que la ausencia de CA en el SMAG reduce el valor de la resiliencia. Este indicador mide la fracción de la capacidad de desarrollo calculada que permanece en superávit, fracción que va a permitir al sistema responder ante una perturbación (Ulanowicz et al., 2009; Puech y Stark, 2023), en otras palabras se podría decir que la presencia de CA aumenta el superávit del sistema, lo que le va permitir responder mejor y de manera sostenible a las perturbaciones. Este efecto del CA a nivel sistémico se ha reportado a nivel ecológico (Carvajal et al., 2022) y también a nivel de conservación del sistema de producción, esto explicado por una mejoría en la productividad que se relaciona con una mayor sostenibilidad y se prevé impacta positivamente en la resiliencia del sistema (Peña-Domene et al., 2022). Sin embargo, la metodología ENA permite hacer una valoración mas objetiva del nivel de resiliencia del sistema y del efecto de la inclusión diferentes prácticas en el sistema sobre este indicador, como es el caso del presente estudio, en el que se comprobó que la inclusión de CA en el sistema mejora la resiliencia para el SMAG.

Tabla 2. *Resumen de los indicadores para el sistema mixto agricultura-ganadería con o sin componente arbóreo*

Indicadores	SMAG-CA	SMAG-sCA
Estructura		
Numero de compartimentos, n	20	19
Número de enlaces, n	70	66
Densidad de enlaces, n	3,50	3,47
Actividad total del sistema (TST), kg N/ha	511,64	504,11
Actividad interna del sistema (TT), kg N/ha	499,24	491,71
Integración		
Información mutua promedio (AMI)	1,22	1,19
Incertidumbre estadística (Hr)	1,74	1,63
Incertidumbre realizada (AMI/Hr)	0,70	0,73
Desempeño agroecológico		
Productividad, kg N/ha	8,72	8,72
Ascendencia, kg N/ha	638,53	605,91
Superávit, kg N/ha	557,58	493,77
Capacidad de desarrollo, kg N/ha	1196,11	1099,68
Resiliencia	0,47	0,45



CONCLUSIONES

A nivel sistémico, la presencia de CA en un SMAG no solo optimiza su actividad e integración mediante una distribución más homogénea del nitrógeno, sino que también confiere una mayor resiliencia al sistema, reduciendo su dependencia y fortaleciendo su capacidad de respuesta ante perturbaciones. El análisis ENA demostró ser una metodología adecuada para cuantificar estos efectos sistémicos de la inclusión de CA.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen las facilidades otorgadas por los productores de la provincia de Camagüey, Cuba y al proyecto Agroverde proLAIF por el financiamiento para desarrollar esta investigación.

BIBLIOGRAFÌA

Agabriel, J. 2007. Alimentation des bovins, ovins et caprins : Besoins des animaux, valeurs des aliments: tables Inra 2007. Editions Quae.

Anantasook, N., Wanapat, M., Cherdthong, A., y Gunun, P. 2015. Effect of tannins and saponins in Samanea saman on rumen environment, milk yield and milk composition in lactating dairy cows. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 992, 335-344. https://doi.org/10.1111/jpn.12198

Anses. 2020. Ciqual French food composition table. https://ciqual.anses.fr/

Carvajal, M., Restrepo, E. M., y Calle, Z. 2022. Sistemas silvipastoris e conectividade ecológica em uma paisagem de pastagem na região Magdalena médio, Colômbia. Revista Agroecossistemas, 142, 134-153.

Crespo, G., Rodriguez, I., Torres, V., y Ortiz, J. 1998. Estudio del reciclado de los nutrientes en sistemas de producción vacuna. Informe final de proyecto. ICA.

Fanjaniaina, M. L., Stark, F., Ramarovahoaka, N. P., Rakotoharinaivo, J. F., Rafolisy, T., Salgado, P., y Becquer, T. 2022. Nutrient Flows and Balances in Mixed Farming Systems in Madagascar. Sustainability, 142, Article 2. https://doi.org/10.3390/su14020984

Gac, A., Béline, F., Bioteau, T., y Maguet, K. 2007. A French inventory of gaseous emissions (CH4, N2O, NH3 from livestock manure management using a mass-flow approach. Livestock Science, 112(3, 252-260. https://doi.org/10.1016/j.livsci.2007.09.006

INRA-CIRAD-AFZ-FAO. 2019. Feedipedia-Animal Feed Resources Information System.

Martínez-Atencia, J., Osorio-Vega, N., León-Peláez, J., Cajas-Girón, Y., Contreras-Santos, J., y Berrío-Guzman, E. 2023. Retorno potencial de nutrientes vía hojarasca foliar en sistemas silvopastoriles en el Norte de Colombia. Agronomía Costarricense, 47(1), 9-24.

National Research Council. 2007. Nutrient Requirements of Horses: Sixth Revised Edition. National Academies Press. https://doi.org/10.17226/11653

Nolan, J. 2007. Nutrient requirements of domesticated ruminants. CSIRO publishing. https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=sJonfxmtq6EC&oi=fnd&pg=PR3&dq=ruminant+nolan+2007&ots=YUriFu5hh1&sig=23lit6FKLla7o0kvNr2pcvO1bJ0

Ortiz, J. 2000. Modelación y simulación matemática del reciclaje de N, P y K en sistemas de pastoreo vacuno en Cuba. PhD Tesis. Instituto de Ciencia Animal. Universidad Agraria de La Habana.

Peña-Domene, M., Ayestarán, L. M., Márquez, J. F., Martínez, F., Rivas, E., Carrasco, P. V., Pérez, M. N., Chang, F. A. y Martínez-Garza, C. 2022. Sistemas silvopastoriles enriquecidos: Una propuesta para integrar la conservación en la producción ganadera en comunidades rurales de Los Tuxtlas, México. Acta botánica mexicana, 129. https://doi.org/10.21829/abm129.2022.1925

Peyraud, J.L., Cellier, P., Aarts, F., Béline, F., Bockstaller, C. C., Bourblanc, M., Delaby, L., Donnars, C., Dourmad, J.-Y., Dupraz, P., Durand, P., Faverdin, P., Fiorelli, J.-L., Gaigné, C., Girard, A., Guillaume, F., Kuikman, P., Langlais, A., Le Goffe, P., Veysset, P. 2012. Les flux d'azote liés aux élevages: Réduire les pertes, rétablir les équilibres (527 p.). Inra - DEPE. https://doi.org/10.15454/hb37-n118

Phreyamittrachaiya, C., y Wittayakun, S. 2021. Nutritional value and in sacco rumen degradability of pod and leaf meals from raintree (Samanea saman) in comparison with a commercial dairy feed. J. Exp. Agri. Int, 43(8), 16-21.

Puech, T., y Stark, F. 2023. Diversification of an integrated crop-livestock system : Agroecological and food production assessment at farm scale. Agriculture, Ecosystems y Environment, 344, 108300. https://doi.org/10.1016/j.agee.2022.108300

Rostagno, H. S., Teixeira, L., Donzele, L. J., Gomes, P. C., Oliverira, R., Lopes, D. C., Ferreira, A. S., Toledo, S. L., y Euclides, R. F. 2011. Tablas brasileñas para aves y cerdos. Composición de Alimentos y Requerimientos Nutricionales. 3era Edición. Universidad Federal de Viçosa-Departamento de Zootecnia, Brasil, 167.

Rufino, M. C., Hengsdijk, H., y Verhagen, A. 2009. Analysing integration and diversity in agro-ecosystems by using indicators of network analysis. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 84(3, 229-247. https://doi.org/10.1007/s10705-008-9239-2

Stark, F., González-García, E., Navegantes, L., Miranda, T., Poccard-Chapuis, R., Archimède, H., y Moulin, C.-H. 2018. Crop-livestock integration determines the agroecological performance of mixed farming systems in Latino-Caribbean farms. Agronomy for Sustainable Development, 38(1), 4. https://doi.org/10.1007/s13593-017-0479-x

Ulanowicz, R. E., Goerner, S. J., Lietaer, B., y Gomez, R. 2009. Quantifying sustainability : Resilience, efficiency and the return of information theory. Ecological Complexity, 6(1), 27-36. https://doi.org/10.1016/j.ecocom.2008.10.005





BMA-81. Análisis de herramientas para la estimación de gases de efecto invernadero (GEI) y su aplicación en sistemas de producción doble propósito en fincas ganaderas de la cuenca del río Jesús María, Costa Rica

Tesis sometida a consideración de la División de Educación y el Programa de Posgrado como requisito para optar por el grado de Magister Scientiae en Agroforestería y Agricultura Sostenible

Andrés Vega Fonseca

Centro agronómico tropical de investigación y enseñanza, Costa Rica.

RESUMEN GENERAL

El presente estudio evaluó los impactos ambientales de la ganadería en la emisión de gases efecto invernadero, principalmente los gases metano (CH4), óxido nitroso (N2O) y dióxido de carbono (CO_2) generados en fincas ganaderas inmersas en la cuenca del río Jesús María pertenecientes al trópico subhúmedo de Costa Rica. Para el cálculo de las emisiones, se utilizó la base de datos de las 17 fincas ganaderas monitoreadas con el proyecto "Diseño de sistemas silvopastoriles como estrategia para la adaptación y mitigación al cambio climático de sistemas ganaderos del trópico centroamericano", FONTAGRO, en el periodo 2012-2013; esta información fue actualizada al período 2015.

En este estudio, se analizaron 5 herramientas de cálculo de GEI (Cool Farm Tool, EX – ACT, Modelo INTA, Modelo FONTAGRO e IMN), con el fin de comparar estas propuestas para ver cuál de ellas puede ser más apropiada para utilizar en la región. Para esto se identificaron las variables que utiliza cada herramienta para las estimaciones de GEI, separadas en cuatro ámbitos: ámbito geográfico (área de aplicación y características edafoclimáticas de la región), variables asociadas a las emisiones (categorías y características de los animales, estrategias de alimentación, pasturas, producción y costos), emisiones de GEI consideradas (emisiones por fermentación entérica, gestión del estiércol, fertilización, combustibles fósiles, electricidad y abonos orgánicos incorporados) y productos resultantes de las distintas herramientas (emisiones por producto, por área y gráficos de los resultados), para un total de 18 variables empleadas para el cálculo de las emisiones en fincas ganaderas. Apreciando que las estimaciones de GEI con valores más bajos o más conservadores fueron las herramientas generadas a nivel local, esta diferencia se relaciona con que las herramientas EX - ACT y Cool Farm Tool emplean fórmulas del IPCC con un alcance 1 (TIER 1); mientras que las generadas a nivel nacional tienen un alcance 1 y 2 (TIER 1 y 2).

Estas variables fueron validadas con expertos, donde las herramientas locales fueron las que tuvieron mayor aceptación, debido a que sus estimaciones proponían variables que contribuyen a mejorar los cálculos de emisiones principalmente en la separación de categorías para las emisiones de metano provenientes de la fermentación entérica y gestión del estiércol; mientras que las globales no presentan esta distinción, lo cual puede generar mayor incertidumbre para los análisis de GEI.

Posteriormente, se comparó las emisiones de GEI en fincas ganaderas según grupos de fincas (grande, medianas y pequeñas), con el fin de conocer cómo incide el manejo del sistema de producción ganadero en las emisiones de GEI en la región. Las emisiones de GEI totales de la finca fueron estandarizadas con la unidad de medida CO2e. Las fincas grandes presentaron los valores más altos de emisiones de GEI, y los más bajos las fincas pequeñas (grandes 139,48; medianas 95,95; pequeñas 42,03 t CO2e/año). Donde la mayor emisión proviene de la fermentación entérica (grande 86%, medianas 81%, pequeñas 72%); estas diferencias están relacionadas con la carga animal y el tipo de alimentación, siendo mayor en las fincas grandes.

Lo anterior se evidencia a nivel del hato, donde las mayores emisiones provienen del ganado en producción d esta categoría en las fincas posee el mayor número de animales (22,9 t CO2e/año), seguido de vacas secas (14,70 t CO2e/año) y novillas (9,98 t CO2e/año) con menores emisiones. Sin embargo, al comparar por eficiencia ganadera o de manejo de la finca, las emisiones por producto de leche y carne fueron 2,22 kg CO2e/kg leche y 33,3 kg CO2e/kg de carne, siendo menor en fincas grandes (1,50 kg CO2e/kg leche) debido a que presenta una mayor producción de leche mediante el uso de una mejor alimentación y nutrición en los animales; mientras que en fincas pequeñas y medianas tuvieron valores mayores (1,97 y 2,92 kg CO2e/kg leche), y en emisiones por kg de carne las fincas grandes y medianas tuvieron los menores valores (26,98 y 25,47 kg CO2e/kg carne) que las fincas pequeñas (43,70 kg CO2e/kg carne), siendo estas las mayores emisoras.

Se evidencia que el manejo eficiente de la alimentación principalmente en la calidad de la dieta y la implementación de buenas prácticas ganaderas favorecen a reducir las emisiones de GEI asociadas al aumentar la eficiencia de los animales y también reflejando una mayor productividad y rentabilidad de las fincas con una menor intensidad de emisiones. Sin embargo, el estudio no encontró relación entre ingresos o ganancia por unidad de producto con la intensidad de emisiones.

SUMMARY

This study evaluates the environmental impacts of livestock in the emission of greenhouse gases, mainly methane gas (CH4), nitrous oxide (N2O) and carbon dioxide (CO_2) generated immersed cattle ranches in the Rio Jesus Maria belonging to the humid tropics of Costa Rica. To calculate emissions database of the 17 cattle farms monitored the project "Design of silvopastoral systems as a strategy for adaptation and mitigation of climate change livestock systems of the Central American tropics" FONTAGRO in the 2012-2013 period was used this information was updated to 2015 period.

In this study five methodological proposals (Cool Farm Tool, EX - ACT Model INTA, Model FONTAGRO and IMN) were analyzed in order to compare these proposals to see which of them may be more appropriate to use in the region. Geographical area (area of application and soil and climatic characteristics of the region), variables associated with emissions (categories and characteristics of animals, strategies: For this the variables used by each tool for GHG estimates, separated into four areas identified food, pasture, production and costs), GHG emissions considered (emissions from enteric fermentation, manure management, fertilizer, fossil fuel, electricity and organic fertilizer incorporated) and products resulting from the various tools (emissions per product, per area and graphics results). For a total of 18 variables used to calculate emissions on cattle farms, appreciating that estimates of GHG with lower values or conservative were the tools generated locally, this difference is related to the EX tools - ACT and Cool Farm tool IPCC formulas used with scope 1 (TIER 1) while nationally generated has a scope 1 and 2 (TIER 1 and 2). Subsequently, these variables were validated with experts, where local tools were those that had greater acceptance, because their estimates proposed variables that contribute to improve emission estimates mainly on the separation of categories for methane emissions from enteric fermentation and manure management, while global not have this distinction, which can generate more uncertainty for GHG analysis.

Later GHG emissions on cattle farms was compared by groups of farms (large, medium and small) in order to know how management affects livestock production system in GHG emissions in the region. Total GHG emissions from the farm were standardized with the measurement unit CO2e. Large farms had the highest values of GHG emissions, and lower the (large 139,48, medium 95,95; small 42,03 t CO2e/year) small farms. Where most emissions come from enteric fermentation (86% large, 81% medium, small 72%), these differences are related to stocking and type of feed, being higher in large farms. This is evidenced herd level, where the greatest emissions come from livestock production where this category on farms has the largest number of animals (22,9 t CO2e/year), followed by dry cows (14,70 t CO2e/year) and heifers (9,98 t CO2e/year) with lower emissions. However, when comparing efficiency by livestock or farm management, product emissions milk and meat were 2,22 kg CO2e/kg milk and 33,3 kg CO2e/kg meat is lower in large plantations (1,50 kg CO2e/kg milk) because it has a higher milk production using better food and nutrition in animals, while in small and medium farms had higher values (1,97 and 2,92 kg CO2e/kg milk) and emissions per kg of meat large and medium farms had the lowest values (26,98 and 25,47 kg CO2e / kg meat) that small farms (43,70 kg CO2e /kg meat) and these are the greatest stations. Demonstrating that the efficient management of feeding mainly on diet quality and implementation of good farming practices favor to reduce GHG emissions associated with increasing the efficiency of animals and also reflecting increased productivity and profitability of farms lower emissions intensity. However, the study found no association between income or profit per unit of output with emission intensity.





BMA-82. Inclusión de la harina de semillas de Ramón (*Brosimum alicastrum*) sobre la producción de gas y la degradabilidad *in vitro*

Inclusion of Ramón (*Brosimum alicastrum*) seed meal on gas production and degradability *in vitro*

M.P. Utrilla-García[1]., E.J. Pérez -Luna[2**]., I.A. Valdivieso-Pérez[1***]., J. Canul-Solís[3]., E. Aguilar-Urquizo[1]., S.G. Bautista-Parra[1]., A. Pérez-Gutiérrez[1]., V.G. Quintal-Solís[1]., D.N. Arcos-Alvarez[1]., Á.T. Piñeiro-Vázquez[2****]*

[1]Tecnológico Nacional de México/I.T. Conkal. Avenida Tecnológico Conkal C.P 97345, Yucatán, México.
[2] Facultad de Ciencias Agronómicas, Campus V, Universidad Autónoma de Chiapas, C.P. 30475, Villaflores, Chiapas.
[2.]Tecnológico Nacional de México/I.T. Conkal. Avenida Tecnológico Conkal C.P 97345, Yucatán, México.
[3] Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Tizimín, Tizimín 97702, Yucatán, México. *Autor de correspondencia: Ángel Trinidad Piñeiro Vázquez. Tecnológico Nacional de México/I.T. Conkal. C.P. 97345. Mérida Yucatán, México.

[*]Correspondencia a: magda_1031@hotmail.com.
[**]Correspondencia a: eperezl@unach.mx.
[***]Correspondencia a: abril.vp@conkal.tecnm.mx.
[****]Correspondencia a: angel.pv@conkal.tecnm.mx

ABSTRACT

Tree legume seeds are used as a feed supplement and are an important source for ruminants. The objective was to analyze the effect of in vitro and in situ degradation of ramon seed meal. Dry matter, ash, organic matter, gas production and protozoa were determined. The following groups were established: T0 as a control treatment without ramson seed meal, T1 with 30% B. alicastrum seed meal, T2 with 25%, T3 with 20%, T4 with 15%, T5 with 10% ramson seed meal and T6 with 5% ramson seed meal. The statistical analysis was a completely randomized design. The highest biogas production ($P \leq 0.05$) was observed in treatment T15. No effect ($P \leq 0.05$) was observed on the protozoan population, between treatments T20 at 48 and T30 at 72 showed lower protozoan concentrations. DM and OM degradability at 48 and 72 hours was higher in the treatments that incorporated Ramón seed meal, finding a dry matter degradability value of *B. alicastrum* of 60.2%. Therefore, they indicate that *Brosimum alicastrum* meal is a viable alternative for feeding ruminants in the dry tropics due to its chemical and fermentative characteristics.

Keywords: *Degradation, alternative ingredient, fermentation parameters, chemical composition, sheep.*

RESUMEN

Las semillas de leguminosas arbóreas se utilizan como suplemento alimenticio y son una fuente importante para rumiantes. El objetivo fue analizar el efecto de la degradación in vitro e in situ de la harina de semilla de ajo silvestre. Se determinó materia seca, cenizas, materia orgánica, producción de gas y protozoos. Se establecieron los siguientes grupos: T0 como tratamiento control sin harina de semilla de ajo silvestre, T1 con 30% de harina de semilla de *B. alicastrum*, T2 con 25%, T3 con 20%, T4 con 15%, T5 con 10% de harina de semilla de ajo silvestre y T6 con 5% de harina de semilla de ajo silvestre. El análisis estadístico fue un diseño completamente aleatorizado. La mayor producción de biogás ($P \leq 0.05$) se observó en el tratamiento T15. No se observó efecto ($P \leq 0.05$) sobre la población de protozoos, entre los tratamientos T20 a 48 y T30 a 72 mostraron concentraciones de protozoos más bajas. La degradabilidad de la MS y la MO a las 48 y 72 horas fue mayor en los tratamientos que incorporaron harina de semilla de Ramón, encontrando un valor de degradabilidad de la materia seca de B. alicastrum del 60,2%. Por lo tanto, indican que la harina de Brosimum alicastrum es una alternativa viable para la alimentación de rumiantes en el trópico seco debido a sus características químicas y fermentativas.

Palabras clave: *Degradación, ingrediente alternativo, parámetros de fermentación, composición química, ovino*.

INTRODUCCIÓN

El crecimiento de la población en la última década ha generado una creciente demanda de productos básicos, especialmente de aquellos de origen animal, como leche y carne, fenómeno conocido como "revolución ganadera" (Latino, 2020). Este fenómeno conlleva un mayor uso de recursos naturales y la degradación de suelos, lo que a su vez provoca un incremento en las tasas de deforestación y la pérdida de biodiversidad (Steinfeld, 2019). Estas dinámicas contribuyen al efecto invernadero a través de la emisión de gases, intensificando el cambio climático y favoreciendo la aparición de enfermedades zoonóticas, lo que representa un desafío significativo para la salud pública (Steinfeld *et al*., 2006; FAO, 2013). Entre los principales gases generados por la ganadería, especialmente por los rumiantes, se encuentran el metano (CH4), el amonio (NH4), el dióxido de carbono (CO2) y el óxido nitroso (N2O) (Gerber *et al*. 2013; Davison *et al*. 2020). Estos gases se producen en el rumen y su mitigación es posible mediante estrategias de alimentación que mejoren la digestibilidad de la materia seca y orgánica (MS y MO), así como la modificación de la

microbiota ruminal a través de subproductos que contengan metabolitos secundarios (Davison *et al*., 2020; Thompson y Rowntree *et al*. 2020; Honán *et al*. 2021). En este contexto, las actividades pecuarias son fundamentales para la economía de los países en desarrollo y juegan un papel crucial en la seguridad alimentaria, siendo una fuente de sustento para cerca de mil millones de personas en las poblaciones más vulnerables del mundo (Enahoro *et al*. 2019; Almeida *et al*. 2021). En Yucatán, la producción de una amplia variedad de especies vegetales que se comercializan localmente podría representar una alternativa viable como fuente de sustancias bioactivas, capaces de ayudar a reducir la producción de CH4 mediante la modulación del microbioma ruminal (Steinfeld *et al*. 2006, Gerber *et al.* 2013, FAO, 2013, Steinfeld, 2019, Latino *et al*. 2020, Davison *et al*. 2020 y Thompson *et al*. 2020). El Árbol de ramón, originario de México y América Central, se presenta como una opción prometedora para la alimentación de rumiantes (Anderson *et al*., 2015). El valor nutricional de estas semillas es notable, ya que poseen un alto contenido de proteínas y aminoácidos, incluyendo el triptófano, que suele ser escaso en dietas predominantemente basadas en maíz (Núñez y Dhondt, 2009). Por ello, el presente estudio tiene como finalidad evaluar el efecto de la inclusión de esta harina en la cinética de producción de gas, tanto en condiciones in vitro como *in situ*.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en el laboratorio de fisiología digestiva del Instituto Tecnológico de Conkal, situado en Yucatán, México (21°0445.9 n y 89°2957.7 w). El clima que predomina en la región es tropical sub–húmedo con temperaturas máximas promedio de 36 °C en verano y 30 °C en invierno (García, 1988).

Tratamientos. En la tabla 1 se describen los tratamientos evaluados que estuvieron compuestos por mezclas que tenían diferentes porcentajes de inclusiones de harina de semilla de ramón.

Tabla 1. *Tratamientos y porcentajes de inclusión de harina de ramòn*

Tratamiento	Código	Harina *Brosimum alicastrum* (%)
Tratamiento 1	T1	T0
Tratamiento 2	T2	T5
Tratamiento 3	T3	T10
Tratamiento 4	T4	T15
Tratamiento 5	T5	T20
Tratamiento 6	T6	T25
Tratamiento 7	T7	T30

Material vegetativo y animales. Se utilizaron cinco machos de la raza Pelibuey, como donantes de líquido ruminal, con un peso corporal promedio de 42±3 kg. Las ovinos se alojaron en jaulas individuales con libre acceso al consumo de agua y alimento. Los ovinos se sometieron a un periodo de adaptación al experimento de 30 días. Las semillas se cosecharon manualmente de árboles seleccionados en la región durante los meses de junio y julio de 2024, una vez alcanzada su madurez fisiológica, y se procesaron mediante despulpado, secado al sol y molienda en un molino Wiley con un tamiz de 2 mm, siguiendo un procedimiento similar para el pasto estrella, asegurando así la homogeneidad de las muestras durante la degradación.

Producción de gas *in vitro*. La producción de gas se realizó según la técnica descrita por Theodorou *et al.* (1994). Se utilizó un medio de cultivo compuesto por solución buffer, solución de macrominerales y microminerales, solución reductora y resarzurina (Goering y Van Soest, 1970). El líquido ruminal se mantuvo en un termo a temperatura constante de 39 °C para ser trasladado al laboratorio de fisiología digestiva donde se filtró a través de cuatro capas de gasa para obtener únicamente la fracción liquida. Se usaron 105 botellas de 100 ml, con tapón hermético de goma; cada uno contenía 1.0 g de muestra correspondiente a cada tratamiento. Estas botellas se incubaron en baño maría a 39º C, con agitación constante. La presión originada por la acumulación de gases en los frascos fue medida con manómetro, las lecturas de producción de gas re realizaron a las 24,48 y 72 horas de fermentación.

Degradabilidad *in vitro* de la materia seca. Se determinó mediante el pesaje de los residuos recuperados de la fermentación después de filtrar las botellas retiradas a las 24, 48 y 72 horas de incubación. En cada uno de los horarios, se retiraron cuatro botellas del baño maría por tratamiento para detener el proceso fermentativo. Posteriormente, se filtró el contenido de cada una de las muestras a través de papel filtro y estas se secaron durante 48 horas a 65 ºC en una estufa con circulación forzada de aire. El papel filtro con el contenido de materia seca de cada botella se pesó en una balanza analítica. La digestibilidad de la materia seca (DIVMS) se calculó mediante la diferencia entre el contenido inicial de MS y el de MS no degradada, y se expresó como porcentaje de la MS inicial.

Degradación de la materia orgánica. Para **c**alcular la materia orgánica se siguió la metodología por AOAC (1990). Se pesó un gramo aproximadamente, se utilizo un crisol y se calcino durante cuatro horas a 550 Cº transcurrido este tiempo se enfriaron las muestras y pesaron para determinar el porcentaje de la materia orgánica. Se calculó como la diferencia entre la materia orgánica inicial de la harina antes de la incubación y los resultados de la materia orgánica final después de los tiempos de incubación *in vitro,* divididos entre los valores de materia orgánica inicial, multiplicado por 100.

Diseño experimental y análisis estadístico. Los datos fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA) utilizando el procedimiento PROC GLM del SAS, (SAS, 2012). Las comparaciones de medias entre los diferentes tratamientos se realizaron mediante una prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

Resultados

Al incorporar la harina de semilla *Brosimum alicastrum* en la dieta, como se muestra en la (Tabla 2), se registró un incremento en la concentración de ceniza, lo cual varió de 7.34% a 16.42% *B. alicastrum*.

Tabla 2. *Composición química de los tratamientos (%)*

Componente (%)	T0	T5	T10	T15	T20	T25	T30
MS	88.80	89.60	89.49	88.80	90.30	92.57	92.36
MO	88.60	88.40	89.85	89.71	89.90	91.80	91.50
Fibra	10.33	10.30	10.29	10.28	10.55	10.60	10.40
Proteína	15.43	15.50	15.46	15.43	14.56	14.23	14.70
Cenizas	10.15	10.33	10.15	10.30	12.50	12.50	7.34

TC, T1, T2, T3, T4, T5, T6: 0, 30, 25,20.15, 10,5% de harina de ramón

Cinética de producción de gas: Se registraron diferencias significativas entre tratamientos ($p<0.05$). La máxima producción de gas en los tratamientos evaluados se registró a las 72 en el T15 (325.44 ml/g MS) y la más baja en la hora 24 en el T30 (127.92 ml/g MS) (Tabla 3).

Degradabilidad de la materia seca (DMS). Se muestra los resultados de la DMS en los cuales se vio influenciada por la adición de harina de *B. alicastrum*, observándose un aumento en la degradación a medida que se extendía el tiempo de incubación a 24,48 y 72 horas ($p<0.001$). A las 24 horas, los tratamientos T10 y T20% mostraron los niveles más altos de degradación, alcanzando un 51.10% y un 61.52%, respectivamente, superando al control que presentó un 40.12%. En el análisis a las 48 horas, el T25 destacó con una degradabilidad del 63.36%, mientras que los demás tratamientos mostraron resultados similares entre sí. Al evaluar la degradación a las 72 horas, se observó un incremento en el T25 conforme aumentaba el porcentaje de ramón, manteniendo una degradación del 63.36% (Tabla 3).

Degradabilidad de la materia orgánica (DMO). En lo que respecta a la degradabilidad de la materia orgánica (DMO), se encontraron diferencias significativas a las 24 y 72 horas de incubación, ($P<0.001$) siendo el tratamiento T25 el que presentó los valores más altos. Sin embargo; a las 48 horas no se registraron diferencias significativas en la degradación de la materia orgánica ($P>0.01$), pero se observó un porcentaje alto de DMO en el T25.

Tabla 3. *Efecto de inclusión harina de semilla de ramón en la producción de gas in vitro, degradabilidad de la materia seca y materia orgánica.*

Tratamientos									
Tiempo (h)	T0	T5	T10	T15	T20	T25	T30	EEM	p-valor
Producción de gas total (mL/g MS)									
24	150.00	153.33	142.50	148.23	159.27	250.83^{a}	127.92	7.609	0.019
48	166.04^{bc}	181.35^{b}	132.92^{c}	184.48^{b}	163.23^{bc}	315.58^{a}	169.13^{b}	7.092	<.0001
72	272.00^{abc}	320.02^{ab}	268.88^{abc}	62.23^{ab}	305.85^{ab}	250.83^{a}	210.75^{c}	0.109	0.020
Degradación de la materia seca (%)									
24	40.12 ^{ab}	44.42 ^{ab}	51.10 ^{ab}	49.0 ^{ab}	61.52 ^{ab}	32.43 ^{b}	41.33 ^{ab}	5.229	<.0001
48	41.20	51.52	54.73	59.60	50.30	63.36	53.23	3.007	<.0001
72	55.23^{ab}	51.32^{b}	62.23^{ab}	62.23^{ab}	56.03^{ab}	67.45 ^{a}	52.60^{ab}	3.020	<.0001

Degradación de la materia orgánica (%)									
24	36.86^{b}	37.51 ^{ab}	48.55 ^{ab}	47.82 ^{ab}	58.84^{a}	30.76^{a}	35.85^{b}	4.608	<.0001
48	47.22	47.46	43.04	47.22	49.05^{a}	62.29	46.46	5.317	<.0001
72	49.72^{ab}	46.73^{ab}	57.51^{ab}	59.17^{ab}	53.09^{ab}	65.60^{a}	45.91^{b}	3.020	<.0001

Las columnas que presentan letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas (p < 0.001). El error estándar de la media (SEM) se ha calculado con un tamaño de muestra de 7. Los tratamientos se clasifican de la siguiente manera: TC corresponde al tratamiento control, que no incluye harina de Ramón (0%); T1 incluye un 30% de harina de Ramón; T2, un 25%; T3, un 20%; T4, un 10%; y T5, un 5% de inclusión de harina de Ramón.

DISCUSIÓN

Producción de gas *in vitro*: La cinética de producción de gas *in vitro* se obtiene de una fermentación anaerobia de carbohidratos solubles o pared celular con microrganismos del rumen Sánchez y Santillán *et al.* (2015) y es una medida indirecta de la de gradación de los sustratos Lara *et al*. (2009). Está estrechamente vinculada a la degradabilidad del sustrato, la generación de ácidos grasos volátiles (AGV) y el crecimiento microbiano (Ramos *et al*.2014, Maia *et al*.2016, Ley-de Coss *et al*. 2018). Los ensayos de producción de gas *in vitro* revelaron una interacción entre los diferentes tratamientos y los tiempos de medición (Tabla 3), lo cual indica que la producción de gas aumentó con el tiempo de incubación. Sin embargo, el tratamiento T30 mostró la menor producción de gas a las 24 h con un total de 127.92 mL. Sin embargo, en la fase final de la fermentación, a las 72 horas, se observó un comportamiento diferente, donde el tratamiento T15 alcanzó valores máximos de 325.44 mL. Este aumento en la producción de gas sugiere una mayor disponibilidad de MO del sustrato, lo que permite una fermentación más eficiente por parte de los microorganismos del rumen. Este fenómeno está relacionado con la calidad, la digestibilidad y el valor energético del alimento analizado (Mtui *et al*. 2009 y Munde *et al*. 2021). Resultados contrarios fueron mencionados por Foidl *et al.* (2001), quienes observaron que, al incrementar los niveles de soya, la producción de gas aumentaba y que este incremento no era un indicio de un mejor aprovechamiento del alimento. Hernández, M. (2016) reportó producción de gas de 123.20 y 133.26 ml g^{-1} MS para la harina de frutos de cuaulote (*Guazuma ulmifolia*) y guaje (*Leucaena leucocephala*); estos resultados son superiores a los reportados en el presente trabajo.

Degradabilidad de la materia seca (MS). Estudios reportados por Molina-Botero *et al* (2013) y García *et al* (2015) al evaluar leguminosas, observaron un incremento de la degradabilidad de la MS a medida que aumentaron los niveles de inclusión. Por su parte, Rodríguez *et al*. (2014) mencionan que la degradabilidad está relacionada con el contenido de proteína cruda y fibra detergente neutra, debido de que algunas especies arbóreas presentan poca disponibilidad de metabolitos secundarios. Los resultados de este estudio concuerdan con Velázquez *et al.* (2011) quienes especifican que las semillas de leguminosas son alimentos de buena calidad para los rumiantes. Digestibilidad *in vitro* de las dietas no se vio influenciada por los niveles de inclusión de harina de semilla de ramón. Este resultado es favorable, ya que indica la ausencia de elementos y o factores antinutricionales. En un estudio en el que evaluaron la degradabilidad de la MS de *Brosimum alicastrum* mostro valores comparables a este estudio alcanzando una degradabilidad de 58.63% a las 72 horas de fermentación (Delgado *et al*., 2002). Esto confirma el potencial de este recurso local para alimentación de los rumiantes mediante la inclusión en la dieta. La estimación de la degradación de alimentos para rumiantes mediante métodos *in vitro* predice la digestibilidad de la MS (Blummel *et al*. 2005). Además, los valores de la degradabilidad de la MS de vainas de guaje (46.89 %) y cuaulote (44.92 %) reportados por Hernández-Morales *et al.* (2018) son similares a los reportados en este estudio.

Digestibilidad de la materia orgánica (DMO). Estuvo influenciada por la incorporación de harina de semilla de ramón; sin embargo, a diferencia de la degradabilidad de la MS, el valor más elevado se registró en T25 (p<.0001). En investigaciones previas que analizaron la composición química de diversas especies arbóreas de *Leucaena leucocephala* con un nivel de inclusión del 30%, no se encontraron diferencias. Asimismo, Munde *et al*. (2021) documentó valores de DMO que oscilaron entre 53.5 y 59.46% a las 72 horas, con inclusiones del 20 y 40% de cáscara de maracuyá, lo que refuerza la idea de que ciertos subproductos vegetales pueden ser utilizados para mejorar la digestibilidad en rumiantes. Pereira *et al*. (2009) reportaron que las degradabilidades de los ensilajes de *Pennisetum purpureum* variaron entre 52.69% y 60.22% al incorporar entre un 10% y un 30% de cáscara de maracuyá en su investigación. Esta interacción no solo mejora la disponibilidad de nutrientes, sino que también promueve cambios en el microbiota ruminal, como se indica en el estudio de Medina *et al*. (2015). La inclusión de harina de semilla de ramón en la dieta de rumiantes modifica la digestión, la cinética de fermentación y metabolismo del nitrógeno, lo que provocan cambios en las comunidades microbianas del rumen (Maya Nut Institute, 2007; Asenjo, 1992; Roque *et al*. 2019). Al respecto, McAllister *et al.* (1994) indicaron que la baja digestibilidad de materia orgánica en las semillas de las leguminosas, con alto contenido de taninos, está relacionada con los enlaces de esta a los constituyentes de la dieta y la disminución de la actividad de las bacterias en el proceso de degradación ruminal de las macromoléculas del alimento.



CONCLUSIONES

La composición química de la harina de semilla de ramón presenta características idóneas de un recurso promisorio para su uso en la alimentación de los rumiantes. Los ensayos *in vitro* realizados, revelaron que la producción de gas y degradabilidad in vitro de la harina en la dieta no afecta negativamente la degradabilidad de la materia seca y orgánica. Por lo tanto, demuestra que la harina puede ser considerada una alternativa interesante como sustituto en las dietas de rumiantes.

BIBLIOGRAFÍA

Almeida, A., Hegarty, R.S., Cowie, A. 2021. Metanálisis que cuantifica el potencial de los aditivos dietéticos y modificadores del rumen para Mitigación del metano en sistemas de producción de rumiantes. Animación. Nutrición;(7):1219-1230.

Avila, S.N., Y., López, G.S. J, Galicia, J.M. M, González, C.G. D. J, Camacho, E.M. A. 2020. Efecto de la incorporación de arbóreas a dietas de Cynodon nlemfuensis durante la fermentación ruminal in vitro. *Terra Latinoamericana*, *38*:2, 403-412.

Anderson, C., Malambo, D.H, González, P.M.E, Nobela, H.N, De Pooter, L, Spit, J, Brdjanovic, D. 2015. Lactic acid fermentation, urea and lime addition: promising faecal sludge sanitizing methods for emergency sanitation. *International journal of environmental research and public health*, *12*: 13871-13885.

AOAC. 1990. Métodos aprobados de asociación de químicos analíticos oficiales, 5ª ed.; AOAC: Arlington, VA, EE. UU.,

Asenjo, C. 1992. Caracterización y usos de la semilla del árbol Ramón (Brosimum alicastrum). Tesis Mag. Sc. Nutricionista. Guatemala, .GT, USAC/INCAP.133.

Blümmel, M. Cone, J., W. Gelder, A., H. Nshalai, I., Umunna, N., N. Makkar, H., P.S. Becker, K. 2005. Prediction of forage intake using in vitro gas production methods: comparison of multiphase fermentation kinetics measured in an automated gas test, and combined gas volumen and subtrate degradability measurements in a manual syringe system. Anim Feed Sci Tech 123-124: 517-526. doi: 10.1016/j.anifeedsci.

Asenjo, C. 1992. Caracterización y usos de la semilla del árbol Ramón (Brosimum alicastrum). Tesis Mag. Sc. Nutricionista. Guatemala,GT, USAC/INCAP. 133.

Davison, T.M., Negro, J.L., Moss, J.F. 2020. Carne roja: un socio esencial para reducir las emisiones globales de gases de efecto invernadero. Animación. Frente; 10: 14-21.

Delgado, D. C., La, O. Santos, Y. (2002). Determinación del valor nutritivo del follaje de dos árboles forrajeros tropicales: Brosimum alicastrum y Bauhinia galpinii. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 4:391-395.

Enahoro, D., Mason, D'.C., Mul, M., Rich, K.M., Robinson, T.P., Thornton, P., Staal, S.S. 2019. Apoyo a la expansión sostenible de la producción ganadera en Asia meridional y África subsahariana: análisis de escenarios de opciones de inversión. Seguridad alimentaria mundial. 20:114-121.

Food and Agriculture Organization (FAO). 2013. World Livestock Changing Diseases Landscapes. Roma, Italia.

Galindo, J., Marrero, N., González, A. 2003. Efecto del follaje de dos árboles tropicales (Brosimum alicastrum y Leucaena leucocephala) en la población microbiana ruminal en condiciones in vitro. Revista Cubana de Ciencia Agrícola. 2003; 37: 395-400.

Gutiérrez, D. Borjas-Rojas E., Rodríguez-H. R., Rodríguez, Z, Stuart R., Sarduy, L. 2015. Evaluación de la composición química y degrada bilidad ruminal in situ de ensilaje mixto con Pennisetum purpureum cv Cuba CT-169: Moringa oleifera. Av Investig Agropecu 19: 7-16.

García, F., L., Bolaños-Aguilar, E. D., Ramos-Juárez, J., Osorio Arce, M., & Lagunes-Espinoza, L. D. C. (2015). Rendimiento y valor nutritivo de leguminosas forrajeras en dos épocas del año y cuatro edades de rebrote. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 4: 453-468.

García, E. 1981. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen, 4th ed.; FOCET Larios, S.A., México, D.F., Eds; Universidad Nacional Autónoma de México: Mexico City, Mexico.

Gerber, P., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., Falcucci, A., Tempio, G. 2013. Abordar el cambio climático a través de la ganadería: una evaluación global de las emisiones y las oportunidades de mitigación; Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO): Roma, Italia.

Honán, M., Feng, X., Tricarico, J.M., Kebreab, E. 2021. Aditivos alimentarios como enfoque estratégico para reducir el metano entérico en el ganado: modos de acción, eficacia y seguridad. Animción. Pinchar. Ciencia; 62:1303–1317.

Hernández M., J. Sánchez S., P. Torres S., N. Herrera, P., J. Rojas, G., A.R, Reyes, V., I. Mendoza, N., M.A. 2018. Composición química y degradaciones in vitro de vainas y hojas de leguminosas arbóreas del trópico seco de México. Rev Mex Cienc Pecu 9:105- 120. doi: 10.22319/rmcp.v9i1.43-32.

Latino, R., Pica, C., Dominik, W. 2020. Africa: The livestock revolution urbanizes. Global Food Security; 26:1-17.

Ley de Coss, A., Guerra,M.E., Montañez, V. O., Guevara, F., Pinto, R., Reyes G., J. A. 2018. Producción in vitro de gas metano por gramíneas forrajeras tropicales. Rev MVZ Córdova 2018; 23: 6888-6898.

Lara, P., E. Canché, M., C. Magaña, H. Aguilar, E. Sanginés, J., R. 2009. Producción de gas in vitro y cinética de degradación de harina de forraje de morera (Morus alba) mezclada con maíz' Revista Cubana de Ciencia Agrícola,43: 273-279

Mafakher, E., Meskarbashee, M., Hassibi, P., Mashayekhi, M.R. 2010. Study of chemical composition and quality characteristics of corn, sunflower and corn-sunflower mixture silages. Asian J Anim Vet Adv 2:174-179.

Maia, M., Fonseca, A., Cortés, P.P. 2019. Evaluación in vitro de macroalgas como ingredientes no convencionales en alimentos para animales rumiantes. Res. De algas. 40: 10148.

Maia M., Fonseca, A., Oliveria, H., Medonça, C., Cabrita, A. 2016. El papel potencial de las algas en el medio natural. Manipulación de la fermentación ruminal y la producción de metano. Ciencia. Rep. 6: 32321.

Maya Nut Institute. 2007. Semilla de Ramón e ingredientes derivados para su uso en alimentos 2007 (en línea). Consultado 13 jun, 2024. Disponible en http://www.mayanutintitute.org/pdfESTUDIOGRASESPANIOL.

Medina, M. 2015. Degradabilidad ruminal in situ de ensilajes de pasto saboya con diferentes niveles de inclusión de cáscara de maracuyá. Tesis Magister en Producción Animal. Universidad Tecnológica Equinoccial. Santo Domingo, Ecuador.

Menke, H.K, Raab, L., Salewski, A., Steingass, H., Fritz, D., Scheneider W. 1979. The estimation of the digestibility and metabolisable energy content of ruminant feeding stuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor. J. Agric Sci. : 3.

Menke, K.H., Steingass, H. 1988. Estimación del valor energético de la alimentación obtenido a partir del análisis químico y la producción de gas in vitro. Utilizando líquido ruminal. Animación. Res. Desarrollo. 28: 7–55.

Mtui, D.J, Lekule, F., Shem, M., Ichinohe, T., Fujihara, T. 2009. Comparative potential nutritive value of grasses, creeping legumes and multipurpose trees commonly in sub humid region in the Eastern parts of Tanzania. Livestock Research for Rural Development 21 (10). http://www.lrrd.cipav.org.col/lrrd21/10/cont2110.htm.

Munde, V.K., Das, A., Singh, P., Verma, A.K., Muwel, N., Mishra, A., Deb R, Raje, K. 2021. Influence of Kappaphycus alvarezii and Gracilaria salicornia Supplementation on in Vitro Fermentation Pattern, Total Gas and Methane Production of Mixed Substrates. DOI: https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-601180/v1.

Molina, B. I., Cantet JM, Montoya S, Correa-Londoño GA, Barahona-Rosales R. 2013. Producción de metano in vitro de dos gramíneas tropicales solas y mezcladas con Leuca ena leucocephala o Gliricidia sepium. Rev CES Med Vet Zootec 8: 15-31.

Núñez, C., Dhondt, M. 2009. Sistematización de experiencias de la producción, transformación y comercialización de la semilla del árbol de Masica. Honduras: ANAFAE.

Orskov, E., Howell, F., Mould, F. 1980. The use of the nylon bag technique for the evaluation of feeds- tuffs. Tropical animal production 5:195-21.

Pereira, E., Filho, J., Freitas, E., Neiva, J., Cândido, M. 2009. Valor energético de subproductos da agroindustria brasileira. Archivos de zootecnia. 58(223): 455-459

Rodríguez, R., González, N., Alonso, J., Domínguez, M., Sarduy, L. 2014. Valor nutritivo de harinas de follaje de cuatro especies arbóreas tropicales para rumiantes. Revista Cubana de Ciencia Agrícola; 48(4): 371-378.

Roque, B.M., Brooke, C.G., Ladau, J., Polley, T., Marsh, L.J., Najafi, N., Pandey, P., Singh, L., Robert, K., Joan K.S., Eloe-Fadrosh, E. 2019. Effect of the macroalgae Asparagopsis taxiformis on methane production and rumen microbiome assemblage. Animal Microbiome, 1:1-14.

SAS Institute. *User's Guide: Statistics Version 9.4*; SAS Inst. Inc.: Cary, NC, USA, 2012.

Steinfeld, H.R., Gerber, P., Wassenaar, T., Castel, V., Rosales, H.C. 2006. Livestock's Long Shadow. Environmental Issues and Options. FAO, Rome.

Steinfeld, H.R.T.C. 2019. Molecules, money, and microbes. Sustainable Food and Agriculture. An Integrated Approach. Academic Press, Cambridge, MA, USA, 594.



Sánchez, S., P. M. Meneses, M., L. Miranda, R., E. Santella, E. Alarcón, Z., B. 2015. 'Actividad fibrolítica y producción de gas por Pleurotus ostreatus-IE8 y Fomes fomentarius-EUM1 en bagazo de caña', Revista MVZ Córdoba, vol. 20: 4907-4916. SAS 2011. SAS/STAT Software. Version 9.3. Cary, NC SAS, USA: Institute INC.

Theodorou, M.K., Dhanoa, M., McAllan, A.B., Francia J. 1994. Un método simple de producción de gas que utiliza un transductor de presión para determinar la cinética de fermentación de alimentos para rumiantes. Animación. Alimentar ciencia. Tecnología. 48: 185–197.

Thompson, L.R., Rowntree, J.E. 2020. Revisión invitada: Fuentes de metano, cuantificación y mitigación en sistemas de pastoreo de carne. Aplica. Animación. Ciencia; 36: 556-573.

Van Soest, P., Robertson, J., Lewis, B. 1991. Metodología de carbohidratos, metabolismo e implicaciones nutricionales en ganado lechero. J. Ciencia láctea. 74: 3683–3698.

Velázquez, A. J., R. M. González, J. Bórquez, I. A. Domínguez y R. Perezgrovas. 2011. Composición química y producción de gas in vitro de dietas con vainas de Acacia farnesiana. Arch. Zootec. 60: 637-645.

BMA-83. Emisiones de metano de la ganadería vacuna en Cuba

Methane emissions from cattle in Cuba

R. López Lee[1], M.C. Guerra Rojas[2] , J.Blanco Lobaina[3] y Y. Lamothe Crespo[2]

[1]Centro de Contaminación y Química de la Atmósfera. Instituto de Meteorología. Loma de Casablanca. Regla. La Habana. CP 11700. AP 17032.

[2]Centro de Investigaciones para el Mejoramiento Animal de la Ganadería Tropical (CIMAGT)

[3]Instituto de Investigaciones de Pastos y Forrajes

[*]Correspondencia a: rosemary.lopez@insmet.cu

ABSTRACT

The objective of this research was to estimate greenhouse gas emissions—specifically methane (CH_4)—from cattle in Cuba for the period 1990–2022. The methodology used was the 2006 IPCC Guidelines. CH_4 emissions were estimated for the categories *Enteric Fermentation* and *Manure Management*. Activity data were obtained from the Statistical Yearbooks published by the National Office of Statistics and Information. Parametric data characteristic of cattle farming in the country, provided by the Ministry of Agriculture, were available. These data made it possible to calculate country-specific emission factors for each type of cattle in order to estimate CH_4 emissions from *Enteric Fermentation* and *Manure Management*, taking into account national circumstances. The highest emission factors corresponded to animals with higher levels of activity, productivity, and body weight. Emissions in 2022 decreased compared to the base year 1990 due to a reduction in cattle populations. *Enteric Fermentation* was the most significant category, accounting for more than 85% of CH_4 emissions, and therefore is the category that will require the greatest focus and resources.

Keywords: *CH_4, green house gases, enteric fermentation, manure management*

Palabras clave: *CH_4, gases de efecto invernadero, fermentación entérica, gestión del estiércol*

INTRODUCCIÓN

En la actualidad el CH_4 es el segundo gas de efecto invernadero más importante después del CO_2, que contribuye al cambio climático (OMM, 2022). La ganadería es una fuente significativa de emisiones de este gas en todo el mundo. Las emisiones tienen lugar por la *Fermentación entérica* y la *Gestión del estiércol* (Román y Hernández, 2016). Se calcula, con base en el análisis del ciclo de vida, que la ganadería emite aproximadamente 7.1 gigatoneladas (Gt) de CO_2 eq al año. Esta cifra representa el 14.5 % del total de las emisiones antropogénicas mundiales de GEI (FAO, 2018).

América Latina y el Caribe ocupa el segundo lugar en el mundo, después de Asia, en emisiones de GEI procedentes de la ganadería (FAO, 2014). Brasil, México, Argentina y Colombia contribuyen con los volúmenes más grandes en la región. Además, Brasil y México ocupan el quinto y el octavo lugares, respectivamente, de los países más productores de CH_4 en el mundo (Benaouda *et al.*, 2017).

La FAO enfatiza la necesidad de estimar con mayor transparencia y exactitud las emisiones de metano en sectores como la ganadería, especialmente en la componente animal: rumiantes. En consecuencia, muchos autores en algunos países del área dirigen sus investigaciones a estimar las emisiones de GEI por la ganadería (Nieto *et al.*, 2014; Zúñiga, 2016 y Hernández, 2020).

Ante la urgencia de producir más leche y carne y reportar las emisiones nacionales de CH_4 con mayor exactitud, así como evaluar opciones para la mitigación de las emisiones de CH_4 del ganado vacuno bajo diferentes estrategias de alimentación, selección genética y manejo en sistemas de producción. Este trabajo se planteo como objetivo: Estimar las emisiones de CH_4 por Fermentación entérica y Gestión del estiércol de la ganadería vacuna en Cuba.

MATERIALES Y MÉTODOS

1. Caracterización de la población ganadera vacuna de Cuba

En el *Ganado vacuno* se utilizaron los datos de actividad de la cantidad de animales por año (cabezas año^{1}), desagregados por las distintas categorías de la especie. Los datos se obtuvieron de las series estadísticas anuales de la ONEI (2024), procedentes del Centro Nacional de Control Pecuario (CENCOP), que registra la media ponderada mes a mes del número de animales promedios por año.



Para establecer analogía entre la clasificación del *Ganado vacuno*, según las Directrices del IPCC de 2006, con la empleada por la ONEI, se realizó la siguiente distribución (tabla 1). Para ello, se consideraron las categorías del vacuno y sus respectivas edades, según el calendario del flujo zootécnico en Cuba.

Tabla1. *Clasificación del ganado vacuno según las Directrices del IPCC 2006*

3.A.1.a.i Vacas lecheras maduras	Vacas lecheras
3.A.1.a.ii Otro ganado vacuno maduro	Vacas no lecheras Bueyes Toros con fines de reproducción
3.A.1.a.iii Ganado vacuno en crecimiento	Terneros / as (nacimiento hasta 12 meses de edad) Añojos / as (desde 12 a 18 meses de edad) Novillas (desde 18 meses de edad hasta el 1er parto) Toretes (desde 18 a 24 meses de edad) Toros (desde 24 meses de edad hasta el sacrificio o su conversión a buey)

2. Datos paramétricos

Los siguientes datos para la determinación de los factores de emisión (CH_4) específicos de país fueron obtenidos por criterio de expertos: pesos vivos (kg), incrementos de peso (kg día^1) y digestibilidad del alimento (%) (tablas 2-4).

Tabla 2. *Ganado vacuno: pesos corporales por grupo de animales cada decena de años.*

Categoría animal	Unidad	1990-1999	2000-2009	2010-2022
Terneros/as	kg	50	45	40
Añojos	kg	120	110	90
Toretes	kg	210	190	170
Toros	kg	305	280	250
Sementales	kg	500	470	420
Bueyes	kg	520	450	400
Añojas	kg	115	105	85
Novillas	kg	230	220	210
Vacas	kg	450	420	380
Promedio para hembra adulta	**kg**	**375**	**375**	**375**

Tabla 3. *Ganado vacuno: incrementos de peso vivo por grupo de animales cada decena de años.*

Categoría animal	Unidad	1990-1999	2000-2009	2010-2022
Terneros/as	kg/animal/día	0.101	0.070	0.070
Añojos	kg/animal/día	0.389	0.360	0.280
Toretes	kg/animal/día	0.500	0.440	0.440
Toros	kg/animal/día	0.520	0.500	0.440
Sementales	kg/animal/día	0.000	0.000	0.000
Bueyes	kg/animal/día	0.000	0.000	0.000
Añojas	kg/animal/día	0.360	0.360	0.250
Novillas	kg/animal/día	0.130	0.130	0.125
Vacas	kg/animal/día	0.000	0.000	0.000

Tabla 4. Ganado vacuno: digestibilidad de la dieta por grupo de animales cada decena de años.

Categoría animal	Unidad	1990-1999	2000-2009	2010-2022
Terneros/as	%	61.5	61.0	61.0
Añojos	%	50.0	47.0	47.0
Toretes	%	50.0	47.0	47.0
Toros	%	50.0	47.0	47.0
Añojas	%	50.0	47.0	47.0
Novillas	%	50.0	47.0	47.0
Vacas	%	52.8	48.0	48.0
Bueyes	%	47.0	45.0	45.0
Sementales	%	50.0	47.0	47.0

El dato de la producción de leche promedio día^{-1} (la productividad anual entre 365 días) se obtuvo de la ONEI (2024) y el porcentaje anual de vacas que paren procede de la estadística complementaria del MINAG. El resto de los datos paramétricos fueron obtenidos por defecto de las *Directrices del IPCC de 2006.*



SILVOPAT – 2025 | ICA | ISBN: 978-959-7171-88-1 | Cu-ID: https://cu-id.com/book/978-959-7171-88-1



3. Métodos

Las emisiones de CH_4 procedentes de la Fermentación entérica se determinaron por un método de nivel 2, a partir de las siguientes ecuaciones principales :

$$\boldsymbol{Emisiones\ de\ CH_4 = FE_{(T)} \cdot \left(\frac{N_{(T)}}{10^6}\right)} \qquad (1.1)$$

Fuente: Ecuación 10.19; Capítulo 10; Volumen 4; Directrices del IPCC de 2006

Donde:

- Emisiones de CH_4 : metano emitido por fermentación entérica (Gg CH_4 $año^{-1}$)
- $FE_{(T)}$: factor de emisión para la población de ganado definida (kg CH_4 $cabeza^{-1}$ $año^{-1}$)
- $N_{(T)}$: la cantidad de cabezas de ganado de la especie T del país
- T : especie de ganado

$$\boldsymbol{Total\ CH_{4\ Entérico} = \sum_i E_i} \qquad (1.2)$$

Fuente: Ecuación 10.20; Capítulo 10; Volumen 4; Directrices del IPCC de 2006

Donde:

- Total $CH_{4\ Entérico}$: emisiones totales de metano por fermentación entérica (Gg CH_4 $año^{-1}$)
- E_i : emisiones de las i^{th} especies de ganado

En esta especie se determinaron factores de emisión específicos del país para cada componente de ganado vacuno a partir de la ecuación:

$$\boldsymbol{FE = \left[\frac{GE \cdot \left(\frac{Ym}{100}\right) \cdot 365}{55.65}\right]} \qquad (1.3)$$

Fuente: Ecuación 10.21; Capítulo 10; Volumen 4; Directrices del IPCC de 2006

Donde:

- FE : factor de emisión (kg CH_4 $cabeza^{-1}$ $año^{-1}$)
- GE : ingesta de energía bruta (MJ $cabeza^{-1}$ $día^{-1}$)
- Ym : factor de conversión en metano, porcentaje de la energía bruta del alimento convertida en metano
- La constante 55.65 (MJ/kg CH_4) es el contenido de energía del metano

La elaboración de los factores de emisión fue realizada con el apoyo de especialistas del: Ministerio de la Agricultura (MINAG), Instituto de Investigaciones de Pastos y Forrajes, Instituto de Ciencia Animal (ICA), Centro de Investigaciones para el Mejoramiento Animal de la Ganadería Tropical (CIMAGT) y Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey (EEPFIH). Los cuales brindaron la información general necesaria para la estimación de los factores de emisión por tipo de ganado vacuno.

Las emisiones de CH_4 derivadas del manejo del estiércol se calcularon por un método de nivel 2 mediante la ecuación:

$$\boldsymbol{CH_{4\ Estiércol} = \sum_{(T)} \frac{FE_{(T)} \cdot N_{(T)}}{10^6}} \qquad (2.1)$$

Fuente: Ecuación 10.22; Capítulo 10; Volumen 4; Directrices del IPCC de 2006

Donde:

- $CH_{4\ Estiércol}$: emisiones de metano por el manejo del estiércol, para una población de ganado definida (Gg CH_4 $año^{-1}$)
- $FE_{(T)}$: factor de emisión para la población de ganado definida (kg CH_4 $cabeza^{-1}$ $año^{-1}$)
- $N_{(T)}$: cantidad de cabezas de ganado de la especie T del país
- T : especie de ganado

El factor de emisión propio para las emisiones de CH_4 por la gestión del estiércol en el ganado vacuno fue calculado por la Ecuación 10.23 de las Directrices del IPCC de 2006.

$$EF_{(T)} = (VS_{(T)} \cdot 365)\left[B_{o(T)} \cdot 0.67 \cdot \sum_{S,k} \frac{MCFS,k}{100} \cdot MS_{(T,S,k)}\right] \quad (2.2)$$

Fuente: Ecuación 10.23; Capítulo 10; Volumen 4; Directrices del IPCC de 2006

Donde:

- $EF_{(T)}$ = factor de emisión anual de CH_4 para la población de ganado categoría T, kg CH_4 animal^{-1} año^{-1}
- $VS_{(T)}$ = sólidos volátiles excretados por día en la categoría de ganado T, kg materia seca animal^{-1} día^{-1}
- 365 = base para calcular la producción anual de VS, días año^{-1}
- $B_{o(T)}$ = capacidad máxima de producción de CH_4 del estiércol producido por el ganado de la categoría T, m^3 CH_4 kg^{-1} de VS excretados (se utilizó 0.13 para vacas lecheras y 1.0 para los restantes ganados, de las Tablas 10A.4 y tabla 10A.5 de Anexos en el Volumen 4, Capítulo 10 de las Directrices del IPCC de 2006).
- 0,67 = factor de conversión de m^3 de CH_4 a kilos de CH_4
- $MCF_{(S,k)}$ = factores de conversión de metano para cada sistema de gestión del estiércol S por región climática k, % (se utilizó el valor 2.0)
- $MS_{(T,S,k)}$ = fracción del estiércol del ganado de la categoría T manejado usando el sistema de gestión de desechos S en la región climática k, sin dimensión

Los sólidos volátiles (VS) para cada una de los componentes de la subcategoría del ganado vacuno se calcularon por la Ecuación 10.24 de las Directrices del IPCC de 2006.

$$VS = \left[GE \bullet \left(1 - \frac{DE\%}{100}\right) + (UE \bullet GE)\right] \bullet \left[\left(\frac{1 - ASH}{18.45}\right)\right] \quad (2.3)$$

Fuente: Ecuación 10.24; Capítulo 10; Volumen 4; Directrices del IPCC de 2006

Donde:

- VS = excreción de sólidos volátiles por día en base a materia orgánica seca, kg VS día^{-1}
- GE = ingesta de energía bruta, MJ día^{-1}
- DE% = digestibilidad del alimento en porcentaje (p. ej., 60%)
- (UE • GE) = energía urinaria expresada como fracción de la GE (Se utilizó 0,04 para el ganado vacuno).
- ASH = el contenido de ceniza del estiércol calculado como fracción de la ingesta alimentaria de materia seca (p. ej., 0,08 para vacunos).
- 18.45 = factor de conversión para GE dietaria por kg de materia seca (MJ kg^{-1}). Este valor es relativamente constante en toda una gama de forrajes y de alimentos basados en granos que consume regularmente el ganado.

Tras estimar las emisiones de GEI por *Fermentación entérica* y *Gestión del estiércol*, se reportan los valores de GEI en forma agregada, expresados en kilo toneladas (kt) de dióxido de carbono equivalente (CO_2 eq). Para ello se multiplican las emisiones (en unidades de masa) de CH_4 por su respectivo potencial de calentamiento global (PCG) de 28 para un horizonte temporal de cien años según el Quinto Informe de Evaluación del IPCC (2014).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Emisiones de CH_4 por la categoría fermentación entérica

Los factores de emisión (FE) país específico para el Nivel 2 en el *Ganado vacuno* calculados se muestran en la tabla 5.



Tabla 5. *Factores de emisión específico de país por tipo de Ganado vacuno para la categoría de Fermentación entérica (kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}).*

Año	Vacas Lecheras	Vacas no lecheras	Bueyes	Toros con fines reproductivos	Terneros (as)	Añojas	Añojos	Toretes	Toros	Novillas
1990	106.490	77.828	120.288	88.995	10.921	45.538	45.738	76.764	103.292	58.889
1991	102.486	77.828	120.288	88.995	10.921	45.538	45.738	76.764	103.292	58.889
1992	96.810	77.828	120.288	88.995	10.921	45.538	45.738	76.764	103.292	58.889
1993	96.810	77.828	120.288	88.995	10.921	45.538	45.738	76.764	103.292	58.889
1994	98.432	77.828	120.288	88.995	10.921	45.538	45.738	76.764	103.292	58.889
1995	98.280	77.828	120.288	88.995	10.921	45.538	45.738	76.764	103.292	58.889
1996	98.026	77.828	120.288	88.995	10.921	45.538	45.738	76.764	103.292	58.889
1997	97.520	77.828	120.288	88.995	10.921	45.538	45.738	76.764	103.292	58.889
1998	97.149	77.828	120.288	88.995	10.921	45.538	45.738	76.764	103.292	58.889
1999	97.317	77.828	120.288	88.995	10.921	45.538	45.738	76.764	103.292	58.889
2000	110.396	87.805	117.805	95.483	9.874	50.551	49.288	80.489	114.003	65.579
2001	110.396	87.805	117.805	95.483	9.874	50.551	49.288	80.489	114.003	65.579
2002	109.969	87.805	117.805	95.483	9.874	50.551	49.288	80.489	114.003	65.579
2003	110.396	87.805	117.805	95.483	9.874	50.551	49.288	80.489	114.003	65.579
2004	107.288	87.805	117.805	95.483	9.874	50.551	49.288	80.489	114.003	65.579
2005	107.288	87.805	117.805	95.483	9.874	50.551	49.288	80.489	114.003	65.579
2006	110.979	87.805	117.805	95.483	9.874	50.551	49.288	80.489	114.003	65.579
2007	112.660	87.805	117.805	95.483	9.874	50.551	49.288	80.489	114.003	65.579
2008	115.116	87.805	117.805	95.483	9.874	50.551	49.288	80.489	114.003	65.579
2009	115.966	87.805	117.805	95.483	9.874	50.551	49.288	80.489	114.003	65.579
2010	108.692	81.456	107.845	87.759	9.039	37.75	38.922	74.047	98.884	62.886
2011	110.768	81.456	107.845	87.759	9.039	37.75	38.922	74.047	98.884	62.886
2012	110.942	81.456	107.845	87.759	9.039	37.75	38.922	74.047	98.884	62.886
2013	108.867	81.456	107.845	87.759	9.039	37.75	38.922	74.047	98.884	62.886
2014	109.408	81.456	107.845	87.759	9.039	37.75	38.922	74.047	98.884	62.886
2015	104.698	81.456	107.845	87.759	9.039	37.75	38.922	74.047	98.884	62.886
2016	112.137	81.456	107.845	87.759	9.039	37.75	38.922	74.047	98.884	62.886
2017	111.082	81.456	107.845	87.759	9.039	37.75	38.922	74.047	98.884	62.886
2018	112.565	81.456	107.845	87.759	9.039	37.75	38.922	74.047	98.884	62.886
2019	111.544	81.456	107.845	87.759	9.039	37.75	38.922	74.047	98.884	62.886
2020	108.536	81.456	107.845	87.759	9.039	37.75	38.922	74.047	98.884	62.886
2021	104.506	81.456	107.845	87.759	9.039	37.75	38.922	74.047	98.884	62.886
2022	102.858	81.456	107.845	87.759	9.039	37.75	38.922	74.047	98.884	62.886

Los factores de emisión con los valores más altos se correspondieron con los animales que tienen mayor nivel de actividad, productividad y peso corporal. El factor de emisión de las vacas lecheras de baja producción, que se alimentan de pasto y pienso, es diferente al sugerido por el IPCC (2006) que es de 72 kg CH4 cabeza- 1 año-1 . Sin embargo es cercano al calculado por Nieto et al (2014) en Argentina para vacas lecheras alimentadas con pastizales naturales de digestibilidad del 55 %, de 112 kg.

En el 2022, las emisiones de CH_4 por la fermentación entérica contabilizaron 6.112,09 kt CO_2 eq, disminuyendo en un 24.66 % desde 1990 y en un 14.87 % desde 2016 (Figura 1). La principal causa en la tendencia y las variaciones interanuales es el descenso de la población en general desde el 1990, condicionado por la carencia de recursos, insumos e inversiones en este sector, debido a la situación económica y financiera del país, agravado por el bloqueo de EEUU a Cuba.

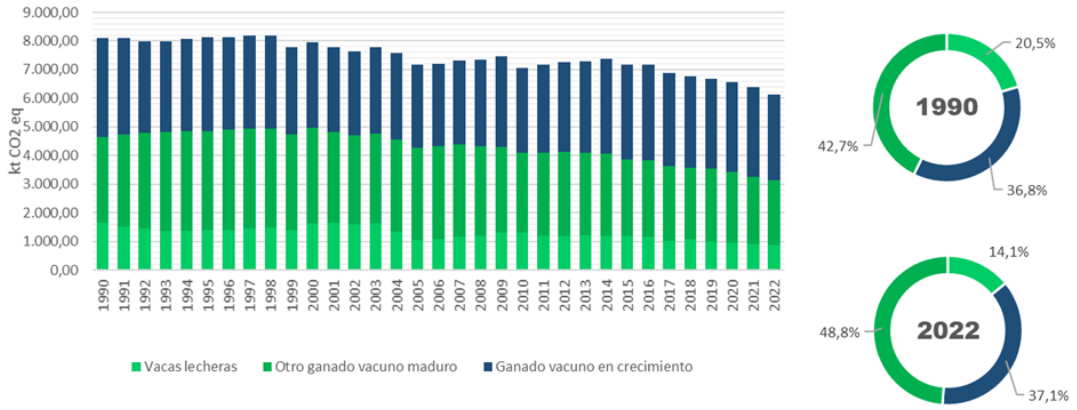


Figura 1. *Emisiones de CH_4 (kt CO_2 eq) por la categoría fermentación entérica del ganado vacuno en Cuba*

En la Figura 1 se observa que el Ganado vacuno en crecimiento acumula la mayoría de las emisiones, representando un 48.85 % de la subcategoría, seguido por el Otro ganado vacuno maduro con el 37.06 % y las Vacas lecheras maduras con el 14.09 %. No ocurren grandes variaciones en la tendencia año a año de la subcategoría, pero se aprecia una paulatina disminución en las emisiones, con los mayores valores en la década de los 90 y los menores en los últimos años.

A pesar de la crisis económica que enfrentó el país desde 1991 hasta el 2000, cuando la ganadería dejó de recibir los recursos e insumos que mantenían su explotación intensiva, se protegió la población animal con medidas drásticas. La principal acción fue el cambio en la forma de tenencia del ganado, entregando a los productores privados parte de los rebaños que pertenecían a las empresas estatales. Con ello, se evitó el descenso marcado en el número de animales, como sucedió en los rebaños porcino y ovino. Sin embargo, el sector de la ganadería no se ha recuperado con el paso del tiempo y esto se refleja en la tendencia a lo largo de la serie, siendo significativo a partir del 2019, con la ocurrencia de la pandemia Covid-19.

Emisiones de CH_4 por la categoría gestión del estiércol

Los factores de emisión país específicos empleados para la estimación de la emisión de CH_4 por la gestión del estiércol se observan en la tabla 6. De forma similar los factores de emisión mayores corresponden a las vacas lecheras, toros de ceba, bueyes, vacas lecheras y toros de reproducción.

En el 2022, las emisiones de CH_4 por la gestión del estiércol contabilizaron 880.80 kt CO_2 eq, disminuyendo en un 23.22 % desde 1990 y en un 14.53 % desde 2016 (Figura 2) producto principalmente por la disminución de la población por las causas antes expuestas.

Respecto a las componentes, el *Ganado vacuno en crecimiento* acumula la mayoría de las emisiones, representando un 49.21 % de la subcategoría, seguido por el *Otro ganado vacuno maduro* con el 36.75 % y las Vacas lecheras maduras con el 14.04 % (Figura 2).

En la tabla 7 se observa que la Fermentación entérica es la categoría de mayor relevancia, disminuyó en un 37, 3 % desde 1990. Mientras la Gestión del estiércol aporta el 12,6 % restante, la cual disminuyó en un 23,2 % desde 1990.

SILVOPAT – 2025 | ICA | ISBN: 978-959-7171-88-1 | Cu-ID: https://cu-id.com/book/978-959-7171-88-1



Tabla 6. *Factores de emisión específico de país por tipo de Ganado Vacuno para la categoría de gestión del estiércol (kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}).*

Año	Vacas lecheras	Vacas no lecheras	Terneros (as)	Añojos	Toretes	Toros de ceba	Añojas	Novillas	Bueyes	Toros de reprod.
1990	4.055	2.280	0.266	1.413	2.371	3.191	1.407	1.819	3.922	2.749
1991	3.902	2.280	0.266	1.413	2.371	3.191	1.407	1.819	3.922	2.749
1992	3.686	2.280	0.266	1.413	2.371	3.191	1.407	1.819	3.922	2.749
1993	3.686	2.280	0.266	1.413	2.371	3.191	1.407	1.819	3.922	2.749
1994	3.748	2.280	0.266	1.413	2.371	3.191	1.407	1.819	3.922	2.749
1995	3.742	2.280	0.266	1.413	2.371	3.191	1.407	1.819	3.922	2.749
1996	3.733	2.280	0.266	1.413	2.371	3.191	1.407	1.819	3.922	2.749
1997	3.713	2.280	0.266	1.413	2.371	3.191	1.407	1.819	3.922	2.749
1998	3.699	2.280	0.266	1.413	2.371	3.191	1.407	1.819	3.922	2.749
1999	3.706	2.280	0.266	1.413	2.371	3.191	1.407	1.819	3.922	2.749
2000	4.598	2.813	0.243	1.607	2.625	3.717	1.648	2.138	3.976	3.114
2001	4.598	2.813	0.243	1.607	2.625	3.717	1.648	2.138	3.976	3.114
2002	4.580	2.813	0.243	1.607	2.625	3.717	1.648	2.138	3.976	3.114
2003	4.598	2.813	0.243	1.607	2.625	3.717	1.648	2.138	3.976	3.114
2004	4.468	2.813	0.243	1.607	2.625	3.717	1.648	2.138	3.976	3.114
2005	4.468	2.813	0.243	1.607	2.625	3.717	1.648	2.138	3.976	3.114
2006	4.622	2.813	0.243	1.607	2.625	3.717	1.648	2.138	3.976	3.114
2007	4.692	2.813	0.243	1.607	2.625	3.717	1.648	2.138	3.976	3.114
2008	4.794	2.813	0.243	1.607	2.625	3.717	1.648	2.138	3.976	3.114
2009	4.830	2.813	0.243	1.607	2.625	3.717	1.648	2.138	3.976	3.114
2010	4.527	2.610	0.222	1.269	2.415	3.224	1.231	2.051	3.640	2.862
2011	4.613	2.610	0.222	1.269	2.415	3.224	1.231	2.051	3.640	2.862
2012	4.620	2.610	0.222	1.269	2.415	3.224	1.231	2.051	3.640	2.862
2013	4.534	2.610	0.222	1.269	2.415	3.224	1.231	2.051	3.640	2.862
2014	4.556	2.610	0.222	1.269	2.415	3.224	1.231	2.051	3.640	2.862
2015	4.360	2.610	0.222	1.269	2.415	3.224	1.231	2.051	3.640	2.862
2016	4.670	2.610	0.222	1.269	2.415	3.224	1.231	2.051	3.640	2.862
2017	4.626	2.610	0.222	1.269	2.415	3.224	1.231	2.051	3.640	2.862
2018	4.688	2.610	0.222	1.269	2.415	3.224	1.231	2.051	3.640	2.862
2019	4.645	2.610	0.222	1.269	2.415	3.224	1.231	2.051	3.640	2.862
2020	4.520	2.610	0.222	1.269	2.415	3.224	1.231	2.051	3.640	2.862
2021	4.352	2.610	0.222	1.269	2.415	3.224	1.231	2.051	3.640	2.862
2022	4.284	2.610	0.222	1.269	2.415	3.224	1.231	2.051	3.640	2.862

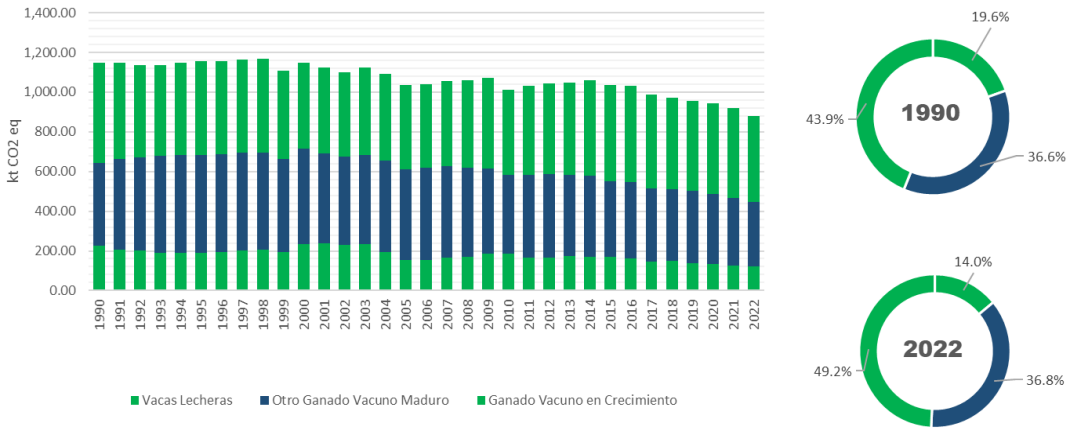


Figura 2. *Emisiones de CH_4 (kt CO_2 eq) por la categoría gestión del estiércol del ganado vacuno en Cuba*

Tabla 7. *Emisiones de CH_4 (kt CO_2 eq) por categorías*

Categoría	1990	2000	2010	2020	2021	2022	% 2022
Fermentación entérica	9,778.05	7,941.31	7,045.59	6,574.56	6,478.73	6112.09	87.40
Gestión del estiércol	1,147.21	1,146.26	1,013.21	945.31	918.55	880.8	12.60
Total	**4.865,03**	**4.631,76**	**4.676,66**	**4.695,14**	**4.815,67**	**4.812,85**	

CONCLUSIONES

La Fermentación entérica fue la categoría de mayor relevancia con un 87,4 % de emisiones CH_4, por lo cual es a la que habrá que dedicar mayor esfuerzo y recursos .

El ganado vacuno en crecimiento y el otro ganado vacuno maduro fueron las componentes animales que acumularon los mayores porcientos de emisiones de CH_4.

BIBLIOGRAFÍA

Benaouda, M; González, M; Molina, L.T. y Castelán, O.A. 2017. Estado de la investigación sobre emisiones de metano entérico y estrategias de mitigación en América Latina. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, vol. 8, núm. 4, pp. 965-974.

FAO 2014. Agricultura, Silvicultura y otros Usos de la Tierra. Emisiones por fuentes y absorciones por sumideros. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma.

FAO 2018. Soluciones ganaderas para el cambio climático. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma.

Hernández, O.A. 2020. Emisión de gases de efecto invernadero en unidades de producción bovina en Chiapas, México. Tesis de Maestría en Ciencias en Producción Agropecuaria Tropical. Universidad Autónoma de Chiapas. Facultad de Ciencias Agronómicas. Chiapas, México.

IPCC 2006. *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 4: AFOLU*. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H. S. *et al.* (Eds). Published: Institute for Global Environmental Strategies (IGES), Hayama, Japan

Nieto, M.I.; Guzmán, M.L. y Steinaker, D. 2014. Emisiones de gases de efecto invernadero: simulación de un sistema ganadero de carne típico de la región central Argentina. Revista de Investigaciones Agropecuarias, vol. 40, núm. 1, pp. 92-101.Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Buenos Aires, Argentina.

OMM 2022. WMO GREENHOUSE GAS BULLETIN - No. 18: The State of Greenhouse Gases in the Atmosphere Based on Global Observations through 2021. Disponible en: https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=21975

ONEI 2024. Series estadísticas. Disponible en www.onei.gob.cu

Román, S. y Hernández, J.H. 2016. Produccion y Medicion de Metano (CH4) en ganado bovino. Technical Report July 2016. DOI:10.13140/RG.2.2.21578.57281

Zuñiga, N. 2016. Estimación de las emisiones en bovinos en los sistemas de producción lechera en pequeña escala a través del factor de conversión de metano.Tesis para optar al Grado de Doctor en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. Universidad Autónoma del Estado de México. México.



BMA-84. Estimación de las emisiones de metano por fermentación entérica del ganado vacuno en ordeño de una vaquería en Pinar del Río, Cuba

Yudith Lamothe-Crespo[1*], María del Carmen Guerra-Rojas[1], Luís Enrique Dihigo-Cuttis [1], José Miguel Sánchez-Pellitero[1], , Rosemary López Lee [2], Junhu Yao [3] y Jun Zhang [3]

[1] *Centro de Investigaciones para el Mejoramiento Animal de la Ganadería Tropical, CIMAGT. Ministerio de la Agricultura Cuba. Avenida 101 No. 6214, entre 100 y 62. Reparto Loma de Tierra. Cotorro. La Habana.*

[2] *Instituto de Meteorología. INSMET*

[3] *College of Animal Science and Technology, Northwest A & amp;F University, Yangling*

[*]Correspondencia a: yudith71lamothe@gmail.com, yudith@cima-minag.cu

RESUMEN

Objetivo: Estimar las emisiones de metano proveniente de la fuente de fermentación entérica del ganado vacuno en ordeño de una vaquería en la provincia de Pinar del Río, Cuba.

Materiales y Métodos: Se estimaron las emisiones de CH_4 entérico proveniente de 11 vacas lecheras en ordeño de la especie Siboney de Cuba, perteneciente a la vaquería No. 127 de la Unidad Empresarial de Base Loma de Candelaria en Pinar del Río, como contribución local a la actualización del inventario nacional de GEI, para el módulo Agricultura, Forestales y otros usos de la Tierra (AFOLU, siglas en inglés). Para ello se utilizaron las guías 2006 recomendadas por el Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) y el método de estimación de nivel 2 para el módulo agricultura.

Resultados: La emisión de metano, producto de la fermentación entérica de las vacas en ordeño manejadas en la vaquería No. 127 en el 2024, fue de 0.01kg CH_4/año (0.36 kg CO_2-eq/año), a pesar de que la muestra fue pequeña permitió hacer una estimación más ajustada a la realidad de la ganadería cubana, por lo que se ratifica como una subcategoría clave dentro del Inventario Nacional de GEI para vacas lecheras. Los principales elementos que contribuyeron a las elevadas emisiones de CH_4 fueron la disminución de la digestibilidad por la baja calidad nutricional del alimento y la disponibilidad de materia seca, lactancia y el peso del animal.

Conclusiones: La muestra estudiada del ganado vacuno en ordeño del genotipo lechero Siboney de Cuba de la vaquería No. 127, ubicada en Loma de Candelaria del municipio Consolación del Sur en la provincia de Pinar del Río, mostraron altas emisiones de CH_4, lo que constituye un resultado a tener en cuenta en el reporte al inventario de gases de efecto invernadero en Cuba y un punto de partida para formular estrategias de mitigación basadas en prácticas de ganadería Climáticamente Inteligente.

Palabras clave: *gas efecto invernadero, fermentación entérica, inventarios, producción ganadera*

ABSTRACT

Objective: To estimate methane emissions from the enteric fermentation source of milking cattle at a dairy farm in Pinar del Río province, Cuba**.**

Materials and Methods: The enteric CH4 emissions were estimated from 11 milking dairy cows of the Siboney breed from Cuba, belonging to dairy farm No. 127 of the Base Business Unit Loma de Candelaria in Pinar del Río, as a local contribution to the update of the national GHG inventory for the Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU) module. To do this, the 2006 guidelines recommended by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) and the level 2 estimation method for the agriculture module were used.

Results: The methane emissions resulting from the enteric fermentation of dairy cows managed in dairy farm No. 127 in 2024 were 0.01 kg CH4/year (0.36 kg CO2-eq/year). Although the sample was small, it allowed for a closer estimation of the reality of Cuban livestock farming, confirming it as a key subcategory within the National Greenhouse Gas Inventory for dairy cows. The main factors contributing to the high CH4 emissions were the decreased digestibility due to the low nutritional quality of the feed and the availability of dry matter, lactation, and the weight of the animal.

Conclusions: The studied sample of milking cattle of the Siboney dairy genotype from dairy farm No. 127, located in Loma de Candelaria in the municipality of Consolación del Sur in the province of Pinar del Río, showed high CH4 emissions, which constitutes a result to be considered in the reporting to the greenhouse gas inventory in Cuba and a starting point for formulating mitigation strategies based on Climate-Smart Agriculture practices.

Key words: greenhouse gas, enteric fermentation, inventories, livestock production



INTRODUCCIÓN

La ganadería constituye un pilar fundamental para la economía y la seguridad alimentaria global, al contribuir significativamente a la nutrición de la población. Sin embargo, su estrecha relación con el cambio climático representa un desafío ambiental de gran magnitud, dado su elevado aporte de Gases de Efecto Invernadero (GEI), superior al de la mayoría de las actividades agroalimentarias.

Las emisiones asociadas a este sector provienen principalmente de dos procesos: la fermentación entérica y la gestión del estiércol (FAO, 2013; 2018). Entre estos, el metano (CH_4) —el segundo gas con mayor incidencia en el calentamiento global— registró un incremento alarmante entre 2020 y 2021 (FAO, 2023). Según estimaciones basadas en análisis de ciclo de vida, la ganadería genera aproximadamente 7.1 gigatoneladas (Gt) de CO_2 eq anuales, lo que equivale al 14,5 % de las emisiones antropogénicas mundiales (FAO, 2018). En este contexto, América Latina y el Caribe ocupan el segundo lugar en emisiones ganaderas de GEI, solo detrás de Asia (FAO, 2020), con países como Brasil, México, Argentina y Colombia como los mayores contribuyentes regionales. De hecho, Brasil y México figuran entre los diez principales emisores globales de CH_4 (Benaouda *et al.*, 2017). Esta realidad motivó numerosas investigaciones orientadas a cuantificar emisiones y diseñar estrategias de mitigación en la región.

Cuba no se encuentra entre los grandes emisores de GEI a escala global, el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (1990-2022), publicado en el Primer Informe Bienal de Transparencia República de Cuba del año 2024, reveló que la fermentación entérica representa el 71,6 % de las emisiones del sector agrícola, superando el umbral del 25 % que la categoriza como una fuente crítica. Este dato subraya la relevancia del CH_4 ganadero en el balance nacional de GEI. No obstante, desde 2016 se observó una tendencia a la reducción, atribuible principalmente al decrecimiento de la población animal, en especial el ganado vacuno tras la crisis económica iniciada en 1990. Dicha crisis generó un déficit crónico de insumos (alimentos concentrados, combustibles, fertilizantes, entre otros), lo que impactó tanto en los rendimientos como en el tamaño de los rebaños. Actualmente en el país existen 3 516, 4 cabezas totales de ganado vacuno, de ellas 1 022, 3 miles cabezas de vacas lecheras (SIEC del MINAG, 2024). A esto se sumaron las restricciones derivadas de la pandemia de COVID-19 durante los últimos tres años, que acentuaron la contracción del sector.

En este contexto, algunos autores se dedicaron a estimar las emisiones de GEI procedentes de la ganadería en algunas localidades del país. Gacia en el (2011) evaluó las emisiones de CH_4 y N_2O procedentes del ganado bovino y porcino en tres fincas de la provincia de Villa Clara. El estudio mostró que a mayor número de bovinos aumentaron las emisiones de CH_4 entérico. Chávez y Hernández (2017) calcularon el efecto de la producción ganadera en la emisión de los principales GEI en una unidad cooperativa de producción lechera en Las Tunas. Para ello aplicaron la herramienta GLEAM (Modelo de Evaluación Ambiental para la Ganadería Mundial) propuesta por la FAO. Se demostró que la producción de CH_4 a partir de la *Fermentación entérica* del ganado representó la mayor cantidad del total de las emisiones, seguida por las del N_2O. La investigación expuso además que las actividades desarrolladas para garantizar la producción ganadera impactaban negativamente en la biodiversidad de los cultivos y sobre los suelos.

Pese a los avances en la estimación de GEI mediante diversas metodologías, persisten limitaciones asociadas a la incertidumbre de los datos por defecto y la falta de información local precisa para algunos parámetros de cálculo. Por ello, resulta imperativo desarrollar estudios integrales con parámetros nacionales que permitan cálculos más exactos. En este sentido, la cuantificación de emisiones de CH_4 entérico en áreas ganaderas como la analizada en este trabajo proporciona datos desagregados y ajustados a las condiciones reales, facilitando la determinación de factores de emisión específicos para vacas lecheras en ordeño. Estos resultados no solo servirían como base para evaluar el impacto de estrategias de alimentación con distinta composición y digestibilidad, sino también para mejorar la precisión del Inventario Nacional de GEI. De ahí que el objetivo del trabajo fue estimar las emisiones de metano proveniente de la fuente de fermentación entérica del ganado vacuno en ordeño en una vaquería de la provincia de Pinar del Río, Cuba.

.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización. La presente investigación se realizó durante el año 2024, en la la vaquería No. 127, ubicada en Loma de Candelaria del municipio Consolación del Sur en la provincia de Pinar del Río y dedicada fundamentalmente a la producción de leche.

En la primera etapa se realizaron visitas de reconocimiento y recolección de información de la vaquería con el fin de levantar en una base de datos los elementos relevantes para el estudio, entre ellos las condiciones edafoclimáticas, manejo y alimentación. Las variables climáticas y la fertilidad de suelos son factores relevantes para el estudio ya que influyen en gran medida en la disponibilidad de alimento, su valor nutritivo y el consecuente impacto en el rendimiento del rebaño. En la vaquería predominan suelos del agrupamiento Ferralítico rojo lixiviado típico, de acuerdo con la clasificación de los suelos de Cuba (Hernández et al., 2019). La temperatura media fue de 24.7 ºC y la cantidad de precipitaciones acumuladas en el período lluvioso (de mayo a octubre) oscila de 1.4 mm, mostrando una significativa disminución para la época. El ordeño se realiza a las 6:00 am y luego trasladan las vacas para el pastoreo, en un régimen prácticamente extensivo todo el día, en un área110.88 ha, de las cuales se explotan 80.00 hectáreas destinadas a los pastos mejorados y 12.88 hectáreas de pastos naturales, con árboles dispersos. El área está acuartonada con cerca de alambre, pero en el período de la investigación estaban sin energizar por inestabilidad en el fluido eléctrico, consecuentemente los animales pastorean en todas las áreas de la vaquería, y el consumo de agua fue a voluntad. La alimentación se basó fundamentalmente en pastos naturales de mala calidad, determinada con el empleo de tablas de valor nutritivo para la especie y categoría.

Muestra. Se tomaron los datos de la población ganadera (número de cabezas de ganado) de la vaquería según la categoría principal: ganado lechero, subcategorías vacas de baja producción. Se seleccionaron un total de 11 vacas en ordeño de la raza Siboney de Cuba (⅝Holstein x ⅜Cebú) que tienen características homogéneas en la producción de leche de 4 a 5 litros de leche/día y peso vivo 390 kg, con más de 2 partos y están incluidas en la base de datos de evaluación genética.

Procedimiento experimental. Para la cuantificación de las emisiones de metano entérico se utilizaron las directrices metodológicas y el software para la elaboración de Inventarios Nacionales de GEI del IPCC, versión 2006 para Agricultura y Uso de la Tierra, Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura (UTCUTS). Tomando en consideración la disponibilidad de datos de actividad, la información sobre los factores de emisión, los parámetros propios para las estimaciones y siguiendo el árbol de decisiones para las emisiones resultantes de la ganadería, se aplicó el método 2 por ser el ganado vacuno una categoría principal en el inventario 1990-2022 (República de Cuba, 2024) y se basó principalmente en la productividad animal y en la calidad-cantidad de la dieta. El dato de actividad se obtuvo en correspondencia al número de cabezas de ganado que forman parte del estudio [$N_{(T)}$] y se asumió que: vacas de baja producción lechera = vacas en ordeño. Se dispuso de registros oficiales de la vaquería para levantar los datos paramétricos característicos de la masa manejada, de acuerdo con los establecidos por el IPCC: número de cabezas de ganado, vacas lactando (#), peso vivo, PV (kg), aumento de peso por día PV (kg), peso maduro PM (kg), situación alimentaria, producción diaria de leche (kg/día), contenido graso (%), digestibilidad de alimentos (%). Para el último parámetro se obtuvieron los datos por juicio documentado de expertos proporcionados por la Mesa Técnica de ganadería en el año 2023, que corroboran los valores proporcionados por el Equipo Cubano para la producción de ganado en 2021 quienes definen a los forrajes de baja calidad como aquellos en que la digestibilidad de la materia seca (DMS) es inferior a 55 %, es deficiente en proteína cruda (PC) [< del 8 %], poseen bajos contenidos de azucares y almidón y altos niveles de fibra generalmente con alto grado de lignificación. Estos datos permitieron calcular los factores de emisión propios de la finca para categoría de ganado vacuno, subcategoría vaca en ordeño. No es más que el coeficiente que relaciona los datos de actividad con la cantidad del compuesto químico que constituye la fuente de las últimas emisiones (IPCC, 2006). Para el cálculo de las emisiones de metano entérico por fermentación entérica para una categoría de ganado se utilizó la ecuación:

$$Emisiones = EF_{(T)} \bullet \left(\frac{N_{(T)}}{10^6} \right)$$

Donde:

Emisiones = emisiones de metano por fermentación entérica, Gg CH_4 $año^{-1}$

$EF_{(T)}$ = factor de emisión para la población de ganado definida, kg CH_4 $cabeza^{-1}$ $año^{-1}$

$N_{(T)}$ = cantidad de cabezas de ganado de la especie/categoría T del país

T = especie/categoría de ganado

El factor de emisión para la categoría de ganado vacuno estudiada se estimó sobre la base de la ingesta de energía bruta (EB) y el factor de conversión de metano (Ym) correspondientes a la categoría, a partir de la ecuación 2.5:

Ecuación 10.21 Capítulo 10; Volumen 4; Directrices del IPCC de 2006

$$FE = \frac{[EB*(Ym/100)*365]}{55{,}65}$$

Donde:

FE: factor de emisión (kg CH_4 $cabeza^{-1}$ $año^{-1}$)

EB: ingesta de energía bruta (MJ $cabeza^{-1}$ $día^{-1}$)

Ym: factor de conversión de metano, porcentaje de la energía bruta del alimento convertida en metano

La constante 55.65 (MJ/kg CH_4) es el contenido de energía del metano

Se dispuso de datos paramétricos específicos de la finca, proporcionados por el productor y expertos, para el cálculo de la ingesta de energía bruta. El factor de conversión de metano se tomó por defecto de las Directrices del IPCC (2006). Los parámetros energía para el trabajo, energía neta para el crecimiento y la energía neta requerida para producir un año de lana, no fueron utilizados en el cálculo porque no proceden para la categoría de ganado bajo estudio. La ecuación para el cálculo fue:

Ecuación 10.16 Capítulo 10; Volumen 4; Directrices del IPCC de 2006

$$GE = \left[\frac{\left(\frac{NE_m + NE_a + NE_1 + NE_{trabajo} + NE_p}{REM} \right) + \left(\frac{NE_g + NE_{lana}}{REG} \right)}{\frac{DE\%}{100}} \right]$$

Donde:

GE = energía bruta, MJ día-1

NEm = energía neta requerida por el animal para su mantenimiento, MJ día-1

NEa = energía neta para la actividad animal, MJ día-1

NE_1 = energía neta para la lactancia, MJ día-1

$NE_{trabajo}$ = energía para el trabajo, MJ día-1

NEp = energía neta requerida para la preñez, MJ día-1

REM = relación entre la energía neta disponible en una dieta para mantenimiento y la energía digerible consumida

NEg = energía neta para el crecimiento, MJ día-1

NE_{lana} = energía neta requerida para producir un año de lana, MJ día-1

REG = relación entre la energía neta disponible en una dieta para crecimiento y la energía digerible consumida

DE% = energía digerible expresada como porcentaje de la energía bruta

Después de estimar las emisiones, se reportaron los valores de GEI en forma agregada, expresadas en kilotoneladas (kt) de dióxido de carbono equivalente (CO_2 eq). Para ello se multiplican las emisiones (en unidades de masa) de cada GEI por su respectivo potencial de calentamiento global (PCG). En Cuba se utilizan los PCG incluidos en el Segundo Informe de Evaluación del IPCC de 1995, el PCG del CH_4 tiene una métrica de 28 para un horizonte temporal de cien años.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La estimación de estas emisiones y su relación con las variables que influyen sobre estas, constituye la línea base para establecer medidas correctivas para la disminución. En ese sentido la tabla 1 muestra los valores de energías netas necesaria para las diferentes actividades del rebaño: para el mantenimiento del animal, la actividad animal, preñez y lactancia; energía bruta del alimento, factores de conversión y emisión del CH4 entérico, y las emisiones totales de CH4 entérico para vacas lecheras en ordeño manejadas en la vaquería durante el año 2024.

Tabla 1. *Estimación de las emisiones de metano (CH_4) por fermentación entérica y los parámetros para la subcategoría ganado vacuno en ordeño, según la metodología IPCC 2006, Nivel 2.*

Parámetro	Resultado	Fuente
Peso vivo del animal en kg (peso)	390	Calculado para la muestra estudiada
Coeficiente que varía para cada categoría de animales (Cfi)	0.38	Directrices IPCC 2006
Energía neta requerida por el animal para su mantenimiento MU día (ENm)	32.89	Calculado para la muestra estudiada
Coeficiente correspondiente a la situación alimentaria del animal (Ca)	0.36	Directrices IPCC 2006
Energía neta para la actividad animal (ENa)	5.59	Calculado para la muestra estudiada
Coeficiente con valor de 0.8 hembras	0.8	Directrices IPCC 2006
Peso corporal vivo y maduro de una hembra adulta (MW)	375	Datos ofrecidos por la vaquería
Coeficiente de preñez (Cp)	0.1	Directrices IPCC 2006

Porcentaje de vacas que paren (% de vacas que paren)	0.6	Datos ofrecidos por la Vaquería
Energía neta para la preñez (ENp)	1.97	Calculado para la muestra estudiada
Cantidad de leche producida kg leche/día[1](leche)	4.7	Datos ofrecidos por la Vaquería
Contenido graso de la leche en % (grasa)	3.5	Datos ofrecidos por la Vaquería
Energía neta para la lactancia (ENl)	13.5	Directrices IPCC 2006
Energía digerible expresada como porcentaje de la energía bruta (ED). Rango de 45-55 IPCC 2006	52.8	Calculado para la muestra estudiada
Relación entre la energía neta disponible en la dieta para crecimiento y digerible consumo (REM)	0.45	Calculado para la muestra estudiada
Energía bruta (EG)	223.44	
Factor de conversión en metano. % de energía bruta del alimento convertida en metano (Ym)	6.5	Directrices IPCC 2006
Factor de emisión para la fermentación entérica (kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1})	95.25	Calculado para la muestra estudiada
Cantidad de animales.UM cabezas de ganado (cantidad animal)	11	Datos ofrecidos por la Vaquería
(kt CH_4)	0.01	Calculado para la muestra estudiada
Emisión para la fermentación entérica kg CH_4 / año	0.01	Calculado para la muestra estudiada
CO_2 equivalente (kg CO_2-eq / año).	0.36	Calculado para la muestra estudiada

La emisión de CH_4 por fermentación ruminal del ganado de baja producción (vacuno en ordeño), con una alimentación basada en pastos naturales de baja calidad, manejados en la vaquería, fue de 0.01 kg CH_4 / año (0.36 kg CO2-eq / año) y un factor de emisión de 95.25 kg CH_4 cabeza^{-1} año$^{-1.}$ Este dato es ligeramente superior a lo reportado por el país en el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (1990-2016) para esta categoría de ganado, debido a que se obtuvo datos más refinados, coherentes con la realidad local. Sin embargo, para el parámetro factor de conversión de metano (Ym) fue necesario recurrir a valores reportados en la literatura y de acuerdo a las buenas prácticas del IPCC. En ese sentido Sauvant y Giger-Reverdin (2009) concluyeron de su metaanálisis que con el aumento del consumo de pastos de mala calidad se produce una disminución lineal de la digestibilidad de la MO y del factor de conversión del CH4 (Ym).

El parámetro que más peso tuvo en el cálculo del factor de emisión fue la menor digestibilidad del alimento de 7.8- 2.5 % por encima de los rangos considerados por el IPCC en las guías del 2006 (45-55), esto se explica porque en la vaquería evaluada muestra grandes extensiones de pastos naturales de baja calidad y especies invasoras no aptas para el consumo animal, las cuales afectan la digestibilidad y contribuye negativamente a las emisiones de CH_4 entérico (0.01 kg CH_4 / año) y a la disminución de la producción de leche en un ganado que produce en la vaquería estudiada (4.7 kg leche/día[1]) y tiene potencialidades para producir más con buen manejo y alimentación. Estos resultados coinciden con lo informado por Hernández (2020), en México, donde los vacunos que consumían alimentos de menor digestibilidad, principalmente las vacas lecheras, fueron los que más CH_4 entérico emitieron y menor producción láctea aportaron. Por otra parte, Nieto et al. (2014) calcularon un factor de emisión para vacas lecheras en Argentina, alimentadas con pastos naturales de digestibilidad del 55 % y obtuvo un factor de 112 kg CH_4 cabeza^{-1} año-^{1}, valor cercano al calculado para las vacas lecheras que se alimentan solo de pasto en Cuba.

El otro parámetro fue el peso del animal y la lactancia, puesto que la categoría vaca en ordeño, requieren un mayor consumo de alimento, al ser este de mala calidad influye en la disminución de la tasa fraccional de pasaje y por ende un aumento en el volumen de producción de CH_4 a nivel ruminal. Los pastos de mala calidad tienen bajos contenidos energéticos, a su vez disminuye la energía neta empleada durante la lactancia e influye de forma negativa en el comportamiento productivo de los animales. Según las ecuaciones establecidas por el IPCC para el cálculo de la energía neta para la lactancia, el aumento de la misma traerá como consecuencia el incremento de las emisiones de CH4. En este sentido, la categoría que presenta mayor emisión de CH4 es la de vacas maduras, dado que los requerimientos de energía en esta etapa del animal son mayores que para las otras categorías (Herranz, 2018). En nuestro estudio se corroboró que el consumo de alimento se relaciona con el tamaño del animal y la lactancia, resultados similares se informaron por García (2011), Hernández (2020) y Vega (2022) en Cuba.



CONCLUSIONES

El ganado vacuno en ordeño del genotipo lechero Siboney de Cuba de la vaquería No. 127, ubicada en Loma de Candelaria del municipio Consolación del Sur en la provincia de Pinar del Río, mostraron altas emisiones de CH_4, lo que constituye un resultado a tener en cuenta en el reporte al Inventario de Gases de Efecto Invernadero en Cuba y futuras acciones de mitigación basadas en prácticas de ganadería Climáticamente Inteligente.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la UEB Loma de Candelaria, por permitir el acceso a una de sus vaquerías y aportar valiosos datos para el desarrollo del presente trabajo, además del apoyo del proyecto PN 0-50 "Desarrollo de una tecnología eficiente de mitigación de las emisiones de CH_4 entérico para las vacas lecheras en sistemas de producción" del Programa Nacional de Ciencia, Técnica e Innovación "Cambio climático en Cuba: Impactos, mitigación y adaptación" que aportó el financiamiento para el estudio. También al *College of Animal Science* and *Technology, Northwest A& F University, Yangling*, particularmente a los miembros del Proyecto de colaboración Cuba-China.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no hay ningún conflicto de interés

Contribución de los autores

- Yudith Lamothe: Diseñó los experimentos, procesamiento de los datos, cálculo, análisis e interpretación de los resultados y revisó los manuscritos para publicación.
- María del C. Guerra: Contribuyó al procesamiento de los datos y cuantificación de las emisiones de metano entérico y revisó los manuscritos para publicación.
- Luís Enrique Dihigo Cuttis: Aportó como experto los datos de la situación alimentaria y fundamentos sobre la digestibilidad de alimentos en el área de estudio. Calculó la ingesta de energía bruta.
- José Miguel Sánchez Pellitero: Tuvo a su cargo la caracterización de la finca estudiada y los parámetros referidos a indicadores reproductivos
- Rosemary López Lee: Como revisora internacional de Inventarios de gases Efecto Invernadero proporcionó información técnica sobre gases de efecto invernadero y el refinamiento de los factores de emisión para estimar las emisiones de CH4 por Fermentación entérica, a partir de la obtención de datos paramétricos específicos del país.
- Junhu Yao: Proporcionó artículos científicos con los últimos resultados de investigaciones relacionados con la tecnología de reducción eficiente de las emisiones de metano del ganado lechero. Revisión final del documento manuscrito
- Jun Zhang: Proporcionó artículos científicos de su autoría con los últimos resultados de investigaciones relacionados con la tecnología de reducción eficiente de las emisiones de metano del ganado lechero. Revisión final del documento manuscrito.

BIBLIOGRAFÍA

Alvarado, V. 2018. Emisión de metano entérico de vacas en lactación con pastos cultivados en zona altoandina – estación lluviosa y seca. Tesis para optar el grado de Maestro Magister Scientiae en Nutrición. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.

Álvarez, A. 2014. El cambio climático y la producción animal. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, vol. 48, núm. 1, pp. 7-10. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba.

Benaouda, M; González, M; Molina, L.T. y Castelán, O.A. 2017. Estado de la investigación sobre emisiones de metano entérico y estrategias de mitigación en América Latina. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, vol. 8, núm. 4, pp. 965-974.

Chávez y Hernández 2017.calcularon el efecto de la producción ganadera en la emisión de los principales GEI en una unidad cooperativa de producción lechera en Las Tunas. Para ello aplicaron la herramienta GLEAM (Modelo de Evaluación Ambiental para la Ganadería Mundial) propuesta por la FAO.

EEPFIH. 2000. Tablas de valor nutritivo y requerimientos para el ganado bovino. Pastos y Forrajes. 23(2): 105-122

FAO 2013. Enfrentando el cambio climático a través de la ganadería – Una evaluación global de las emisiones y oportunidades de mitigación. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma.

FAO 2015. Estimación de emisiones de gases de efecto invernadero en la agricultura. Un manual para abordar los requisitos de los datos para los países en desarrollo. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma.

FAO 2018. Soluciones ganaderas para el cambio climático. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma.

FAO 2020. Agricultura, Silvicultura y otros Usos de la Tierra. Emisiones por fuentes y absorciones por sumideros. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma.

FAO 2023. Caminos hacia la reducción de las emisiones: evaluación mundial de las emisiones de gases de efecto invernadero y opciones de mitigación de los sistemas agroalimentarios ganaderos. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Roma. Consultado el 10 de febrero de 2025. https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/cc9029en.

Gacía, J. C. 2011. Secuestro de Carbono y emisiones de gases de efecto invernadero en tres fincas de la provincia de Villa Clara. [Tesis presentada en opción al Título Académico de 58 Master en Agricultura Sostenible]. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. [Links]

Hernández, O.A. 2020. Emisión de gases de efecto invernadero en unidades de producción bovina en Chiapas, México. Tesis de Maestría en Ciencias en Producción Agropecuaria Tropical. Universidad Autónoma de Chiapas. Facultad de Ciencias Agronómicas. Chiapas, México

Hernández-Jiménez, Pérez-Jiménez, Bosch-Infante y Castro-Speck, N. 2019: La clasificación de los suelos de Cuba: énfasis en la versión de 2015. Cultiv. Tropic.. 40(1).

IPCC 2006. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. y Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan.

Johnson, KA y DE Johnson. 1995. Emisiones de metano del ganado. J. Anim. Sci. 73:2483–2492. https://doi.org/10.2527/1995.7382483x.

Nieto, M.I.; Guzmán, M.L. y Steinaker, D. 2014. Emisiones de gases de efecto invernadero: simulación de un sistema ganadero típico de la región central Argentina. Revista de Investigaciones Agropecuarias, vol. 40, núm. 1, pp. 92-101. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Buenos Aires, Argentina.

República de Cuba 2020. Tercera Comunicación Nacional a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. La Habana,

República de Cuba. Román, S. y Hernández, J.H. 2016. Producción y Medición de Metano (CH4) en ganado bovino. Technical Report July 2016

SIEC del MINAG.2024. Anuario Estadístico del Ministerio de la Agricultura Cuba 2023. Edición 2024.

Vega, D. 2022. Emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de la ganadería en Cuba. Tesis presentada en opción al título de Licenciatura en Meteorología. INSTEC. La Habana. Cuba

Sauvant, D. y S. Giger-Reverdin. 2009. Modélisation des interactions digestives et de la production

Zuñiga, N. 2016. Estimación de las emisiones en bovinos en los sistemas de producción lechera en pequeña escala a través del factor de conversión de metano. Tesis para optar al Grado de Doctor en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. Universidad Autónoma del Estado de México. México

Cuba Third National Communication to the United Nations Framework Convention on Climate Change. CAPÍTULO 2. Inventario Nacional de Gases de Efecto de Invernadero. Sosa Perez, C., Bolufe Torres, J., Lamothe Crespo, Y. 2020. ISBN: 978-959-300-170-0.





BMA-85. Fortaleciendo las capacidades para la acción climática en la ganadería. Proyecto CBIT-AFOLU en Cuba.

Strengthening capacities for climate action in livestock farming. CBIT-AFOLU Project in Cuba.

Janet Blanco Lobaina, Instituto de Investigaciones de Pastos y Forrajes (IIPF)[*].*

Yamilet Lamothe Crespo, Dirección de Ciencia, Innovación y Extensión Agraria del Ministerio de la Agricultura[**].*

Yudith Lamothe Crespo, Centro de Investigaciones para el Mejoramiento Animal en Ganadería Tropical (CIMAGT)[***].*

[*]Correspondencia a: jblancolobaina79@gmail.com, 52138980

[**]Correspondencia a: mambiente@oc.minag.gob.cu, 7884-7638

[***]Correspondencia a: yudith@cima-minag.cu; yudith71lamothe@gmail.com, 52120586

RESUMEN:

Cuba ejecutó del 2021 al 2024 su primer proyecto CBIT en el sector AFOLU (Agricultura, forestal y otros usos de la tierra, por sus siglas en inglés), con el objetivo de fortalecer las capacidades institucionales y técnicas en este sector para responder a los requisitos del Marco de Transparencia Reforzado (MTR) del Acuerdo de París. El proyecto se estructuró en tres componentes y cada uno tuvo el propósito común de eliminar las barreras, vacíos y brechas de capacidad para la implementación de sistemas de información, herramientas y metodologías que permitan el monitoreo y seguimiento del progreso de las acciones de mitigación y adaptación al cambio climático, así como su reporte y rendición de cuentas bajo los requisitos de transparencia. En relación a la ganadería, se elaboraron las bases generales de su sistema de medición, reporte y verificación (MRV) y sistema de monitoreo y evaluación (M&E) para el seguimiento a las acciones de mitigación y adaptación, respectivamente; se construyó una propuesta de medidas e indicadores para el Plan Agrario de Acción Climática (PAAC); se formó capacidades técnicas e institucionales para estimar las emisiones de gases de efecto invernadero y actualizar anualmente el inventario nacional; se reorganizó el sistema de información del sector con un mecanismo de coordinación institucional y plataformas digitales de registro y comunicación de datos e información. Estas iniciativas serán cruciales en la toma de decisiones para una ganadería más resiliente al clima cambiante y futuro.

Palabras clave: *proyecto, ganadería, transparencia, cambio climático.*

ABSTRACT

Cuba carried out its first CBIT project in the AFOLU sector (Agriculture, Forestry, and Other Land Uses) from 2021 to 2024, with the aim of strengthening institutional and technical capacities in this sector to meet the requirements of the Enhanced Transparency Framework (ETF) of the Paris Agreement. The project was structured into three components, each with the common purpose of removing barriers, gaps, and capacity shortages for the implementation of information systems, tools, and methodologies that allow for the monitoring and tracking of progress in climate change mitigation and adaptation actions, as well as their reporting and accountability under transparency requirements. Regarding livestock, the general bases for its measurement, reporting, and verification (MRV) system and monitoring and evaluation (M&E) system were developed to track mitigation and adaptation actions, respectively; it A proposal of measures and indicators was developed for the Agricultural Climate Action Plan (PAAC); technical and institutional capacities were built to estimate greenhouse gas emissions and annually update the national inventory; the sector's information system was reorganized with an institutional coordination mechanism and digital platforms for data and information registration and communication. These initiatives will be crucial in decision-making for livestock that is more resilient to the changing and future climate.

Keywords: *project, livestock, transparency, climate change.*

INTRODUCCIÓN

El cambio climático constituye una alta prioridad para Cuba, no solo por la necesidad de enfrentar sus efectos, también por los compromisos que ha contraído con los principales instrumentos internacionales vigentes en el tema: la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (1994) y el Acuerdo de París (2016). Cuba, al firmar y ratificar estos instrumentos, adquiere las responsabilidades derivadas de los términos en sus compromisos. Un ejemplo de ésto último es el Artículo 13 del Acuerdo de París, que prevé el establecimiento de un Marco de Transparencia Reforzado (MTR, por sus siglas), bajo principios de coherencia, exhaustividad, exactitud, transparencia y no doble cómputo para la información reportada sobre las acciones de enfrentamiento al cambio climático (Cubaenergía, 2024).

En el 2021, Cuba inició un proyecto de colaboración internacional en el sector AFOLU (Agricultura, forestal y otros usos de la tierra, por sus siglas en inglés), con el objetivo de fortalecer las capacidades institucionales y técnicas en este sector para responder a los requisitos del Marco de Transparencia Reforzado (MTR) del Acuerdo de París, alineado con las circunstancias nacionales.

El Fondo Mundial para el Medio Ambiente (GEF, por sus siglas en inglés) aprobó el proyecto con un financiamiento de 863.242,00 USD, aportado por la Iniciativa de Creación de Capacidad para la Transparencia (CBIT, por sus siglas en inglés). Tuvo a la Organización Mundial para la Agricultura y la Alimentación (FAO) como contraparte oficial extranjera y al Ministerio de la Agricultura (MINAG), a través de la Dirección de Ciencia, Técnica, Innovación y Medio Ambiente, como contraparte oficial nacional.

La ganadería es uno de los sectores que se benefició con la implementación del Proyecto CBIT-AFOLU, al trabajar en la disminución de barreras que limitan el MTR en el sector, como las (1) institucionales: insuficiente preparación de actores en los temas de gestión y enfrentamiento del cambio climático; deficiente integración de la adaptación, mitigación y financiamiento climático en las políticas, programas y planes de desarrollo del sector ganadero; falta de fondos; y las (2) técnicas: insuficiente recolección de datos básicos, su registro y gestión; no existencia de sistemas de monitoreo y dificultades en cuantificar el impacto de las medidas de adaptación y mitigación. A fin de superar estos obstáculos, se acometieron acciones para fortalecer dichas capacidades institucionales y técnicas, lo que constituyó un paso más de avance hacia una ganadería resiliente y sostenible.

MATERIALES Y MÉTODOS:

El proyecto se implementó a nivel del Ministerio de la Agricultura (MINAG), con el acompañamiento de su Dirección de Ciencia, Técnica, Innovación y Medio Ambiente y equipos técnicos por subsectores, que se conformaron con representantes de las distintas direcciones estatales del MINAG e instituciones científicas del sector.

El Equipo Técnico que trabajó para el sector de la Ganadería estuvo conformado por los representantes de:

1. Dirección Estatal de Ganadería
2. Centro de Investigaciones para el Mejoramiento Animal en la Ganadería Tropical (CIMAGT)
3. Instituto de Investigaciones de Pastos y Forrajes (IIPF)
4. Instituto de Investigaciones Porcinas (IIP)
5. Instituto de Investigaciones Avícolas (IIA)
6. Instituto de Ciencia Animal (ICA)
7. Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey (EEPF IH)
8. Grupo Empresarial Ganadero (GEGAN)
9. Grupo Empresarial para la Producción y Comercialización Porcina (GPOR)

El proyecto se centró en las acciones de capacitación como parte de un programa de fortalecimiento de capacidades para la generación, utilización, monitoreo, evaluación y reporte de información disponible sobre cambio climático. Para ello, se celebraron 30 talleres, numerosos encuentros técnicos del Comité Coordinador y 5 misiones técnicas con intercambios de experiencias entre pares. Igualmente, se participó en reuniones online, webinarios con asesorías técnicas, sesiones de estudio y revisión bibliográfica, con literatura de referencia sobre los Sistemas MRV y M&E en el ámbito internacional.

La siguiente figura expone las áreas de intervención del proyecto, con sus principales resultados y productos.

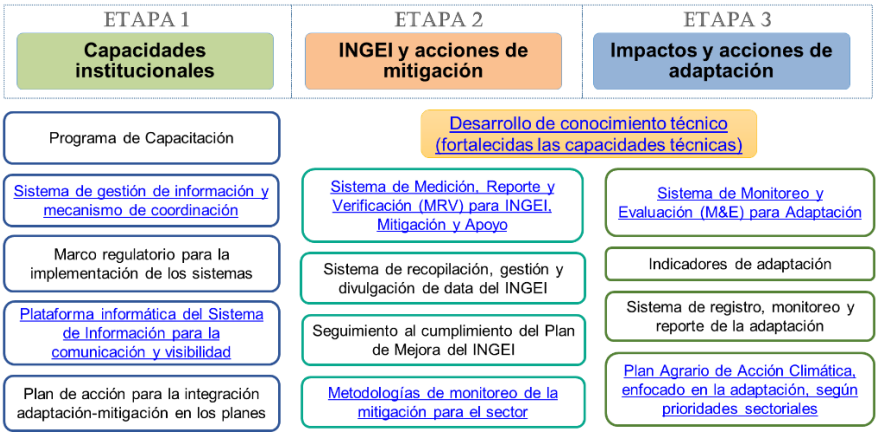


Figura 1. *Esquema del marco lógico del proyecto CBIT-AFOLU.*

Se trabajó en las cinco áreas mencionadas, resultando en un número amplio de materiales técnicos, principalmente:

1. Programa de capacitación sobre cambio climático en el sector y la transparencia en virtud del Acuerdo de París.
2. Propuesta de Marco Regulatorio para establecer los Sistemas de MRV/M&E en el sector de la agricultura, forestal y otros usos del suelo.
3. Bases generales para el establecimiento del Sistema de Medición, Reporte y Verificación (MRV) en el sector, bajo el Acuerdo de París.
4. Bases generales para el establecimiento del Sistema de Medición, Reporte y Verificación de Financiamiento Climático en el sector, bajo el Acuerdo de París.
5. Bases generales para el establecimiento del Sistema de Monitoreo y Evaluación (M&E) de la Adaptación en el sector.
6. Plan Agrario de Acción Climática (PAAC).
7. Reporte sobre el Inventario de Gases de Efecto Invernadero en los sectores Agricultura y Uso de la Tierra, Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura (UTCUTS), en la serie 1990-2022, para el Primer Informe Bienal de Transparencia (IBT) de Cuba en el 2024.
8. Reporte de progreso de la acción de mitigación comprometida en la Contribución Nacionalmente Determinada (NDC) de Cuba, correspondiente al sector porcino para el 1er IBT en el 2024.
9. Reporte para el Capítulo 4: Información relativa a los impactos del cambio climático y la adaptación en virtud del Artículo 7 del Acuerdo de París, del 1er IBT en el 2024.
10. Plataforma informática del Sistema de Información sobre Cambio Climático en la Agricultura (SICCA).
11. Plataforma informática del Sistema de Gestión del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero para los Sectores Agricultura y Uso de la Tierra, Cambio del Uso de la Tierra y Silvicultura (UTCUTS).
12. Plataforma informática del Sistema de Registro de Acciones Climáticas en el sector.
13. Relatorías de los encuentros técnicos, misiones y talleres celebrados.

RESULTADOS:

El proyecto se estructuró en tres Etapas y cada una presentó sus resultados y productos específicos, pero con el propósito común de eliminar las barreras, vacíos y brechas de capacidad dentro de los subsectores agrícola, ganadero, forestal, suelos y cambio de uso de la tierra, para la implementación de sistemas de gestión de información, monitoreo y seguimiento del progreso y cumplimiento de las NDC, así como su reporte y rendición de cuentas bajo los requisitos de transparencia.

En el sector de ganadería se identificaron los arreglos institucionales requeridos para la gestión de datos e información, en función de la implementación del MTR en el contexto de la agricultura cubana (Figura 2).

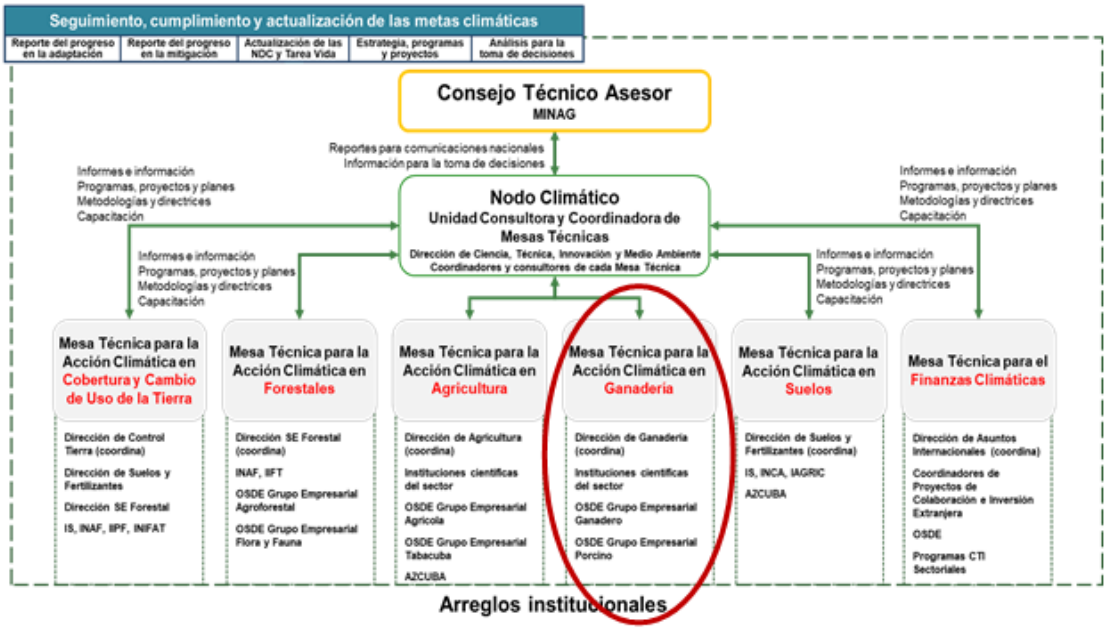


Figura 2. *Estructura para el Sistema de Información sobre Cambio Climático en la Agricultura.*

Se reorganizó el sistema de información del sector con un mecanismo de coordinación institucional y plataformas digitales de registro y comunicación de datos e información (Figura 3), entre los que se tiene un sistema de gestión para el inventario de gases de efecto invernadero en los sectores Agricultura y UTCUTS y otro para el registro de las acciones de mitigación y adaptación, incorporando el monitoreo de los indicadores y el financiamiento asociado. Sin embargo, el mecanismo de coordinación y las herramientas necesitan un escalado hacia la implementación, que gestione la información generada desde el nivel local a la nacional, con participación de todas las instituciones dentro y fuera del sector.

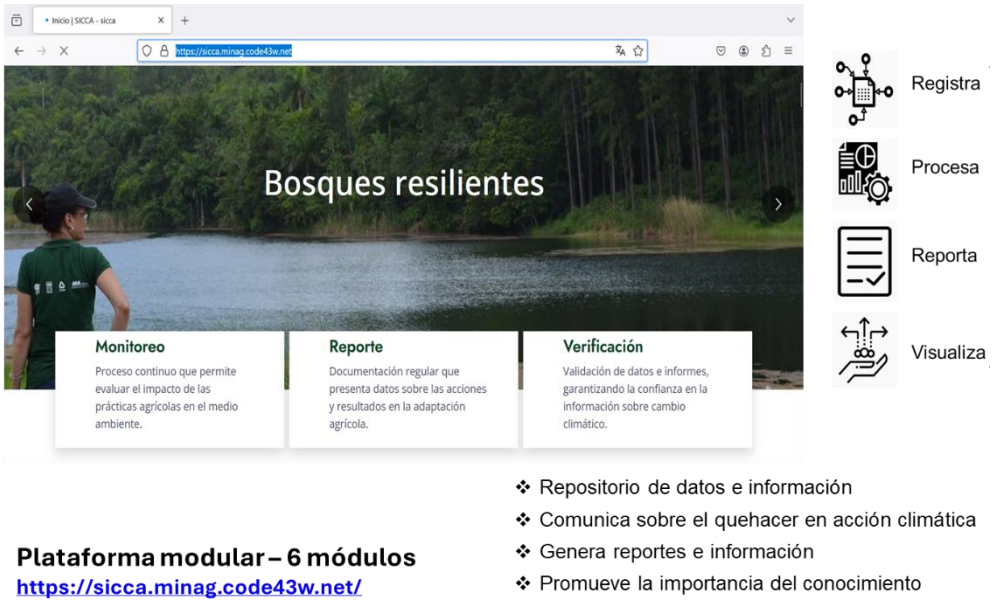


Figura 3. *Plataforma del Sistema de Información sobre Cambio Climático en la Agricultura (SICCA).*

Las actividades de formación de capacidades se centraron en la elaboración del inventario de gases de efecto invernadero (GEI) de los sectores Agricultura y Uso de la Tierra, Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura (UTCUTS), empleando las Directrices de 2006 del IPCC y en correspondencia con las MPG adoptadas en la Decisión 18/CMA.1 de la COP 24. Se capacitó a un equipo de 3 personas (representantes de CIMAGT, IIPF y IIP) en esta temática, quienes asumieron la responsabilidad de estimar las emisiones de GEI en las categorías de la ganadería: 3.A Fermentación entérica y 3.B Manejo del estiércol, logrando elevar a un Nivel 2 los cálculos de las emisiones en el ganado vacuno con el empleo de datos específicos de país.

También se capacitaron a 28 representantes de las 9 entidades participantes por el sector de la ganadería en el diseño de un sistema de indicadores de medidas de adaptación, principalmente las incluidas en el Plan de Estado para Enfrentar el Cambio Climático "Tarea Vida", incorporando dimensiones sociales y de género; uso e interpretación de los escenarios climáticos, monitoreo y evaluación de medidas de adaptación. Otro equipo de 12 personas recibió capacitación en el uso de la Metodología GACMO (Greenhouse Gas Abatement Cost Model). A través de ésta última, se identificaron 2 medidas de mitigación para la ganadería, que se presentaron como propuestas para la Contribución Determinada a nivel Nacional (NDC por sus siglas en inglés) del país, a actualizar en el 2025.

Por otra parte, se elaboraron las bases generales de los Sistemas de Medición, Reporte y Verificación (MRV) en el sector AFOLU, incluyendo uno para la ganadería, en relación a la elaboración del inventario de emisiones y absorciones de GEI, y el seguimiento al progreso de las acciones de mitigación. También se confeccionaron las bases generales del Sistema de Monitoreo y Evaluación (M&E) en relación al seguimiento del progreso de las acciones de adaptación en el sector. Los MRV/M&E se implementaron y validaron en el proceso de elaboración de los informes al primer Reporte Bienal de Trasnparencia de Cuba, presentado en el 2024. Las bases generales incorporaron lo establecido en las MPG de la Decisión 18/CMA.1 (COP 24 de Katowice en el 2018) y los formatos de la Decisión 5/CMA.3 (COP 26 de Glasgow en el 2021).



Figura 4. *Acciones de capacitación realizadas en el marco del proyecto.*

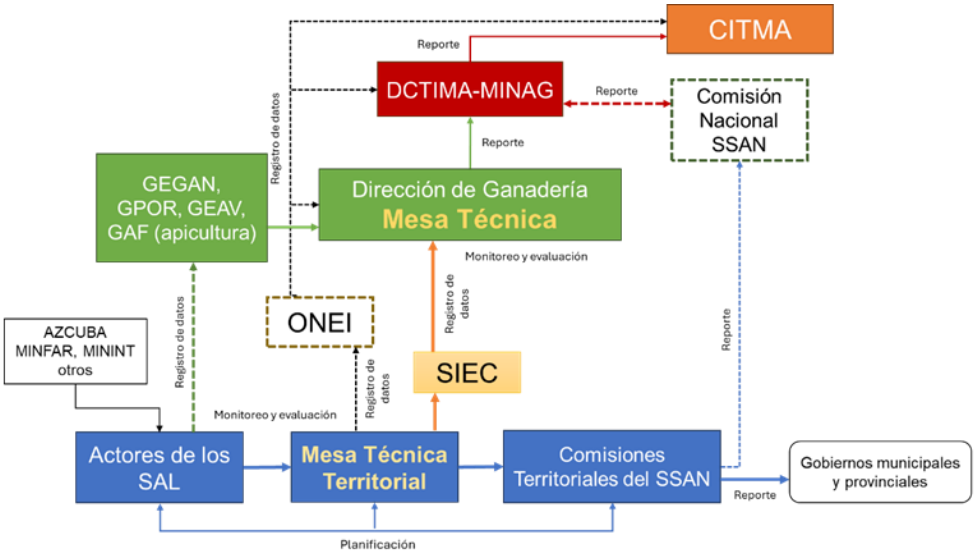


Figura 5. *Arreglos institucionales del Sistema de M&E de Adaptación.*

En la Etapa 3 se construyó una propuesta de Plan Agrario de Acción Climática (PAAC) para integrar las medidas de mitigación y adaptación en los programas de desarrollo económico y social al 2030 del sector. A partir de ello, se priorizaron las acciones de adaptación, manteniendo su correspondencia con las proyecciones del Plan de Estado Tarea Vida en el periodo 2021-2025 y la estrategia de enfrentamiento al cambio climático del MINAG. En talleres se concretó la selección y priorización de medidas de adaptación para el sector, resultando en 6 para la ganadería. Las medidas se asocian a los programas productivos de ganadería vacuna y porcina, así como los programas de apoyo de semillas y recursos fitogenéticos, conservación y mejoramiento de suelos e ingeniería agrícola, actividad forestal, sanidad animal y vegetal y uso de bioproductos. Para este resultado se consideraron las MPG, que establece la Decisión 18/CMA.1 (COP 24).

CONCLUSIONES

El proyecto contribuyó a crear las capacidades técnicas en el sector ganadero para evaluar e informar sobre las emisiones/absorciones de GEI y sobre las acciones de mitigación, al igual que creó las capacidades para monitorear e informar los impactos del cambio climático y las acciones de adaptación en la ganadería. A partir de su implementación satisfactoria y la obtención de los Resultados esperados, el sector dispone de equipos técnicos capacitados, herramientas y metodologías para cumplir con los compromisos de reporte de sus inventarios de GEI, así como monitorear los progresos en relación con las acciones prioritarias identificadas en la NDC. En estrecha colaboración con las partes interesadas, los esfuerzos se dirigieron hacia el desarrollo de arreglos institucionales, mecanismo de coordinación, los sistemas de MRV/M&E, plataformas de gestión de data e información y otras herramientas y, a la par, realización de actividades de capacitación y sensibilización a través de talleres de formación.

En general, los esfuerzos del proyecto y sus resultados serán un punto de inflexión para un cambio de paradigma con respecto a la transparencia, pues apunta específicamente a extender la adopción de las mejores prácticas y lecciones aprendidas a otros sectores de la economía. Los sistemas de gestión de información y la infraestructura para monitorear e informar las acciones de mitigación y adaptación, establecidos en el marco del proyecto, permiten su fácil aplicación y adopción, lo que facilitará su replicación.

BIBLIOGRAFÍA

Cubaenergía, 2024. Primer Informe Bienal de Transparencia de la República de Cuba. Editorial CUBAENERGÍA. La Habana, Cuba. 208 p.





BMA-86. Implementación de proyectos de capacitación en sistemas agroforestales y silvopastoriles en entidades productivas y centros educacionales de la provincia Las Tunas

Implementation of training projects in agroforestry and silvopastoral systems in productive entities and educational centers in the province of Las Tunas

Y. N. Garcés Franco[1], J. L. Rivero Moreno[2], M. Meriño Lara[3] y M. Cobas Milian[1]*

Asociación Cubana de Producción Animal[1] y Estación Experimental de Pastos y Forrajes[2] y la Universidad de las Tunas[3], Las Tunas, Cuba CP 75100

[*]Correspondencia a: acpa@dlg.ltu.minag.gob.cu

RESUMEN

La deforestación ha sido un fenómeno que ha azotado la humanidad en los últimos años, que ha traído como consecuencia la pérdida de gran parte de la biodiversidad en el mundo. Esta situación ha puesto en alerta a los ecologistas a nivel mundial que han alzado su voz para condenar este hecho y han decidido tomar acciones al respecto. La tala indiscriminada de árboles es parte responsable de los problemas climáticos y ambientales que han propiciado un acelerado deterioro del medio ambiente, provocando aumento de la temperatura, pérdida de especies animales, deterioro de los suelos, aumento de la contaminación, entre otros graves problemas ambientales. En Cuba se promueve el uso de sistemas agroforestales para no solo contrarrestar los problemas ambientales sino también para garantizar la autosuficiencia alimentaria del ganado para la producción de leche y carne. La creciente reducción de los niveles de producción de alimentos en los últimos años responde a la falta de un sistema integral para la alimentación del ganado. El deterioro de los potreros, la invasión de marabú y otras especies indeseables, además del sobrepastoreo acentúan la ineficiencia de los sistemas productivos y el deterioro gradual del medio ambiente, por lo que los sistemas agroforestales surgen como una estrategia necesaria que da al traste con las malas prácticas productivas, garantizando el bienestar de los animales y la autosuficiencia alimentaria. El objetivo de este trabajo muestra las experiencias del trabajo de la ACPA en la elaboración y ejecución de proyectos para la capacitación en sistemas silvopastoriles, agroforestales y educación ambiental a más de 1357 capacitados de ellos, 1172 enformas productivas, 28 niños y 137 jóvenes en el ultimo año, con la utilización de los fondos del desarrollo estatal forestal, con la posibilidad de restaurar áreas mediante el uso de árboles y arbustos de finalidades múltiples que, además de proporcionar beneficios ambientales, hacen sostenibles los sistemas ganaderos. La agricultura en la provincia Las Tunas carece de tecnologías y recursos materiales para la producción de leche y carne, por lo que se hace necesario implementar alternativas viables que se adapten a nuestras condiciones, se reviertan en mayor producción de carne, leche y en ambiente seguro para la vida.

Palabras clave: *deforestación, sistemas agroforestales, medio ambiente, educación ambiental.*

Keywords: *deforestation, agroforestry systems, environment, environmental education*.

INTRODUCCIÓN

Para el año 2050 se prevé un incremento de 60-100 % en la demanda de productos de origen animal para la alimentación humana (FAO 2009). Ello se debe al crecimiento demográfico (se estima un aumento de 2 mil millones de personas) y al acrecentamiento de la clase media a nivel mundial, que se pronostica crecerá, para igual fecha, aproximadamente en 3 mil millones de personas.

No obstante, el incremento en la producción de alimentos para satisfacer la demanda debe suceder mientras se intenta eliminar el hambre y la pobreza; se usan de forma más eficiente los recursos naturales; se trabaja por conservar la biodiversidad; se combaten las causas y se reducen las consecuencias del cambio climático; y se lucha contra el aumento de los gases de efecto invernadero, la degradación de los suelos y el avance de los desiertos.

La mayor demanda de alimentos de origen animal se debe suplir, en gran medida, por los sistemas de producción animal de los países tropicales, ya que tienen las mejores condiciones para aumentar de forma significativa la producción de alimentos, a partir de su capacidad para generar biomasa (Rivero 2013).

Sin embargo, la ganadería tropical enfrenta serios cuestionamientos debido al modelo vigente de producción, caracterizado por: grandes extensiones de áreas con gramíneas; baja o nula diversidad de especies; alto grado de transformación de los ecosistemas naturales; escasa integración con el sector agrícola, el forestal y con otras especies pecuarias; baja eficiencia y rentabilidad; deterioro del medio ambiente; y poca participación efectiva en la solución de las necesidades socioeconómicas de la población.

La elevada tasa de deforestación en los países tropicales tiene efectos locales, como la pérdida de la productividad y la degradación de los suelos, y a escala regional afecta la capacidad de regulación hídrica y propicia la contaminación de los ríos.

Además los sistemas silvopastoriles, como parte de los sistemas agroforestales pecuarios, son un tipo de uso de la tierra que se caracteriza por aplicar simultáneamente varios principios agroecológicos, como la conversión de energía solar en biomasa a través de una vegetación estratificada, la elevada fijación de nitrógeno atmosférico al suelo, la protección y el uso sustentable del agua, la rehabilitación de suelos degradados, el reciclaje de nutrientes, la provisión de hábitat para organismos controladores biológicos, la conservación y el uso de la biodiversidad, la disminución en el uso de insumos externos, la reducción de la contaminación ambiental y el manejo integrado de la salud animal.

Por consiguiente, la conversión en entidades productivas de la provincia Las Tunas, en SSP permite recuperar la diversidad biológica y mantener la integridad de varios procesos ecológicos que son esenciales para el funcionamiento de las áreas que se usan para la ganadería, lo cual trae consigo no solo beneficios ambientales, sino también el incremento de la productividad y los retornos financieros para los productores.

Las leguminosas arbustivas hacen parte de la alimentación de muchos animales silvestres y domésticos como complemento de su dieta diaria. Por el valor nutricional, sus frutos y follaje constituyen elementos estratégicos para reducir el uso de alimentos balanceados y los costos de producción en los períodos de crisis forrajera. Además, por su habilidad para fijar nitrógeno y aportar al mejoramiento de la calidad del suelo y a la comunidad de organismos que lo habitan. Las leguminosas arbóreas pueden aprovecharse en la conformación de sistemas agroforestales pecuarios como cercas vivas, arboles dispersos, sistemas silvopastoriles, entre otros beneficios.

Objetivos:

- Poner a disposición de las entidades productivas, un modelo de finca que les permita lograr adecuados indicadores de sostenibilidad, diversidad, productividad y eficiencia con bajas emisiones al medio ambiente.
- Lograr la capacitación de estudiantes de la carrera de agronomía sobre la necesidad del uso de los sistemas agroforestales como alternativa viable y necesaria para lograr autosuficiencia alimentaria en el ganado.
- Contribuir con la formación vocacional y orientación profesional de los estudiantes en los diferentes niveles educacionales de manera que adquieran las herramientas necesarias para la preservación del medio ambiente.
- Lograr la conexión necesaria con la naturaleza que permita desarrollar acciones en su beneficio como sembrar árboles, ahorrar agua, reciclar todo lo que se pueda y crear una cultura de economía circular.

MATERIALES Y MÉTODOS

A raíz de la pandemia y de falta de financiamiento en la Filial ACPA Las Tunas, se realiza un diagnóstico siguiendo los principios y reglas establecidas para acceder al Fondo de Desarrollo Forestal en Cuba (FONADEF), donde se establecen las medidas y normas vigentes para lograr un Programa Forestal sobre bases sostenibles de producción en entidades productivas ganaderas de nuestro sistema de la agricultura.

Se elaboraron proyectos desde el año 2020 hasta el 2025. Se inició con un municipio y se logró cubrir hasta 8 municipios de la provincia Las Tunas integrando además centros educacionales con el objetivo de mostrar experiencias del trabajo de la ACPA en la elaboración y ejecución de proyectos para la capacitación en sistemas silvopastoriles y educación ambiental con la utilización de los fondos del desarrollo estatal forestal.

Se elaboraron proyectos desde el año 2020 hasta el 2025. Se inició con un municipio y se logró cubrir hasta los 8 municipios de la provincia Las Tunas, integrando además centros educacionales con el objetivo de mostrar experiencias del trabajo de la ACPA en la elaboración y ejecución de proyectos para la capacitación en sistemas silvopastoriles y educación ambiental con la utilización de los fondos del desarrollo estatal forestal y la sinergia con el proyecto IRES.

Se organizaron las acciones en forma de taller, utilizando la formación en grupos de trabajo para levantar principales deficiencias y problemas, mediante encuestas participativas y lograr la devolución de los mismos logrando socializar las mejores prácticas.

Principales deficiencias y problemas que presentan actualmente las entidades productivas y los productores en el desempeño de su finca familiar.

1. Baja disponibilidad de semillas de gramíneas, leguminosas y arbóreas proteicas.
2. Falta de transporte y combustible para la labor de Extensión Agraria.
3. Escasez de agua y alimentos en los períodos de crisis forrajeras.
4. Bajos niveles de Acuartonamiento en las áreas de pastoreo.
5. Incremento del Hurto y Sacrificio de los Animales Mayores.
6. Aumento de la Invasión por parte de Especies Exóticas Invasoras (EEI), donde se destacan. Marabú, Aroma, Guinda, Malva de caballo, Algarrobo de la India, Zarza, Espino y otras).

7. Bajo porcentaje de árboles para sombra natural (*Bienestar animal*)

Alcance y oportunidades que aprovecha la acpa con estos proyectos

- ✓ Crear capacidades en los productores sobre el establecimiento y manejo de los Sistemas Silvopastoriles y agroforestales.
- ✓ Fortalecer capacidades de directivos y técnicos del sector para la implementación de estos sistemas
- ✓ Reseñar los principales resultados obtenidos en Cuba con el uso de los sistemas agroforestales y silvopastoriles para la producción de leche y carne
- ✓ Desarrollar alternativas tecnológicas para lograr la integración del complejo suelo-árbol-gramínea-animal, orientado a mejorar los niveles alimentarios y productivos de los animales, el uso racional de los recursos, la preservación de la fauna silvestre y el medio ambiente.
- ✓ Crear capacidades en los estudiantes de la carrera de agronomía sobre el establecimiento y manejo de los Sistemas agroforestales

RESULTADOS

Debido a la capacitación recibida por el proyecto a los jefes de fincas se logró la transformación de un área con estos sistemas en cada municipio. Se crearon círculos de interés en las bases cooperativas sobre sistemas agroforestales y centros educacionales. Se llega con la capacitación a las diferentes formas productivas (ubpc, cpa, ccs y granjas estatales) (tabla1).

Tabla 1. *Personas capacitadas de la provincia Las Tunas*

Municipios	Formas productivas	Cantidad
Manatí	UEB La Julita	25
Puerto padre	Finca familiar "Oro Verde"	12
Jesús Menéndez	UBPC Reytel Jorge	25
Majibacoa	UBPC Armando Rodríguez	25
Amancio	Finca familiar "Los Ramírez"	8
Colombia	Finca familiar "Las Marías"	10
	Secundaria Básica" Marcos Barrero"	25
Jobabo	IPA Manifiesto de Montecristi	25
	UBPC 1ro de Enero	25
Tunas	Universidad Las Tunas	12
	CPA Calixto Sarduy	20
	IPA Veguita. Zootecnia Veterinaria	25
	IPA Agronomía	25
	Secundaria Básica Veguita	25
	Seminternado " El Vaquerito"	28
	UBPC Waldemar membrado	25
	Finca Familiar " El Cannan"	12
	Finca Familiar "Los Buenos"	15
TOTAL		**1357**

Se logra transferir tecnologías (tabla 2) y hacer extensionismo y acceso de los productores y estudiantes a los materiales técnicos editados por la ACPA (tabla 3).

Tabla 2. Principales tecnologías y resultados que beneficiaron a los productores

	Tecnologías enfocadas en el manejo sostenible de los recursos naturales,
1	Acompañamiento a los productores primarios (labor de extensión agraria). Se le entregaron lotes de semillas de especies promisorias para pastoreo, así como para el corte y acarreo
2	Diseño de sistemas silvopastoriles, viveros forestales
3	Técnicas de conservación de suelos, cercos vivos, barreras contra el viento, linderos arborizados y otros.
4	Uso consciente del agua y la incorporación de arboles nativos como barreras naturales
5	Tecnología sobre el diseño y montaje de baterías de carbón vegetal en el área demostrativa de un SSP.
6	Se inició la introducción de leguminosas (Leucaena, Centrosema, Glycine, Teramnus, Gandul y otras
7	Incremento de las áreas de Silvopastoreo (Leucaena, Guinea likoni), acuartonamiento, árboles para sombra.
8	Se introdujeron nuevas especies forrajeras para corte y acarreo (king-grass, Taiwán 144, 801-4, OM-22, CT-169y CubaCT-115
9	La Prevención, Control, Manejo y Explotación del Marabú (*Dichrostachys cinerea*), trabajado y evaluado a nivel de la finca familiar.

Tabla 3. Cantidad de productores y estudiantes que tuvieron acceso a los materiales editados por la ACPA

Productores	**Estudiantes**	**Cantidad de materiales editados por la ACPA**
320	150	+150

Logros de los proyectos de la ACPA en la provincia

- ✓ Distribución de 200 módulos de capacitación a diferentes formas productivas, beneficiadas por el proyecto FONADEF.
- ✓ Donación de un módulo de capacitación al IPA Manifiesto de Montecristi, de referencia nacional, OB del municipio Jobabo.
- ✓ Donación de 3 módulos de capacitación a los grupos coordinadores del proyecto IRES en el Sur para la implementación de las aulas escuelas.
- ✓ Acompañamiento a bases productivas para la elaboración de proyectos de desarrollo Local (CPA Calixto Sarduy, UBPC Batalla santa Rita).
- ✓ Ventas de revistas al costo a los estudiantes del IPA.
- ✓ Ventas de revistas a los estudiantes de la universidad en expoferias de negocios.
- ✓ Incrementado los conocimientos teóricos prácticos sobre el uso y manejo de los sistemas como una alternativa viable y necesaria para elevar los niveles productivos en las fincas agropecuarias.





- ✓ Incrementada la plantación de Cercas vivas (postes nacientes) y Cortinas rompevientos.
- ✓ Adquiridos conocimientos y habilidades para el fomento de especies frutales que mejoran la finca del área puesta en función Guayaba (*Psidium guajava)*, Limón (*Citrus limón)*, Naranja (*Citrus sinensis)*, Coco (*Cocos nucífera)*, Papaya (*Carica papaya)*, Mango (*mangifera indica*), Anón (*Annona spp),* Guanábana (*Anona muricata)*, Acerola (*Malpighia glabra)*, Aguacate (*Persea americana*).
- ✓ Asociadas al sistema silvopastoril, fuentes renovables de energía (FRE). Biodigestor, Molino a viento, Paneles solares, Tracción animal.
- ✓ Logrado los resultados como Cosecha de Agua de Lluvia a nivel de la Finca (Lagunas, Tranques, Aljibes, Microorganismos, Arrope).
- ✓ Identificados los lugares donde se van a establecer los viveros para la producción de posturas para el área en transformación.
- ✓ Conservación de alimento para el período de crisis forrajera. (Ensilaje, Heno, Banco de Biomasa de CT-115, Área de compensación).
- ✓ Fortalecido los Pilares Básicos de la Ganadería (Genética, Alimentación, Salud y Manejo).
- ✓ Incrementados los conocimientos teóricos prácticos sobre el establecimiento de un Lombricario que permite la producción de Humus.
- ✓ Elevados los conocimientos y habilidades para el establecimiento de franjas de árboles frutales y maderables que funcionan como cortina rompevientos (Tamarindo (*Tamarindus indica*), Jambolán (*Syzygium cumini*), Acacia mangium (*Acacia mangium*).
- ✓ Se logra elevar los conocimientos teóricos y prácticos para la siembra de postes vivos en el área demostrativa, con alta diversidad de especies como: Almácigo (*Pistacia lentiscus*), Moringa (*Moringa oleifera*), Jobo (*Spondias mombin*) y Copal (*Bursera coyucensis*) Se incrementan los conocimientos y habilidades para la preparación y aplicación de abonos orgánicos a partir de las excretas de los animales en producción en el área del sistema Silvopastoril.
- ✓ Fortalecidas las capacidades para la multiplicación de los Microorganismos nativos y su uso en el tratamiento de residuales y la alimentación de los animales.
- ✓ Elevados conocimientos para el establecimiento dentro de la finca de dos colmenas con abejas meliponas que benefician la polinización en los cultivos.
- ✓ Incrementada la fauna silvestre, Siembra y establecimiento de viveros forestal y su importancia para la reforestación, Taller sobre reciclaje, limpieza de ríos.
- ✓ Taller sobre el reconocimiento de las principales acciones a desarrollar para lograr armonía con el medio ambiente.
- ✓ Visita a áreas protegidas, estación experimental de pastos y forrajes y polígonos de suelos.
- ✓ Devueltos los árboles al potrero (30-50/ha).
- ✓ Arborización Multipropósito Anonáceas (*Annonaceae*), Guásima (*Guazuma ulmifolia*) Algarrobo (*Ceratonia siliqua*), Güira (*Crescentia cujete*)

Como resultado del trabajo con el joven relevo y la participación de los niños de 5to grado en los talleres quedó formado dos Círculo de Interés de Educación ambiental y uno de Agroforestales, como tecnología necesaria para elevar los niveles de producción de leche (Ver fotos en anexo).

El mejoramiento de las condiciones deficientes del suelo y de las relacionadas con la vida biológica del entorno (forestación y biodiversidad, mejoraron el confort de los animales, con la consecuencia directa inmediata en la reducción potencial del estrés calórico mediante la sombra.

CONCLUSIONES

La implementación de estos proyectos de capacitación sobre sistemas agroforestales y silvopastoriles tuvo un importante impacto en las bases productivas y centros educacionales logrando elevar conocimientos de directivos, técnicos, cooperativistas y estudiantes sobre la importancia de estos sistemas para la producción de alimentos, la conservación del suelo, la preservación del medio ambiente y la conservación y multiplicación de la fauna silvestre.

BIBLIOGRAFÍA

FAO, 2009. Productos de origen animal para la alimentación humana. Disponible: http://www.fao.org/ag/AGP/AGPC/doc/Gbase/data/pf000301.htm. Consultado: 3/11/2009.

Rivero, J. L. 2013**.** Potencialidades de la *Moringa oleífera* en la alimentación animal en las condiciones edafoclimáticas de Las Tunas. Conferencia presentada a productores canadienses. Estación de Pastos, Las Tunas.

ANEXOS

Fotografías del accionar de los círculos de interés y materiales didácticos creados por los proyectos de capacitación desarrollados por la ACPA en la provincia Las Tunas











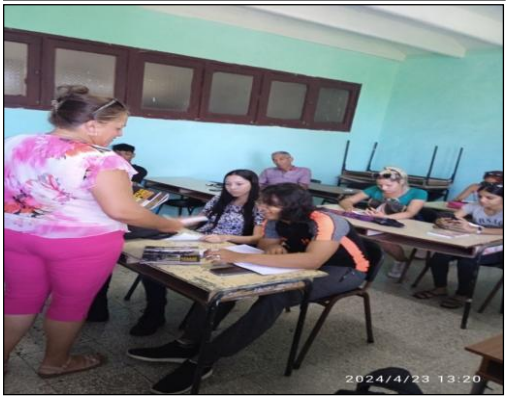














SILVOPAT – 2025 | ICA | ISBN: 978-959-7171-88-1 | Cu-ID: https://cu-id.com/book/978-959-7171-88-1









SILVOPAT – 2025 | ICA | ISBN: 978-959-7171-88-1 | Cu-ID: https://cu-id.com/book/978-959-7171-88-1



BMA-87. La ciencia, la tecnología y el conocimiento en función de la Reproducción bovina en las condiciones edafoclimáticas de Las Tunas, Cuba

J. L. Rivero Moreno y A.M. González Espinosa

Estación de pastos y forrajes Las Tunas, Cuba

RESUMEN

En las condiciones edafoclimáticas de Las Tunas, ha sido posible establecer sistemas de producción bovina sostenibles, sobre suelo pardo grisáceo arenoso. El Silvopastoreo en franjas de guinea likoni y Leucaena densa bajo una arborización multipropósito (AMP), constituyó la base de la alimentación con una carga animal adecuada y estabilizada (1,2 vacas/há), para una precipitación promedio anual de 1038 mm. EL agua *ad libitum* se aseguró a través de la energía eólica (molinos a viento), con bebederos al sol para minimizar el efecto de la dominancia y sumisión que se produce por la jerarquía de rebaños. Se logró suministrar Bloques Multinutricionales (BMN) con inclusión en la formulación del 1% de Sulfato de Cobre, durante el período poco lluvioso. El comportamiento reproductivo como principal propósito de esta evaluación mostró en el año 2003 un 100% de natalidad, asociado a que una de las vacas parió en enero y diciembre del mismo año, y otra tuvo parto gemelar de hembra y macho. Los resultados son producto de una estabilidad y mejora en todos los indicadores. Se refleja un Intervalo Parto-Parto (IPP)de 12 meses. La mortalidad de terneros se mantuvo en cero % y el porcentaje de vacas vacías se redujo significativamente. Se concluye que, con una alimentación nutricional adecuada y el bienestar animal para las vacas en explotación lechera, se pueden esperar resultados alentadores.

Palabras clave. *Silvopastoreo, Arborización Multipropósito, Bienestar animal, Reproducción.*

INTRODUCCION

Se han logrado resultados bien positivos, impensables para las condiciones edafoclimáticas de Las Tunas. Investigadores y Especialistas han manejado adecuadamente los pastizales, la carga y el bienestar animal en general. Lograron incorporaciones de novillas F-2 a la Reproducción con 310 kg de peso vivo a los 22 meses, producciones de leche de 9.2 lts/vaca/día durante 153 días de lactancia. En la ceba terminal de toros (120 días) las ganancias resultaron ser de 923 g/animal/día, para un peso promedio al sacrificio de 450 kg/animal. También se produjeron sorprendentes porcentajes de natalidad que dan evidencias sólidas para robustecer el enfrentamiento a la problemática que limita la eficiencia y sostenibilidad de la ganadería bovina.

El cobre y la suplementación vía oral. Este micromineral es esencial para los rumiantes en el crecimiento y metabolismo del hierro, necesario para formar hemoglobulina. Hay dos formas importantes de este elemento (Sulfato de Cobre y Cobre tribásico). Hay razas que absorben más Cu que otras (*Angus* más que *Simental*). La deficiencia de cobre en la hembra se traduce en ausencia de ovulación. En los machos provoca esterilidad. Efecto negativo en la hembra: celo demorado, falla en la nidación, reabsorciones embrionarias, partos distócicos, retenciones placentarias, alteraciones del ciclo estral, baja tasa de concepción, terneros débiles al nacer y algunos casos de ataxia.

Según Voisin, 1964.Cuando se aplica abonos nitrogenados al suelo, estos pueden causar algunas carencias en los ovarios de las vacas, para lo cual él indica administrar Cobre (Cu)a las vacas por vía oral, actuando como un médico veterinario protector. En Cuba cuando las vacas no se preñan, la mayoría inyecta hormonas. Voisin a esto siempre lo llamó una violación química en el organismo de las vacas, porque hay una deficiencia en la alimentación del animal, le falta Cobre. La primera función que se detiene es la de reproducirse al predominar la voluntad de vivir sobre la de reproducir. Hay una falta de Cobre en su alimentación y el animal no entra en celo. Cuando se le inyecta hormonas, desean reproducirse, pero con ello no suple la falta de cobre en su alimentación. La mayor parte de esas vacas después de paridas se enferman, la prole es raquítica y en buena parte de los casos no se logra. Incluso las vacas carentes de Cobre y que se obligan a fecundar tienden al aborto. No se debe olvidar que el animal es el retrato bioquímico del suelo(Voisin,1964)

Las carencias de fósforo van desde el alargamiento de los ciclos estrales hasta el anestro, llegando en situaciones extrema a provocar el desplome del animal (fósforo en sangre próximos a 1mg/100ml).

La natalidad tiene extraordinaria importancia económica, ya que se refiere, específicamente, al parto, el cual es el que abre el ciclo productivo del animal, posibilitando la obtención de leche y de carne. Las ganancias o pérdidas de la explotación están directamente relacionadas con el incremento o disminución de este índice. La natalidad debe acercarse lo más posible a 100% y debe llegar al menos a 90%(Brito-Capallejas,2010)

MATERIALES Y MÉTODOS

En la Microvaquería 568. Ubicada en el patrimonio de la Estación Experimental de Pastos y Forrajes de Las Tunas. Localizada geográficamente en los 20^0 54´ de latitud norte y los 76^0 55´ de longitud este, a una altitud de 50 msnm. Suelo pardo grisáceo arenoso (Academia de Ciencia,1979).Carga animal adecuada a las condiciones edafoclimáticas (1,2 vacas/hectárea). Sistema Silvopastoril con franjas de guinea likoni y Leucaena densa bajo una arborización multipropósito (A.M.P) de 30 árboles/hectárea. Con postes nacientes en el Acuartonamiento y la colindancia. Se aplicó un sistema de manejo con rotación racional. El abasto de agua a los animales se produjo a través de molinos a viento con depósitos circulares y canoas de hormigón (al sol). Fueron aplicado los pilares básicos de la ganadería (Genética, Alimentación, Salud, Reproducción y Manejo). Conservación de alimento, en forma de heno y área de compensación, para el período de crisis forrajera. Se logró un consumo estable de Bloques Multinutricionales(BMN)en el período poco lluvioso. Se contó con un cuarto de semen y tres termos habilitados para acometer la Inseminación Artificial (I.A) de las vacas del sistema en explotación y la prestación de servicio a los campesinos del entorno. Se logró un bienestar animal adecuado para el rebaño bovino evaluado, donde primó la ilusión, sin perder la esencia del manejo. Se realizó un diagnóstico por Investigadores y Expertos para identificar los principales problemas que impide crecer en la Ganadería de Las Tunas, por la vía de la eficiencia.

Problemas que impiden crecer en la Ganadería bovina de Las Tunas, por la vía de la eficiencia.

1.-Suelos arenosos de baja fertilidad natural.

2.-Déficit hídrico a nivel de la finca (Fuentes agotadas)

3.-Déficit de alimentos para bovinos en el período de crisis forrajera.

4.-Componente forestal con bajo porcentaje (12,6%)

5.-Grandes áreas invadidas por Marabú, Aroma, Algarrobo de la India y Espartillo (altera la carga animal/hectárea)

6.-Bajos niveles de producción de semillas de pastos, forrajes y granos para la ganadería.

7.-Manejo inadecuado en los sistemas bovinos (Sin Acuartonamiento y sin flujo zootécnico)

8.-Bajo porcentaje de natalidad en la especie bovina (menos del 42 %)

9.-Deficiente atención a los bovinos en desarrollo y vaca gestante.

10.-Bajo peso promedio al sacrificio en la Ceba final (300 Kg)

11.-Bovinos viejos (Bajo % de reemplazo)

12.-Faltan animales de Trabajo en la finca ganadera (Bueyes y Equinos)

13.-Altos porcentajes de mortalidad en la categoría de terneros (22%)

14.-Uso y Manejo deficiente del estiércol bovino (Fertilización orgánica)

15.-Falta capacitación al productor primario de la ganadería bovina.

16.-Carencias de Máquinas forrajeras y Molinos de martillos.

17.-Limitaciones con el financiamiento y demora en el pago al productor primario de leche y carne.

18.-Sistemas de pagos inadecuados (Leche, Carne, Chapea de potreros)

19.-Bajo aprovechamiento de la jornada laboral.

20.-Mal estado de la vivienda del vaquero.

21.-Hurto y Sacrificio Ilegal del Ganado Mayor (HSIGM)

Diagnosticado por: M.Sc. J.L. Rivero Moreno; Ing. Ángel M. González Espinosa; Dr.C. Raúl I. Ruiz Pierrúguez y Experto. José R. Pérez Vegas.

RESULTADO Y DISCUSIÓN

La masa bovina ha sido muy golpeada, no solo por factores ambientales o carencia de recursos, sino también por mal manejo. Algunas observaciones relacionadas con el hurto, sacrificio Ilegal, muertes, falta de reemplazo y bajo porcentaje de natalidad. Jerez.2025, alerta que de continuar esta tendencia, en los próximos 15 años no habrá ganadería en provincias determinantes como Camagüey. El porcentaje de natalidad en Las Tunas, en el 2024 no superó el 42 %, con el consiguiente decrecimiento de la masa(Pérez,2025). Falló la Inseminación Artificial (I.A) al faltar la transportación del Nitrógeno líquido y los toros no tienen la calidad genética suficiente. La matemática es exacta: menos vaca, menos nacimientos, menos leche.



Castro, 2002. Señaló. "Sólo la ciencia, la técnica y la productividad por hectárea podrán enfrentar el grandioso desafío que tiene por delante un planeta que se empobrece y cuya tierra agrícola y agua potable disminuye año por año.

Un Sistema Silvopastoril, como el que se usó en estas condiciones edafoclimáticas, puede aportar importantes beneficios (Reducción de la deforestación, Rehabilitation de tierras degradadas, Producción de bienes de alta calidad: carne, leche, frutales, maderas, pieles, mieles, leña. Por lo tanto, el empleo de sistemas que armonicen con los procesos naturales, restauren equilibrios perdidos y promuevan otros nuevos, puede ser una opción eficaz para la explotación agropecuaria (Rivero,2007)

Tabla 1. *Composición química de Guinea likoni y Leucaena Perú.*

Indicador	Guinea likoni.			Leucaena Perú		
%	***Lluvia***	***Seca***	***Es±***	***Lluvia***	***Seca***	***EE±***
Proteína bruta	10^{b}	9^{b}	0.61	28^{a}	26^{a}	0.14
Fibra bruta	32^{a}	30^{a}	1.72	18^{b}	16^{b}	1.43

a, b. Valores con superíndices diferentes difieren a P< 0.001(Duncan,1955).

Los porcentajes de proteína bruta fueron estadísticamente similares en ambas épocas dentro de una misma especie, pero en la Leucaena Perú fue significativamente mayor (P<0.001) la proteína y menor la fibra que en la guinea likoni(tabla.1). El valor alimenticio de la Leucaena se expresó en un contenido casi tres veces mayor de proteínas y casi dos veces menor en fibra que Guinea likoni. También se destacó que los valores entre épocas fueron muy similares, lo que indica que hubo muy poca variación. El aumento de la composición proteica en la Guinea likoni está asociado a la presencia de especies de leguminosas arbóreas.

Tabla 2. *Contenidos de P y Ca. Guinea likoni y Leucaena Perú, según período del año.*

Elementos	Guinea likoni.		Leucaena Perú	
%	***Lluvia***	***Seca***	***Lluvia***	***Seca***
Fósforo	0.14	0.13	0.19	0.16
Calcio	0.8	0.6	1.3	1.2

La composición en fósforo y calcio no tuvo significación estadística entre especies ni entre época (tabla 2), aunque en Leucaena los valores tendieron a ser mayores, sobre todo en calcio.

Tabla 3. *Evolución de la composición botánica (%) en el sistema Silvopastoril.*

Especies	Inicial	Final	Diferencia
Guinea likoni	*88*	*93*	*+5*
Pastos naturales	4	2	-2
Leguminosas herbáceas	2	5	+3

Malezas	4	-	- 4
Despoblación	2	-	-2
Franja con Leucaena	Inicial	Final	Diferencia
Leucaena vc Perú	13780	12678	1102(8%)

La composición botánica en las gramíneas (tabla 3) no tuvo una variación sustancial, pues los valores de aumento o disminución por especies fueron muy pequeños, incluso el comportamiento puede hasta considerarse positivo al aumentar la presencia de Guinea likoni y leguminosas herbáceas a expensas de un reemplazo de pastos naturales y malezas. En cambio, Leucaena mostró una disminución de un 8% en su población. Esta disminución en la presencia de Leucaena podría considerarse una contradicción con los resultados superiores de producción de leche del segundo año, pero al parecer sólo ocurrió un reajuste poblacional.

El nivel de carga empleado puede considerarse moderado para el sistema, por lo que no debía esperarse efectos que deterioraran la comunidad vegetal. La presencia de Leucaena que sirvió de tutor, quizás permitió el enriquecimiento de las leguminosas volubles espontáneas aparecidas en el Sistema Silvopastoril establecido.

Tabla 4. *Comportamiento Reproductivo en la Microvaquería 568.*

Indicadores	Antecedentes	2002	2003
Vacas totales(HBPR)	*20*	*17*	*17*
Nacimientos	14	15	17
Peso del ternero al nacer (Kg)	29	31	33
Natalidad(%)	70	88	100
Intervalo Parto-Parto (meses)	15	13	12
Mortalidad de terneros(%)	0	0	0
Vacas vacías(%)	10	10	10

La tabla 4, refleja el comportamiento reproductivo como principal propósito de esta evaluación. El número de vacas totales (HBPR) bajó a 17, buscando un ajuste en la carga adecuada. El sistema permitió lograr en el año 2003 un 100% de natalidad, asociado a que unas de las vacas (Adelita) parió en enero y diciembre del mismo año 2003, y otra tuvo parto gemelar de una hembra y un macho (Punta Alegre). Tales resultados son producto de una estabilidad y mejora en todos los indicadores. Se refleja un Intervalo Parto-Parto(IPP)sorprendente (12 meses). La mortalidad de terneros se mantuvo en cero % y el porcentaje de vacas vacías se redujo significativamente. Aquí quedó demostrado que, con una alimentación nutricional adecuada y el bienestar animal para las vacas en explotación, se pueden esperar resultados alentadores.

CONCLUSIONES

* Afrontar el problema, es acercarse a la solución.

* *Leucaena leucocephala* vc *Perú*, asociada a *Megathyrsus maximus* vc *Likoni*, mostraron su potencialidad para la explotación bovina como componentes de un sistema silvopastoril.

*Se produjo una *Reproducción bovina* de precisión a partir de prácticas avanzadas, conducido por trabajadores capacitados para el manejo de los sistemas de producción bovina a base de pastos el manejo de los sistemas de producción bovina a base de pastos promisorios y árboles multipropósito.

*Se logró un sistema robusto con garantía para la sostenibilidad y eficiencia de la Producción bovina en el trópico.

Por ello se recomienda

*Suplementar Sulfato de Cobre ($Cu\ SO_4$) de forma estable (1%), a través de los Bloques Multinutricionales (BMN).

*Lograr el establecimiento y manejo de un Sistema Silvopastoril, con especies leguminosas, como *Leucaena leucocephala* que soportan el ramoneo, acompañada de Guinea likoni (*Megathyrsus maximus*) como estrato herbáceo adecuado.

*Mantener una condición corporal (C.C) favorable en las Hembras Bajo Plan de Reproducción (HBPR) en el sistema de producción de leche que contribuya a una mejor natalidad.

BIBLIOGRAFIA

Academia de Ciencia de Cuba, 1979.Nuevo Atlas Nacional de Cuba. Instituto de Geografía-ACC. Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía. La Habana, Cuba. P.VI.1.1

André Voisin. Experiencias y aplicaciones de su obra en Cuba .2011, Sociedad Cubana de Producción y Utilización de los Pastos. SOCUP-ACPA. Estación Experimental de Pastos y Forrajes. "Indio Hatuey.Pag.8-9. (Texto)

Álvarez, J.L. y colaboradores. Cría vacuna. Tecnologías para aumentar la Eficiencia Productiva. SOCCA-ACPA. Pág. 90.

Brito-Capallejas, 2010.Patología de la Reproducción Animal. Editorial Félix Valera. La Habana.

Castro, F.C,2002. Septiembre 28/09/2002.

Google, Suplementación del cobre vía oral. *Sulfato de Cobre* (Suplementación Estándar). domingo 08/06/2025.

Granma, Jerez Belisario. JUNIO 2025, MARTES 10. Leche "recortada": la culpa no es de la vaca (II y final). Página, 3.

Rivero, J.L.2007.Potencialidades de la *Leucaena leucocephala* para la producción de leche en la provincia de Las Tunas. Tesis presentada en opción al título de Master en Pastos y Forrajes. Indio Hatuey. Matanzas. Cuba.

TESTIMONIOS GRÁFICOS





BMA-88. Análisis de la producción científica sobre tres plantas proteicas

Analysis of scientific production on protein plants

N. Armengol-López[*]

Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, Universidad de Matanzas, Ministerio de Educación Superior, Central España Republicana CP 44280, Matanzas, Cuba

[*]Correspondencia a: nayda@ihatuey.cu, naydaal@gmail.com

ABSTRACT

The objective of this study was to analyze the scientific production indexed in the SciELO database on three protein plants, during the period 2001-2024. To this end, all articles indexed in the SciELO database during the period 2001-2024 were retrieved and exported to the bibliographic manager EndNote 21. The protein plants studied were *Moringa oleifera* Lam., *Morus alba* L. and *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray. Once the database was completed, it was normalized. The indicators analyzed were: total number of articles published per year, journals that publish the most, author productivity, author collaboration network and most frequently used keywords to describe the content of the documents. A total of 648 articles were published; Of these, 170 were *M. alba*, 331 *M. oleifera*, and 147 *T. diversifolia*. The years with the highest number of published articles were 2020 (84) and 2018 (79). In this study, the articles were published in 152 journals, of which Pastos y Forrajes (23) and Cuban Journal of Agricultural Science (20) were the ones that published the most, followed by Agronomía Mesoamericana with 13 contributions. Out of a total of 1,659 authors, 31 published seven or more contributions in the period. The most mentioned keywords were: 'animal feeding' and 'forage'. It is concluded that the most productive journals are Pastos y Forrajes and Cuban Journal of Animal Science, as well as the largest number of investigations are related to animal feeding and the use of these plants for the production of forage.

Keywords: *bibliometric analysis, periodical publications, animal production*

Palabras clave: *análisis bibliométrico, publicaciones periódicas, producción animal*

INTRODUCCIÓN

La alimentación animal se ha convertido en un reto para los productores. Su alto costo en los sistemas de producción, así como la escasez de alimentos y el elevado precio de las fuentes suplementarias han provocado la búsqueda de alternativas para suplir estas carencias (Núñez-Torres y Rodríguez-Barro, 2019; Villarreal, 2020). Una de las alternativas a valorar, son los sistemas silvopastoriles, por ser sustentables, debido al uso de forrajes de distintas especies forrajeras en un mismo lugar, lo que permite una mayor producción de biomasa (Camero-Rey, 2020).

Por otra parte, en Cuba, durante todo el año la ganadería requiere de un suministro permanente de alimentos que proporcionan los nutrientes imprescindibles para garantizar los niveles productivos. Esta situación es muy compleja, al presentar las gramíneas tropicales una marcada estacionalidad en sus rendimientos en función de las condiciones climáticas (Lamela-López *et al*., 2022); por lo que, con la utilización de árboles en la producción animal, se reconoce el potencial del forraje de estos para su alimentación.

Entre las especies arbóreas destacan: *Moringa oleifera* Lam., *Morus alba* L. y *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray, las cuales incrementan el contenido proteico y mineral en la ración (Savón-Valdés *et al*., 2017) e influyen positivamente en la salud y productividad animal. También evitan la erosión y degradación de los suelos; mejoran su fertilidad y contribuyen a recuperar la macrofauna y microfauna, asociadas a los ecosistemas agrícolas (Ontivero-Vasallo, 2021).

El Objetivo fue Analizar la producción científica indexada en la base de datos SciELO sobre tres plantas proteicas, durante el período 2001-2024.

METODOLOGÍA

Búsqueda, recuperación y procesamiento de la información. Primeramente, se recuperaron todos los artículos que estaban indexados en la base de datos SciELO durante el período 2001-2024. Posteriormente, fueron exportados en salida de formato RIS a una base de datos creada con el gestor bibliográfico EndNote 21. Se definieron previamente los datos bibliográficos a exportar. Se compilaron todos los artículos de revista, cada artículo se corresponde con un registro, cuyos datos son cada uno de los elementos que componen el artículo. Se empleó el estilo bibliográfico genérico como salida para la plantilla de la base de datos. Se llenaron los siguientes campos en cada registro:

Author (autor)

Title (título)

Year (año)

Journal (título de revista)

Volume (volumen)

Issue (número)

Keywords (palabras clave)

Abstract (resumen)

Se empleó la ecuación de búsqueda para la extracción de documentos "*Moringa oleifera* " OR "moringa" OR "*Morus alba*" OR " morera" OR "mulberry" OR "*Tithonia diversifolia*" OR "titonia" OR "botón de oro")

Normalización de la base de datos. Una vez terminada la elaboración de la base de datos se realizó su normalización. Se eliminaron las tildes y otras marcas propias de la gramática española a fin de evitar errores por la presencia de caracteres especiales, en la visualización de la red de colaboración.

Sistema de indicadores

- Total de artículos publicados por año. Número total de artículos/año.
- Revistas que más publican. Cantidad de artículos publicados en las revistas.
- Productividad de los autores. Autores con mayor cantidad de artículos.
- Red de colaboración de autores. Relaciones de colaboración entre los autores identificados. Se partió de una matriz de coocurrencia (en este caso, de autores) para la obtención de estas redes, con el empleo de la herramienta Bibexcel versión 2016 (Persson *et al.*, 2016). Para la visualización de las redes fue utilizado el software Ucinet versión 2.195 (Borgatti, 2025). Las matrices de coautoría se conformaron con los autores que publicaron siete o más artículos.
- Palabras clave. Palabras clave más utilizadas para describir el contenido de los documentos. La asociación de palabras clave permite conocer las aristas desde las cuales una o varias temáticas han sido abordadas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el periodo analizado se publicaron 648 artículos; de ellos, 170 de *M. alba*, *M. oleifera* 331 y *T. diversifolia* 147. Los años con mayor cantidad de artículos publicados fueron 2020 (84) y 2018 (79), seguidos de 2019 (62) y 2017 (45), como se muestra en la figura 1.

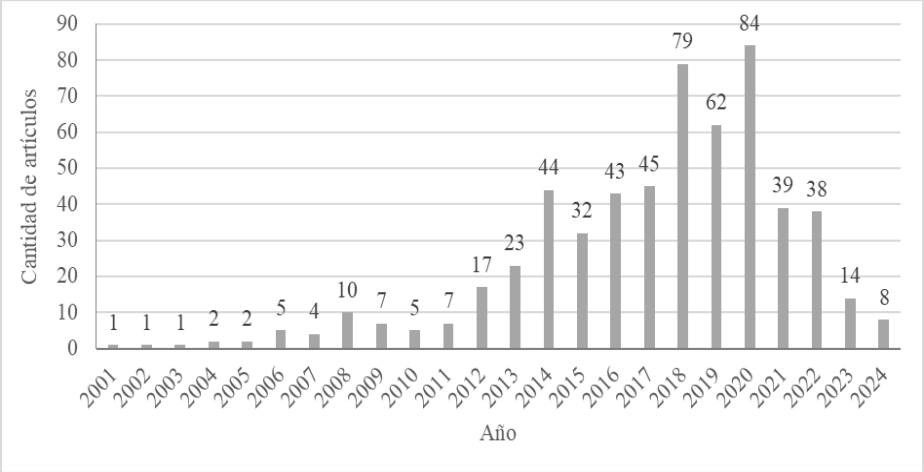


Figura 1. *Distribución de artículos por año.*

Bradford (1934) planteó que las revistas científicas se ordenan en una secuencia decreciente de productividad de artículos sobre un campo específico del conocimiento, éstas pueden dividirse en un núcleo que abordan en particular el tema (núcleo de Bradford), es decir, que la mayoría de los artículos sobre un asunto especializado podría estar siendo

publicado por unas cuantas revistas, en conjunto con ciertas revistas de frontera y muchas otras generales. Esto proporciona los mecanismos para seleccionar las publicaciones periódicas no solo más productivas, sino también más relevantes para cubrir una determinada área del conocimiento. En este estudio, los artículos se publicaron en 152 revistas, de ellas Pastos y Forrajes (23) y Cuban Journal of Agricultural Science (20) fueron las que más publicaron, seguidas de Agronomía Mesoamericana con 13 contribuciones.

De un total de 1 659 autores, 31 fueron los que publicaron siete o más contribuciones en el período. Los autores más productivos fueron Joaquín Angulo-Arizala y Liliana Mahecha-Ledesma con 33 contribuciones cada uno, los únicos con más de 30 artículos. Con 10 a 19 publicaciones hubo 14 autores (tabla 2).

Tabla 1. *Revistas que más publican.*

Título	Cantidad de artículos
Pastos y Forrajes	23
Cuban Journal of Agricultural Science	20
Agronomía Mesoamericana	13
Revista mexicana de ciencias pecuarias	8
Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial	5
Zootecnia Tropical	5
Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica	5
Acta Agronómica	3
Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia	3
Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú	3

Tabla 2. *Autores que más publican.*

Autor	Cantidad de publicaciones
Joaquín Angulo-Arizala	33
Liliana Mahecha-Ledesma	33
Giraldo J. Martin-Martín	19
Juan L. Cardona-Iglesias	16
Leonor Sanginés-García	15
Gertrudis Pentón-Fernández	14
José L. Loya-Olguin	14
Tomás E. Ruiz	12
Vilma Holguin	12



R. S. Herrera	12
J. L. Ramírez	11
D. M. Verdecia	11
Magaly Herrera-Villafranca	11
Edwin Castro-Rincón	10
Jairo Mora-Delgado	10
Andrés Alpízar-Naranjo	10
Agapito Gómez-Gurrola	9
Mildrey Soca-Pérez	8
Niurca González	8
Juana Galindo	8
Ramón A. Rivera-Espinosa	8
Onel López-Vigoa	8
Luis M. Arias-Gamboa	8
Iván L. Montejo-Sierra	8
Mario Cuchillo-Hilario	7
Carolina Guatusmal-Gelpud	7
Maykelis Díaz-Solares	7
Danny E. García	7
Arnulfo Gómez-Carabali	7
Yolai Noda-Leyva	7
María G. Medina	7

Por otra parte, la red de colaboración de autores, denominada «colegio invisible» (Spinak, 1998), hacen más eficiente la actividad investigadora. El análisis de las coautorías permite conocer la forma en que se relacionan los investigadores entre sí, por lo que esta información facilita a las instituciones, la implementación de políticas que favorecen el fortalecimiento de la colaboración entre grupos de investigadores (Cárdenas-Tapia, 2021).

Con relación a la red de colaboración de autores (figura 2), existe una relación intensa entre Liliana Mahecha-Ledesma, Joaquín Angulo-Arizala, Juan Londono, Jeraldyn Argüello-Rangel, Juan L. Cardona-Iglesias y Luis A. Gallego-Castro, con artículos sobre la calidad nutricional, dinámica fermentativa y producción de metano en sistemas silvopastoriles; evaluación agronómica, valor nutricional y evaluación antimicrobiana de extractos todo esto vinculado a *T. diversifolia*.

Con esta especie también tienen una estrecha relación de trabajo Tomás E. Ruiz, Juana Galindo, Niurca González y Magalys Herrera-Villafranca con artículos que tratan la población microbiana ruminal del ganado; degradación ruminal; producción de semillas, siembra y establecimiento; el efecto de la ingestión como harina en monogástricos y evaluaciones relacionadas con la entomofauna.

El grupo que forman Giraldo J. Martín-Martín, Gertrudis Pentón-Fernández, Yolai Noda-Leyva y Ramón A. Espinosa tuvo una intensa colaboración en el estudio de *M. alba*. Estos estudios estuvieron dirigidos, fundamentalmente, a la germinación, el efecto de la distancia de siembra, el rendimiento, manejo del corte, la defoliación, el intercalamiento con otros cultivos y la inoculación con hongos micorrízicos.

Por otra parte, Danny E. García y María G. Medina establecieron una fuerte colaboración en investigaciones relacionadas con el estudio de metabolitos secundarios, factores antinutricionales, valor nutritivo y consumo de *M. oleifera*.

En la tabla 3 se muestran las 40 palabras clave con diez o más menciones, de un total de 2 078 utilizadas.

Según Piedra-Salomón (2015) las palabras clave permiten identificar el contenido temático de los artículos, así como brindan una visión más abarcadora e integral de los temas más abordados.

Las palabras clave más mencionados fueron: 'alimentación de los animales', 'forraje', 'digestibilidad', 'sistemas silvopastoriles' y 'metabolitos secundarios'. Estos, junto a 'nutrición', 'biomasa' y 'composición química', entre otros, fueron también de los más mencionados.

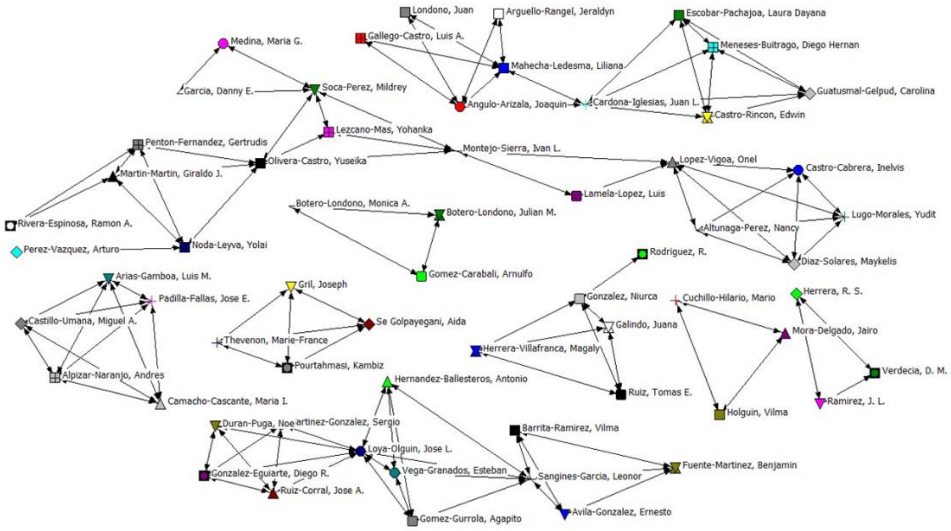


Figura 2. *Red de colaboración de autores*

Tabla 3. *Palabras clave más utilizadas.*

Palabra clave	Cantidad
Alimentación de los animales	76
Forraje	72
Digestibilidad	56
Sistemas silvopastoriles	56
Metabolitos secundarios	40
Nutrición	34
Biomasa	31
Composición química	28
Arbustos forrajeros	23
Semillas	22



Coagulantes naturales	20
Calidad	18
Metano	18
Flavonoides	17
Germinación	17
Temperatura	17
Gallinas ponedoras	15
Producción de biomasa	15
Trópico	15
Ganancia de peso	14
Ganadería	13
Tratamiento del agua	13
Valor nutritivo	13
Variables productivas	13
Brotación	12
Factores antinutricionales	12
Fibra	12
Hojas	12
Lluvia	12
Metanogénesis	12
Nitrógeno	12
Producción animal	12
Rendimiento	12
Extractos vegetales	11
Fermentación	11
Cambio climático	10
Ensilaje	10
Inoculación	10
Pastoreo	10
Taninos	10

CONCLUSIONES

- Se cuenta con una amplia gama, aunque no suficiente, de artículos científicos que reflejan los resultados investigativos sobre el tema.
- Las revistas más productivas son Pastos y Forrajes y Cuban Journal of Animal Science.
- El mayor número de investigaciones están relacionadas con la alimentación de los animales y el uso de estas plantas para la elaboración de forrajes.

BIBLIOGRAFIA

Borgatti, SP. 2002. NetDraw: Graph Visualization Software. Harvard: Analytic Technologies.

Bradford, SC. 1934. Sources of information on specific subjects. *Engineering*. 137:85-86.

Camero-Rey, LA. 2020. Fijación de carbono en un sistema silvopastoril (*Erythrina berteroana* Urban y *Brachiaria brizantha* cv. Toledo) de una explotación lechera en la Región Huetar Norte de Costa Rica. *Revista AgroInnovación en el Trópico Húmedo*. 2 (2):19-26. https://revistas.tec.ac.cr/index.php/agroinn/article/view/5194/4921.

Cárdenas-Tapia, M. 2021. Redes de colaboración científica en el Instituto Politécnico Nacional de México. *Investigación Administrativa*. 50 (127):192-210. https://www.redalyc.org/journal/4560/456065109012/html/.

Lamela-López, L; Amechazurra-Rodríguez, LR; Montejo-Sierra, IL; García-Fernández, D & Lay-Ramos, M.T. 2022. Producción de carne bovina a partir de pastos naturales y suplementación con concentrados de harinas de plantas proteicas. *Pastos y Forrajes*. 44:e35, 2022. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942022000100005.

Núñez-Torres, OP & Rodríguez-Barros, MA. 2019. Subproductos agrícolas, una alternativa en la alimentación de rumiantes ante el cambio climático. *J. Selva Andina Anim. Sci*. 6 (1):24-37. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2311-2581201900010000 4.

Ontivero-Vasallo, Y. 2021. Caracterización de cinco arbustivas proteicas promisorias para la ganadería cubana. *Pastos y Forrajes*. 44:e10. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script= sci_arttext&pid=S0864-03942021000100010&lng=es&tlng=es.

Persson, O; Danell, R & Schneider, JW. 2014. *How to use Bibexcel for various types of bibliometric analysis*. Leuven, Belgium: International Society for Scientometrics and Informetrics. http://homepage.univie.ac.at/juan.gorraiz/bibexcel/.

Piedra-Salomón, Y. 2015. La investigación en comunicación: análisis macro y meso. Scopus 2003-2013. Tesis doctoral campo científico de la comunicación: análisis de dominio. Granada, España: Universidad de Granada, Universidad La Habana, 2015.

Savón-Valdés, LL.; Gutiérrez-Borroto, O & Febles-Pérez, G, (Eds.) 2017. *Mulberry, moringa and tithonia in animal feed, and other uses. Results in Latin America and the Caribbean*. San José de las Lajas, Cuba: FAO, EDICA. https://www.feedipedia.org/sites/default/ files/public/savonvaldes_2017.pdf.

Spinak, E. Indicadores cienciometricos. *Ci. Inf., Brasília*. 27 (2):141-148, 1998.

Villarreal, LR. 2020. Caracterización de la ganadería lechera familiar en los distritos de Tayutic, Tuis y La Suiza, Turrialba, Costa Rica. [Tesis de Maestría]. Turrialba, Costa Rica. https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/11638/Caracterización_de_la_ganadería_lechera_familiar.pdf?sequence=1&isAllowed=y.





DESARROLLO DE LAS CADENAS DE VALOR EQUITATIVAS Y SOSTENIBLES ASOCIADAS A LOS SISTEMAS SILVOPASTORILES Y ALIMENTARIOS

COORDINADORES:

Dr. C. Areadne Sosa Ceijas. Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba

Dr. C. Jorge Iraola Jeréz. Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba

2025

SILVOPAT

ISBN: 978-959-7171-88-1

Cu-ID: https://cu-id.com/book/978-959-7171-88-1



TABLA DE CONTENIDO

CV-01. Productividad y sinergias entre forestación y ganadería en cadenas de valor integradas 3

CV-02. Cadena de valor en la producción de aceite de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) en Cuba 9

CV-03. Análisis técnico económico de la producción de leche en fincas familiares de la cuenca del río Guayas, Ecuador, en función del desarrollo local 10

CV-04. Mecanismo financiero integrado para acelerar la adopción de sistemas silvopastoriles en Honduras: innovación, gobernanza y vinculación territorial 15

CV-05. Contribución al desarrollo de cadenas de valor durante la implementación del Proyecto MAS 21

CV-06. Caracterización socio-productiva de cerdos y cabras localmente adaptadas en sistemas silvopastoriles en dos provincias de Cuba 30

CV-07. Caracterización de la cadena productiva del Cerdo Criollo Bellotero en sistemas silvopastoriles en el Municipio Viñales, Pinar del Río. 37

CV-08. Diagnóstico de fincas ganaderas y forestales del municipio Habana del Este para el establecimiento de sistemas silvopastoriles y forestería análoga 45

CV-09. Diagnóstico integral de tres unidades lecheras del Instituto de Ciencia Animal 55

CV-10. Gestión ambiental sostenible: una propuesta de indicadores de evaluación a tres unidades lecheras del Instituto de Ciencia Animal 60

CV-11. Análisis de peligros y puntos críticos de control para la leche producida en las vaquerías del Instituto de Ciencia Animal. 67

CV-12. Desenvolvimento de procedimento ETL automatizado para análise temporal e espacial de sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta no Brasil 73

CV-13. Percepción de los consumidores de productos derivados de sistemas silvopastorales: El caso del cerdo ibérico en España 80

CV-14. Huella de carbono y preferencias de los consumidores por la carne de vacuno en España 89

CV-15. Vigilancia sobre fitolitos en comunidades vegetales para pastoreo. Contribución a la gestión de proyecto 96

CV-16. Resultados económicos del empleo de harina de palmiche en la alimentación de pollos de engorde 102

CV-17. Progreso económico de la comunidad de Piedemonte Llanero en la transformación de sabanas nativas a sistemas ganaderos sostenibles 109

CV-18. Intensificación sostenible de la ganadería en la Amazonía posconflicto: impactos sobre el rendimiento de biomasa, la producción de leche y la incidencia de mastitis subclínica 113

CV-19. Crecimiento y producción de carbono de diferentes clones de *Eucalyptus* sp. en sistemas silvopastoriles en Brasil 114

CV-20. Modelagem de distribuição diamétrica de *Eucalyptus* spp. em sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta no Brasil 119

CV-21. Prueba de imbibición y valor nutricional de semillas forrajeras: trébol rojo, avena sativa, remolacha forrajera y raigrass, como indicadores de calidad 128

CV-22. Búfalo de agua en Cuba: Actualidad y perspectiva para el desarrollo productivo en la cadena de valores de la leche y carne de búfalos 131

CV-23. Evaluación genética de búfalas para producción lechera en la región occidental de Cuba 136

CV-24. Estudio comparativo de monocultivo con *Megathyrsus maximus* y concentrado contra un sistema silvopastoril *Megathyrsus maximus y Leucaena leucocephala* para la producción de leche 140

CV-25. Política agraria en Cuba en apoyo a la producción de ganado menor y la sostenibilidad de los sistemas silvopastoriles.....146

CV-26. Resultados de la implementación del Sistema Integral de Gestión del Conocimiento para la formación de capacidades en la cadena de ganado menor 147

CV-27. Programa de desarrollo de la cadena de ganado menor. Proyección para apoyar su proceso de municipalización 154

CV-29. Oportunidades y desafios en entornos municipales para la producción sostenible de ganado menor.....155

CV-29. Impacto ambiental del manejo sostenible de recursos fito y zoogenéticos en áreas protegidas.....158

CV-30. Rescate de la cabra criolla como recurso zoogenético, vinculado a la producción lechera en áreas protegidas 163

CV-31. Impacto de la silvicultura en la APRM Ciénaga de Zapata a través de las acciones del proyecto COBIMAS.....164

CV-32. Finca Soler como oportunidad de negocios para la comercialización de quesos al sector turístico en el norte espirituano.....165

CV-33. Aportes de los servicios veterinarios en la implementación del Sistema Integrado de Gestión del Conocimiento (SIGC). Caso estudio Villa Clara 166





CV-01. Productividad y sinergias entre forestación y ganadería en cadenas de valor integradas

Productivity and synergies between forestry and beef cattle production in integrated value chains

A. Simeone y V. Beretta

Departamento de Producción Animal y Pasturas, Facultad de Agronomía de la Universidad de la República (UdelaR), Uruguay

Correspondencia a: asimeone@adinet.com.uy

RESUMEN

Uruguay cuenta con una larga tradición ganadera y un creciente desarrollo del sector forestal, ambos constituyendo pilares fundamentales de su economía agroexportadora. Este artículo analiza las posibilidades de integración productiva entre ganadería y forestación, explorando sus sinergias en el marco de cadenas de valor más eficientes, resilientes y sostenibles. Se presentan dos modelos principales de vinculación: la ganadería inserta en la gran producción forestal, basada en el aprovechamiento de áreas no forestadas dentro de macizos destinados a la producción de pulpa de celulosa; y los sistemas específicamente silvopastoriles, diseñados de forma integrada para la producción conjunta de madera y carne. A través de la revisión de experiencias nacionales y resultados experimentales, se evidencia que ambos enfoques pueden mejorar la productividad animal, especialmente durante el verano, gracias al confort térmico proporcionado por la sombra de los árboles. En particular, los sistemas silvopastoriles muestran impactos positivos en indicadores fisiológicos y productivos de los rodeos de cría. Finalmente, se discuten las implicancias de estos modelos para la diversificación de ingresos, la inclusión de pequeños productores y la sostenibilidad ambiental, destacando la necesidad de continuar generando conocimiento, marcos normativos y estrategias de apoyo que favorezcan la expansión de estos sistemas integrados en el contexto agropecuario nacional.

Palabras claves: *ganadería, sistemas silvopastoriles, valor agregado en cadena productiva, sostenibilidad.*

ABSTRACT

Uruguay has a long-standing livestock tradition and a rapidly developing forestry sector, both of which are key pillars of its agro-export economy. This article analyzes the potential for productive integration between livestock and forestry, exploring synergies within more efficient, resilient, and sustainable value chains. Two main models of integration are presented: livestock production embedded within large-scale forestry operations—using non-forested areas within eucalyptus plantations for grazing—and purposefully designed silvopastoral systems that jointly produce timber and livestock. Based on national experiences and experimental results, both approaches have shown potential to improve animal productivity, particularly during summer months, due to the thermal comfort provided by tree shade. Silvopastoral systems, in particular, have demonstrated positive effects on physiological and productive indicators in cow-calf operations. The article concludes by discussing the implications of these integrated models for income diversification, smallholder inclusion, and environmental sustainability, while emphasizing the need for continued research, policy development, and institutional support to scale up these systems in Uruguay's rural landscape.

Keywords: *livestock, silvopastoral systems, value added in the production chain, sustainability.*

INTRODUCCIÓN

Uruguay es un país eminentemente agropecuario, siendo la ganadería vacuna y la forestación, dos de sus principales rubros productivos. La ganadería vacuna, por su lado, constituye el principal uso del suelo del Uruguay: más de 12 millones de hectáreas (casi el 70 % de la superficie agropecuaria) están destinadas a la cría, recría e invernada de bovinos (MGAP–DIEA, 2023). En 2022, el stock bovino nacional fue de 11,9 millones de cabezas, lo que equivale a 3,4 bovinos por habitante, ubicando a Uruguay entre los países con mayor relación ganado/población del mundo (MGAP–DIEA, 2023). La carne bovina es el primer rubro exportador de origen agropecuario: en 2022 las exportaciones superaron los 3.000 millones de dólares, representando un 20 % de las exportaciones totales de bienes del país (Uruguay XXI, 2023). Los principales destinos de exportación fueron China, Estados Unidos, la Unión Europea y el Mercosur, consolidando a Uruguay como un proveedor confiable en mercados exigentes (INAC, 2023).

La forestación a su vez se ha desarrollado a partir de la década del 90 muy significativamente, llegando a ser uno de los rubros más importantes del Uruguay. En 2023 las exportaciones de pulpa de celulosa representaron cerca del 30 % del total exportado de bienes del país, ubicándose, ese año, como el principal producto de exportación (Uruguay XXI, 2024), alternándose con las exportaciones de carne vacuna. El sector forestal genera alrededor de 20.000 empleos directos e indirectos, contemplando puestos de trabajo en viveros, plantaciones, cosecha, transporte e industria (OPP, 2022). Las inversiones extranjeras directas en el rubro superan los 7.000 millones de dólares en las últimas tres décadas,

principalmente por las plantas de celulosa de las empresas UPM[1] y Montes del Plata[2] (Bertullo y Piaggio, 2021). La superficie forestada alcanza aproximadamente 1,2 millones de hectáreas, lo que equivale a un 7 % del territorio nacional (MGAP–DGF, 2023). Más del 80 % de las plantaciones se encuentran en suelos de prioridad forestal definidos por la Ley N° 15.939 de 1987, siendo áreas, en general, de baja aptitud agrícola y ganadera (MGAP–DGF, 2023). Desde el punto de vista ambiental, las plantaciones forestales capturan en promedio 12 a 15 t de CO□/ha/año, contribuyendo de forma significativa a los compromisos de mitigación del cambio climático de Uruguay (Vásquez *et al.*, 2017).

Si bien ambos rubros se han desarrollado en base a alternativas tecnológicas exhaustivamente estudiadas, los efectos de maximizar el resultado específico de cada uno, analizando la posibilidad de crecimiento en base a la interacción entre forestación y ganadería a nivel nacional, aún no han sido suficientemente estudiados por la investigación analítica clásica. El presente trabajo explora cómo la integración de sistemas de forestación y ganadería, combinada con estrategias de alimentación del ganado adaptadas a cada circunstancia, puede optimizar la productividad y fortalecer las cadenas de valor en la producción animal. Se analizarán las sinergias productivas que favorecen un uso eficiente del territorio y promueven mejores resultados económicos para pequeños y medianos productores ganaderos. Además, se presentarán experiencias prácticas y modelos desarrollados en Uruguay, con énfasis en su aplicabilidad, atendiendo a las particularidades de cada región, para sistemas ganaderos de América Latina y el Caribe.

MATERIALES Y MÉTODOS

El análisis de las posibilidades de integración entre la ganadería y la forestación plantea el enorme desafío de estudiar eventuales sinergias entre el rubro productivo más antiguo del país, que precedió al nacimiento del propio país, como lo es la ganadería vacuna, y el rubro que se instaló masivamente, ciento sesenta y cinco años después de la declaratoria de la independencia de Uruguay, como la forestación para producción de pulpa de celulosa, a inicios de la década de los 90 del siglo pasado. Esto supone considerar en el análisis aspectos fundamentalmente técnicos, pero también culturales, históricos y sociales, entre otros. Bajo esta óptica, se podría decir que existen a nivel nacional, dos formas de desarrollar estrategias productivas que permitan explotar eventuales sinergias entre forestación y ganadería.

Por un lado, podríamos considerar *la "ganadería inserta en la gran producción forestal",* la que supone una reformulación productiva y tecnológica del rubro ganadero, asociada a áreas complementarias a la producción forestal, está última destinada fundamentalmente a la producción de pulpa de celulosa. En este esquema, si bien la ganadería y la forestación aprovechan eventuales sinergias, cada rubro puede ser analizado desde el punto de vista del resultado físico y económico "per se", ya que el rubro principal es la forestación y la ganadería se adapta a ella, conforme las posibilidades de utilización de las zonas no forestadas (áreas que no son de prioridad forestal, o bien áreas no aptas para la forestación como zonas bajas, o zonas con torres de transmisión de electricidad con alta tensión, áreas pastoriles circundantes a la caminería, desperdicios de chacra, etc.. En este esquema forestal, en general se trabaja con una densidad variable entre 1111 árboles/ha y 1667 árboles/ha (Moras y Vallejos-Barra, 2013).

Por otro lado, podría considerarse a la producción más específicamente *"silvo-pastoril",* la cual se basa en un sistema agroforestal que integra árboles con diferentes fines productivos y ornamentales, forraje y ganado de forma planificada, aprovechando eventuales sinergias adicionales entre ganadería y forestación, asociadas al pastoreo en bosques, conforme un sistema previamente diseñado para ser productivo, rentable en forma conjunta y ambientalmente sostenible. Según datos de la Dirección Nacional de Cambio Climático DNCC, Gobierno del Uruguay, 2021), la superficie total de sistemas silvopastoriles, es de aproximadamente 6.392 ha, distribuida en 39 predios. En general se trabaja con siembra de árboles en filas dobles o triples, dejando callejones de 6 a 8 metros, pudiendo llegar a 12 o 20 metros en predios con más énfasis ganadero. Este diseño arroja una densidad de plantación teórica de 625 árboles/ha, que luego de ser sometida a distintos tratamientos silvícolas, se logra una población final de 154 árboles/ha podados hasta los 6 m de altura (Echeverrigaray y Quintela, 2024).

Ciertamente, existe multiplicidad de alternativas productivas que entrelazan ambas opciones de integración "ganadería-forestación", implicando varias combinaciones y matices. No obstante, podrían caracterizarse cualitativamente los dos sistemas, a los efectos de una comprensión global de los mismos. En la tabla 1 se presentan las principales diferencias entre las dos estrategias productivas vinculando la ganadería y la forestación.

[1] UPM: United Paper Mills es una empresa finlandesa con fuerte presencia en Uruguay. UPM, siendo u UPM tiene dos plantas de celulosa en país: UPM Fray Bentos (inaugurada en 2007), UPM Paso de los Toros (inaugurada en 2023). La empresa también gestiona plantaciones forestales (principalmente eucaliptos), infraestructura logística y proyectos de sostenibilidad. Es una de las mayores inversiones extranjeras en el país, con más de 3.000 millones de dólares en la segunda planta.

[2] Montes del Plata es una empresa dedicada a la a producción de celulosa de eucalipto, energía renovable y madera, que nació en 2009 como joint venture entre dos compañías internacionales: Stora Enso (Suecia–Finlandia) y Arauco (Chile). Montes del Plata es uno de los mayores proyectos de inversión extranjera en Uruguay (alrededor de 2.000 millones de dólares).



Tabla 1. *Comparación cualitativa entre opciones de sistemas de integración entre los rubros productivos de forestación y ganadería, basada en la experiencia generada en Uruguay*

Característica	Ganadería inserta en la "gran producción forestal"	Producción "específicamente Silvopastoril"
Dimensionamiento de la superficie de pastoreo ganadero	"Dado el macizo boscoso establecido en función de objetivos forestales", se define el área pastoril, sobre la cual se va a desarrollar la estrategia productiva en ganadería. Se prioriza la producción forestal.	La superficie de pastoreo ganadero se define ex ante, en función de un programa de forestación prediseñado contemplando objetivos de producción ganadero y forestal. Disminuye la producción forestal en función de la integración con la ganadería.
Caracterización cualitativa de la superficie de pastoreo	En general son áreas topográficamente bajas, las que no son aptas para la plantación de eucaliptus. Dichas áreas se mantienen como campo natural, si bien en algunos casos admiten cierto nivel de mejoramiento en cobertura.	Al ser áreas prediseñadas, puede aplicarse diferentes alternativas tecnológicas de mejoramientos forrajeros (praderas, verdeos, cobertura, fertilización de campo natural, o campo natural).
Perfil de la relación empresarial ganadería-forestación	En general, se establece una relación entre mediano y pequeño productor ganadero y la plantación forestal a gran escala. El formato contractual está basado en renta preferencial para el ganadero, la que oscila en torno al 50% de la renta de mercado de área de campo natural. Todos los costos asociados a la ganadería son cubiertos por el dueño del ganado. Bajo esta forma de acuerdo se realiza un contrato, recibiendo los ganaderos la denominación de "pastoreadores". El indicador de resultado es entonces el Margen Bruto ganadero = PBG[3]-costos directos de ganadería – renta pagada a la empresa Forestal	La producción silvopastoril forma parte de una cierta área dentro de un sistema de producción ganadero, siendo, por lo general, el productor dueño del ganado y de la plantación. Por este motivo, todos los ingresos y costos corresponden a la contabilidad del dueño del campo. El indicador de resultado es entonces el Ingreso de Capital = (PBG + PBF[4]) – (Costos directos ganaderos + costos directos de forestación) – gastos de estructuras del establecimiento
Característica de la estrategia ganadera	Predominantemente son esquemas de recría de machos y/o hembras (el crecimiento va desde 150 kg a 300 kg aproximadamente). Puede haber algunas integraciones asociadas a la cría vacuna entre los montes, pero suelen ser menos comunes debido a aspectos sanitarios (garrapata) y operativos.	Predominantemente son sistemas especializados en cría vacuna asociada al sistema silvopastoril, en los cuales el producto final está conformado por terneros, terneras de rechazo y vacas (gordas o para engordar)
Tecnología aplicada a la ganadería	Básicamente consiste en pastoreo continuo de campo natural, con un manejo de bajas cargas (0,6 - 0,8 UG/ha). Eventualmente, atendiendo a la estrategia productiva de recría, se realiza una suplementación con bloques proteicos o con balanceados utilizando comederos de autoconsumo.	Se realiza bajo el enfoque de pastoreo rotativo con una base en lo que se ha denominado como" pastoreo rotacional regenerativo". En términos de cría se basa en un enfoque de destete convencional, con eventual aplicación de destete temporario en los terneros hijos de vacas que llegan al entore con una condición moderadamente sub-óptima (3,5 en una escala de 1 a 8, donde 1 representa la vaca con extremadamente baja condición corporal y 8 representa la vaca excesivamente gorda)

[3] PBG: Producto Bruto Ganadero (Ventas en U$S - Compras en U$S + Diferencia de inventario en U$S)
[4] PBF: Producto Bruto Forestal: Producción de madera multiplicado por su valor de mercado

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Considerando estas diferencias de enfoque empresarial, se presentan a continuación algunos resultados productivos relacionados a las sinergias entra ganadería y forestación asociados a sus efectos sobre la performance animal, según las dos opciones de integración ganadería-forestación consideradas: a) la ganadería inserta en la producción forestal, o b) la ganadería en un sistema silvopastoril previamente diseñado.

Performance animal en la ganadería inserta en la producción forestal

La asociación entre ganadería y forestación, en áreas de pastoreo asociadas a las plantaciones forestales, a través del pastoreo de áreas no cultivables, permitiría la explotación de sinergias entre ambos rubros. Por un lado, la sombra proveniente de los montes forestales podría contribuir a minimizar los efectos negativos del estrés térmico, mejorando la performance estival del ganado (Simeone y Beretta, 2022), en tanto el pastoreo de las áreas no forestadas contribuiría a mantener controlado el crecimiento del forraje reduciendo el riesgo de incendios. Por esta complementariedad, parecería lógico profundizar en el análisis de la problemática estival del ganado de carne que pastorea áreas de bajo asociadas a plantaciones forestales. A los efectos de cuantificar estos efectos sinérgicos, Simeone y Beretta (2010), llevaron a cabo un experimento diseñado especialmente para evaluar el efecto del acceso voluntario a sombra natural generada por monte de Eucalyptus (*Eucalyptus dunnii*), sobre la performance animal en vaquillonas pastoreando campo natural asociado a una plantación forestal. Dicho experimento fue realizado en la región de Tres Bocas de Río Negro, sobre 136.5 ha de campo natural de bajo en el Litoral Oeste de Uruguay (57°51´ Oeste, 32°53´ Sur), desde el 16/01 al 31/03/2010 (verano en Uruguay). En esa oportunidad, ciento cuarenta vaquillonas Hereford y cruza Hereford (219 ± 21 kg) fueron distribuidas al azar, previa estratificación por peso vivo, a uno de dos manejos: pastoreo continuo (carga inicial 224 kg de peso vivo (PV)/ ha) y agua ad libitum proveniente de aguada natural, con o sin acceso a sombra natural en el potrero. La sombra estuvo constituida por tres áreas de monte, de Eucaliyptus (*Eucalyptus dunnii*), y en menor proporción monte de Álamo (*Populus deltoide*). En la tabla 2, se presentan los principales resultados obtenidos en términos de performance animal

Tabla 2. *Efecto el acceso a la sombra proporcionada por la plantación forestal sobre la performance animal de vaquillonas Hereford y cruza Hereford pastoreando áreas de campo natural (Fuente: Simeone et al., 2010)*

Variables de estudio	Unidad	Sin acceso a sombra de arboles de la plantación forestal	Con acceso a sombra de árboles de la plantación forestal	(medias ajustadas)	Valor de p
Peso vivo inicial	kg/animal	219	219	--	ns
Ganancia diaria	kg/día	0.510	0.77	0.260	0.0615

A lo largo del verano la evolución del PV mostró una tendencia de respuesta lineal positiva, registrándose una mayor ganancia media diaria en las vaquillonas con acceso a sombra ($P<0.10$), Esta diferencia representó una respuesta al manejo en torno a los 250 g/día. Loa autores del trabajo reportan que el Valor de ITH diurno promedio para el periodo, fue 73.0 y 85.2 para registros de temperatura tomados a la sombra o al sol, respectivamente. Simeone et al (2010), sugieren, en base a estos resultados, que es probable que el acceso a la sombra de los árboles de la plantación forestal adyacente, haya contribuido a generar condiciones de mayor confort para el animal, lo cual habría redundado en una reducción del gasto energético para mantenimiento y por tanto un balance energético más favorable. Los resultados obtenidos en este trabajo, ponen de manifiesto el efecto benéfico de la plantación forestal sobre la producción ganadera, cuando el pastoreo es diseñado para que los animales tengan acceso voluntario a la sombra durante el verano.

En lo que respecta a las implicancias que tendría estas sinergias entre ganadería de recría y la plantación forestal, sobre la cadena de valor ganadera, puede mencionarse que la integración sistemática en forma organizada de medianos y pequeños productores ganaderas, bajo forma de pastoreo en áreas no forestadas asociadas a la plantación forestal a gran escala, permitiría además de aumentar la performance animal, incrementar área para esas empresas ganaderas. En la figura 1, se presenta un diagrama de integración basado en la experiencia de la región de "Tres Bocas", en el departamento de Río Negro, Uruguay.[5]

[5] El Proyecto Ganadero Piloto de Tres Bocas (Distrito I), fue un proyecto demostrativo con el objetivo de integrar a varios productores ganaderos (pastoreadores) con la empresa Forestal UPM, que funcionó entre el año 2007 y 2009, alcanzando un manejo de 4500 animales, con el objetivo de generar información en relación a la integración ganadería-forestación.



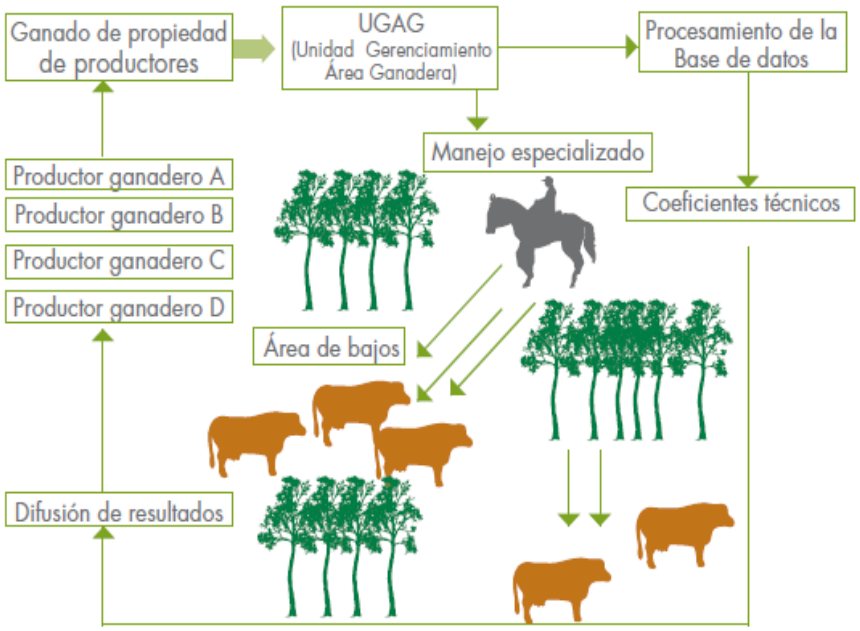


Figura 1. *Representación esquemática del funcionamiento y estructura lógica del Proyecto Ganadero Piloto de la región de Tres Bocas de UPM Forestal Oriental durante el período 2007-2009. (Fuente: Simeone y Caorsi, 2010).*

Performance animal en ganadería en sistemas de producción silvopastoriles

La adopción de sistemas silvopastoriles explícitamente planeados es, relativamente baja en Uruguay, lo cual hace que la información generada a nivel nacional sea relativamente escasa. Sin embargo, en los últimos 10 años, se han venido realizando esfuerzos interinstitucionales y multidisciplinarios para generar información académica de calidad, que permita cuantificar el resultado de la producción ganadera en sistemas silvopastoriles (Viñoles *et al*., 2022). En ese marco de generación de nuevo conocimiento, Goncherenko *et al* (2024), desarrollaron un experimento con el objetivo de evaluar el efecto del sistema silvopastoril (SSP), en comparación con el sistema convencional sin acceso a sombra de árboles (SC), sobre la performance productiva de un rodeo de cría, pastoreando campo natural, durante dos años consecutivos. Los autores reportan que las vacas con cría al pie que pastoreaban en sistemas silvopastoriles (SPS) presentaron de forma constante un mayor peso vivo, una mayor ganancia diaria de peso y un mejor estado corporal en comparación con sus contrapartes en sistemas de pastoreo convencional (SC). Según lo reportado en dicho trabajo, se interpreta que los sistemas silvopastoriles (SPS) ofrecieron un gradiente de temperaturas que permitió al par "vaca-ternero", buscar confort térmico durante el pastoreo, lo que extendió el tiempo dedicado a esta actividad durante el periodo diurno. Este perfil de comportamiento ingestivo permitió a los animales regular de manera más eficiente su balance energético, lo cual se asoció con un incremento en las concentraciones de IGF-I, la que fue medida consistentemente durante todo el período experimental, mejorando así la productividad del par "vaca-ternero" en el sistema silvopastoril. Esto pudo observarse, además, en el peso vivo al destete de los terneros, que fue 10 kg superior en el SSP (Goncherenko, comunicación. personal).

En base a estos resultados, puede inferirse que la sinergia entra ganadería y forestación en sistemas silvopastoriles, tiene importantes implicancias a nivel de la cadena de valor en ganadería, especialmente en la fase de cría, sobre todo en sistemas de ganaderos de pequeños productores de baja escala. Esto cobra particular importancia ya que los sistemas silvopastoriles ofrecen una combinación de ingresos por la venta de madera y de terneros, ofreciendo, además del incremento en productividad animal, una diversificación en términos de mercados finales, disminuyendo el riesgo del empresario ante variaciones en el precio del ganado vacuno.

CONCLUSIONES

La integración entre la ganadería y la forestación en Uruguay representa una oportunidad estratégica para maximizar la eficiencia en el uso del territorio, mejorar la productividad animal y diversificar las fuentes de ingreso, particularmente para pequeños y medianos productores. Lejos de tratarse de rubros incompatibles, la evidencia muestra que, bajo ciertas condiciones de diseño y manejo, ambas actividades pueden desarrollarse de manera sinérgica y complementaria.

La ganadería inserta en la gran producción forestal ha demostrado ser una alternativa viable para aprovechar áreas no cultivables dentro de los macizos forestales, mejorando la performance animal durante los meses de verano gracias a la oferta de sombra natural. Este enfoque permite no solo incrementar la productividad de sistemas ganaderos extensivos, sino también aportar beneficios colaterales como la reducción del riesgo de incendios y el fortalecimiento de vínculos territoriales entre empresas forestales y productores ganaderos locales.

Por otro lado, los sistemas específicamente silvopastoriles, diseñados ex ante con objetivos productivos integrados, han mostrado resultados promisorios, particularmente en sistemas de cría. La mejora en el confort térmico, la modificación del comportamiento ingestivo y el balance energético de los animales, asociada al diseño estructural del sistema y a la presencia planificada de árboles, se traduce en un aumento de la productividad y en mejores indicadores fisiológicos. Este tipo de sistemas no solo contribuye a una producción más eficiente, sino que también ofrece ventajas desde el punto de vista de la resiliencia económica de pequeños y medianos productores criadores.

En ambos casos, la articulación entre ganadería y forestación genera externalidades positivas que trascienden los resultados productivos inmediatos. La posibilidad de combinar ingresos por la venta de madera y productos ganaderos, junto con una mejor distribución del riesgo productivo y económico, convierte a estos sistemas en una herramienta valiosa para fortalecer las cadenas de valor agropecuarias en el país.

Finalmente, se destaca la necesidad de continuar desarrollando experiencias locales, investigaciones aplicadas y políticas públicas que promuevan modelos de integración productiva adaptados a las realidades regionales. La generación de información, el acompañamiento técnico y la promoción de marcos institucionales que fomenten acuerdos justos entre actores forestales y ganaderos serán claves para consolidar sistemas mixtos que contribuyan a un desarrollo rural más competitivo y sostenible.

AGRADECIMIENTOS

Los autores de este trabajo desean dejar constancia de su agradecimiento a las siguientes personas e instituciones: Al Ing. Agr. (*MSc*) Guillermo Goncherenko, por su orientación sobre la producción silvopastoril en Uruguay y a A la empresa UPM por su apoyo a la investigación sobre producción ganadera asociada a la plantación forestal.

Bibliografía

Bertullo, J., Piaggio, M. 2021. El sector forestal en Uruguay: desarrollo, inversiones e impactos. Montevideo: CINVE.

Echeverrigaray, J.J., Quintela, J. 2024. Evaluación productiva y ambiental de un sistema silvopastoril de *Eucalyptus grandis,* con destino a madera sólida (Tesis de grado). Facultad de Agronomía, Universidad de la República. 105 pp.

Goncherenko, G., Báez, F., Fedrigo, J., Santa Cruz, R., Claramunt, M., Mercadante, V., Viñoles, C. 2024. Silvopastoral systems as a strategy to attenuate the negative effects of heat stress on productivity of beef cows grazing natural grassland. Agroforestry Systems. https://doi.org/10.1007/s10457-024-01081-9

Dirección Nacional de Cambio Climático (DNCC). Gobierno de Uruguay, 2021. Información sobre sistemas silvopastoriles en Uruguay.

INAC (Instituto Nacional de Carnes). 2023. Anuario estadístico de carnes 2022. Montevideo.

MGAP–DGF (Dirección General Forestal). (2023). Anuario estadístico forestal 2022. Montevideo: Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca.

MGAP–DIEA (Dirección de Estadísticas Agropecuarias). 2023. Anuario estadístico agropecuario 2022. Montevideo: Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca.

Moras, G., Vallejos-Barra, O.S. 2013. Tables of volume for individual trees in Eucalyptus globulus ssp. globulus in Southern Uruguay. Agrociencia Uruguay, 17(2), 11–24. https://agrocienciauruguay.uy/index.php/agrociencia/article/view/458

OPP (Oficina de Planeamiento y Presupuesto). 2022. Impacto económico y social del sector forestal en Uruguay. Montevideo.

Simeone, A., Beretta, V. 2022. Tecnologías de producción para la recría y el engorde de ganado de carne durante el verano: ¿Cuáles son las certezas? En XLIX Jornadas Uruguayas de Buiatría (pp. 60–68). Paysandú, Uruguay.

Simeone, A., Caorsi, J. 2010. Los números de la ganadería en la forestación: la experiencia del Proyecto Ganadero de UPM Forestal Oriental. En La forestación y la ganadería en Uruguay (pp. 8–26). UPM – Forestal Oriental.

Simeone, A., Beretta, V., Caorsi, C. J. 2010. ¿Es importante la sombra que proporcionan los montes de la forestación para la performance del ganado de carne durante el verano? En La forestación y la ganadería en Uruguay (pp. 27–41). UPM – Forestal Oriental.

Uruguay XXI. 2023. Informe sector cárnico. Agencia de Promoción de Inversiones y Exportaciones, Montevideo.

Uruguay XXI. 2024. Informe anual de comercio exterior 2023. Montevideo.

Vásquez, F., Panario, D., Achkar, M. 2017. Servicios ambientales de las plantaciones forestales en Uruguay: balances de carbono y agua. Revista Geográfica del Sur, 13(2), 45–62.

Viñoles Gil, C., Fedrigo, J.K., Benítez, V., Santa Cruz, R., Báez, F. 2022. Sistemas silvopastoriles en Uruguay. En XLIX Jornadas Uruguayas de Buiatría, 9, 10 y 11 de junio 2022 (pp. 60–68). Paysandú, Uruguay.

CV-02. Cadena de valor en la producción de aceite de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) en Cuba

Value chain in the production of Sacha Inchi oil (*Plukenetia volubilis* L.) in Cuba

M. Villanueva Domínguez[1]; J. González Olmedo[2]; Y. Carmenate Botino[3] y M. González Pérez[2]*

[1]Proyecto Sacha Inchi, Centro de Investigaciones en Plantas Proteicas y Productos Bionaturales (CIPB), Jaimanitas, Playa, Havana, Cuba

[2]Dirección del Centro de Investigaciones en Plantas Proteicas y Productos Bionaturales (CIPB), Jaimanitas, Playa, Havana, Cuba

[3]Planta de Cápsulas Blandas, Centro Nacional de Investigaciones Científicas (CNIC), Cubanacán, Playa, Havana, Cuba

[*]Correspondencia a: mabel.villanueva28@gmail.com

RESUMEN

El objetivo fue analizar los resultados de la aplicación del modelo de gestión como cadena de valor en la producción de aceite de Sacha Inchi en Cuba. La cadena fue diseñada con el uso del Método Delphi de consulta a expertos. Se evaluó la germinación de semillas y la influencia de dos concentraciones de giberelinas, se compararon dos tecnologías de cultivo, se aplicaron bioproductos de producción nacional, se definió el momento de la cosecha y la tecnología para el procesamiento de los frutos. El aceite de Sacha Inchi se obtuvo por prensado en frio, el cual se caracterizó y su estabilidad también se evaluó. Se desarrolló la tecnología de elaboración de cápsulas blandas. Se elaboró el dossier técnico de ambos productos. Se realizaron ensayos farmacológicos y se evaluó la toxicología aguda del aceite de Sacha Inchi. Para la comercialización del aceite de Sacha inchi, se elaboró una hoja de costos. El modelo de gestión con enfoque de cadena de valor, como innovación organizacional, favoreció el desarrollo de productos completamente nuevos. En los diferentes eslabones de la cadena, se han aplicado, tecnologías conocidas e innovaciones de proceso y producto. En la actividad productiva y comercial, se destaca la co-innovación con el Centro Nacional de Investigaciones Científicas, al lograr un encadenamiento productivo, que garantiza la obtención de cápsulas blandas del aceite. Se hace referencia a los beneficios económicos, impactos sociales y a la perspectiva ambiental. Mediante el análisis de los resultados de las innovaciones derivadas de los diferentes procesos, se caracterizó la cadena de valor de la extracción de aceite de Sacha Inchi en Cuba, y se determinaron sus impactos.

Palabras clave: *modelo de gestión, Método Delphi, innovación, cápsulas blandas, impacto*

ABSTRACT

The objective was to analyze the results of the application of the management model as a value chain in the production of Sacha Inchi oil in Cuba. The chain was designed using the Delphi Method for expert consultation. Seed germination and the influence of two concentrations of gibberellins were evaluated, two cultivation technologies were compared, bioproducts of national production were applied, and the time of harvest and the technology for fruits processing were defined. Sacha Inchi oil was obtained by cold pressing, which was characterized and its stability was also evaluated. The technology of making soft capsules was developed. Technical dossiers for both products were prepared. Pharmacological assays were performed and the acute toxicology of Sacha Inchi oil was evaluated. A cost sheet was prepared for the commercialization of the Sacha Inchi oil. The management model with a value chain approach, as an organizational innovation, favored the development of completely new products. In the different links of the chain, known technologies, process and product innovations have been applied. In the productive and commercial activity, the co-innovation with the National Center for Scientific Research stands out, by achieving a productive chain, which guarantees the obtaining of soft oil capsules. Reference is made to economic benefits, social impacts and the environmental perspective. By analyzing the results of the innovations derived from the different processes, the value chain for extracting of Sacha Inchi oil in Cuba was characterized, and its impacts were determined.

Keywords: *management model, Delphi Method, innovation, Soft Gel, impacts*

CV-03. Análisis técnico económico de la producción de leche en fincas familiares de la cuenca del río Guayas, Ecuador, en función del desarrollo local

Technical and economic analysis of milk production on family farms in the Guayas River basin, Ecuador, based on local development

R. Pauta Ríos[1]; Marcos Oviedo Rodriguez[1]; W. Filian Hurtado[1]; N. Loredo Carballo[2] y J. Pereda Mouso[2]*

[1]Universidad Técnica de Babahoyo, Los Ríos, Ecuador.

[2]Universidad de Camagüey, Cuba.

[*]Correspondencia a: rpauta@utb.edu.ec

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue caracterizar la respuesta en producción de leche según categorías de fincas con ganadería vacuna. Se aplicó un muestreo aleatorio estratificado para la selección de las fincas, la muestra quedó conformada por 45 fincas, las que se categorizaron a partir de su área total; las categorías fueron: menores de 10 ha pequeñas, entre 11 y 20 ha mediana y mayores de 21 y hasta 50 ha grandes. Para la toma de información se aplicó un diagnóstico rural rápido, que incluyó entrevistas y encuestas con variables de tipo estructural y funcional. La etapa de trabajo se corresponde con el período noviembre 2020 a noviembre 2021, de manera que se pudo trabajar en la estación de lluvias y seca. Para los análisis se seleccionaron un total de 18 variables, divididas en 11 de estructura y 7 de funcionamiento. Se realizó un análisis de frecuencia, se calcularon estadísticos de tendencia central y dispersión. Se empleó el análisis de componentes principales y el análisis discriminante canónico, para determinar diferenciación entre las categorías de fincas. Finalmente se evaluó la respuesta productiva de las categorías, que fungieron como factores con tres niveles. Las variables no cumplieron los supuestos teóricos del análisis de varianza, se empleó el análisis no paramétrico. Los resultados muestran heterogeneidad entre los casos que conforman las categorías, con coeficientes de variación que superan el 50 % en determinadas variables. El análisis de componentes principales explicó más del 80% de la varianza total, se evidenció además que el área ganadera quedo ubicada en el tercer componente, con el menor porcentaje de explicación de la varianza. El nivel de significancia de las funciones discriminantes mostró diferencias significativas entre las categorías de fincas (P≤0.005), donde quedaron agrupados los casos en estudio en cuadrantes diferentes. El análisis de varianza reveló diferencias estadísticas para los ingresos por venta de leche a favor de la categoría grande, determinado por la mayor producción total, no así en el resto de las categorías.

Palabras clave: *análisis multivariado, categorías, desarrollo local, producción de leche.*

ABSTRACT

The objective of the research was to characterize milk production response by farm category. Stratified random sampling was used to select the farms. The sample consisted of 45 farms, categorized based on their total area: small farms under 10 ha; medium farms between 11 and 20 ha; and large farms between 21 and 50 ha. To gather data, a rapid rural assessment was applied, which included interviews and surveys with structural and functional variables. The work phase corresponds to the period from November 2020 to November 2021, allowing for the rainy and dry seasons. A total of 18 variables were selected for the analyses, divided into 11 structural variables and 7 functional variables. Frequency analysis was performed, and central tendency and dispersion statistics were calculated. Principal components analysis and canonical discriminant analysis were used to determine differentiation between farm categories. Finally, the productive response of the categories was evaluated, serving as factors with three levels. The variables did not meet the theoretical assumptions of the analysis of variance; nonparametric analysis was used. The results show heterogeneity among the cases within the categories, with coefficients of variation exceeding 50% for certain variables. Principal component analysis explained more than 80% of the total variance. It was also evident that livestock area was located in the third component, with the lowest percentage of variance explained. The significance level of the discriminant functions showed significant differences between farm categories (P≤0.005), where the study cases were grouped into different quadrants. The analysis of variance revealed statistical differences for milk sales revenue in favor of the large category, determined by its higher total production, but not in the other categories.

Keywords: *multivariate analysis, categories, local development, milk production.*

INTRODUCCIÓN

En la teoría del crecimiento económico, señala Díaz (2015), al referirse a varios autores, que restan importancia a la agricultura y la industria como motor de desarrollo. Al referirse a la agricultura asigna la función de proveer alimentos y demandar productos industriales. En el contexto señalado, la agricultura familiar ha sido identificada por diversos organismos internacionales, como una actividad que permite el anclaje de procesos de desarrollo local a partir de sus múltiples atributos que presenta en materia social, económica, cultural y ambiental (Márquez y Llamas 2019). Hoy el sector analizado constituye el escenario donde conviven comunidades que dependen parcial o totalmente de sus producciones, constituye una fuente de empleo a miles de personas, donde se incluyen mujeres y garantizan materia prima a la industria, que cada vez incluye más derivados del agro en sus procesos y presenta aportes importantes de alimentos a la sociedad.



La cuenca baja del río Guayas, forma parte del litoral ecuatoriano, por su posición geográfica, constituye una extensa planicie enteramente cruzada de ríos navegables (en su mayor extensión), que en la época de lluvias inundan gran parte de la superficie. La máxima elevación en el terreno provincial no supera los 500 metros sobre el nivel del mar. Los Ríos se encuentra entre la vertiente occidental de los andes y la cuenca del río Guayas. La economía provincial está conformada por diferentes sectores con capacidades productivas disímiles, siendo la agropecuaria la de mayor aporte con un 42,16% del total de los servicios (CISMIL-GPLR 2006).

Una particularidad es que en la cuenca baja del Guayas, predomina la agricultura de tipo familiar, considerada por Morales y Mideros (2021), un elemento clave para el desarrollo rural, según los autores, el 60% de los alimentos consumidos en el país provienen del sector señalado, sin embargo, existe un detrimento en su participación relativa en comparación con otros sectores de la economía, que determinan baja productividad y carencia de renovación generacional, por lo que enfatizaron en la necesidad de generar evidencias que sirva de base para desarrollar estrategias para su sostenibilidad.

En el contexto señalado, la ganadería y en especial la producción de leche han constituido una alternativa para garantizar los ingresos diarios y el pago de jornales en momentos sin cosechas, desbalances en los pagos y demanda de productos agrícolas. El objetivo del trabajo es realizar un análisis técnico económico de la producción de leche en fincas familiares del cantón Babahoyo, provincia Los Ríos, Ecuador, en función del desarrollo local.

MATERIALES Y MÉTODOS

El escenario de trabajo se enmarcó en el cantón Babahoyo, pertenecientes a la provincia de Los Ríos, Ecuador. Tiene una extensión aproximada de 7 256 km^2 y limita: al norte con Pichincha, al sur y al oeste con Guayas y al este con Bolívar y Cotopaxi, la actividad económica fundamental de la región es la agropecuaria, donde predominan los cultivos varios y la producción de leche vacuna, formada por animales mestizos sin línea productiva definida, producto de los cruces entre el Criollo, Brahman, Brown Swiss y Holstein (Filian *et al.* 2020).

Según el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2015-2019 (2020), la región posee un clima tropical o ecuatorial, las precipitaciones se distribuyen por regiones y época en el año, y se concentran durante los meses de lluvia (diciembre-mayo). Al norte de la provincia se reportan precipitaciones por meses promedios durante la época de lluvia con un máximo de 419 mm y en los meses de sequía (junio, julio, agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre) no sobrepasan los 50 mm, la temperatura promedio al año es de 27°C, los promedios señalados fluctúan de 25°C a 28°C. Al sur de la provincia el promedio mensual máximo reportado es de 492 mm, incluso con una tendencia a incremento en los últimos años; a diferencia del período seco, donde los promedios reportados son mínimos, incluso sin precipitaciones en el mes de agosto. La temperatura media es de 25°C, con valores máximos y mínimos de 24°C a 27°C respectivamente.

Una particularidad es que en la cuenca baja del Guayas, predomina la agricultura de tipo familiar, considerada por Morales y Mideros (2021), un elemento clave para el desarrollo rural, según los autores, el 60% de los alimentos consumidos en el país provienen del sector señalado, sin embargo, existe un detrimento en su participación relativa en comparación con otros sectores de la economía, que determinan baja productividad y carencia de renovación generacional, por lo que enfatizaron en la necesidad de generar evidencias que sirva de base para desarrollar estrategias para su sostenibilidad.

Procedimiento para la toma y análisis de la información

Se aplicó un muestreo aleatorio estratificado para la selección de las fincas, que tuvieron la particularidad de estar formada y gestionadas por familias. Quedó conformada por 45 fincas, las que se categorizaron a partir de su área total; las categorías fueron: menores de 10 ha pequeñas, entre 11 y 20 ha mediana y mayores de 21 y hasta 50 ha grandes. Para la toma de información se aplicó un diagnóstico rural rápido, que incluyó entrevistas y encuestas con variables de tipos estructural y funcional. La etapa de trabajo se corresponde con el período noviembre 2020 a noviembre 2021, de manera que se pudo trabajar en la estación de lluvias y seca. Para los análisis se seleccionaron un total de 18 variables, divididas en 11 de estructura y 7 de funcionamiento. Se realizó un análisis de frecuencia, se calcularon estadísticos de tendencia central y dispersión. Se empleó el análisis de componentes principales y el análisis discriminante canónico, para determinar diferenciación entre las categorías de fincas. Finalmente se evaluó la respuesta productiva de las categorías, que fungieron como factores con tres niveles. Las variables no cumplieron los supuestos teóricos del análisis de varianza, se empleó el análisis no paramétrico de clasificación simple de Kruskal Wallis, se aplicó la dócima de Conover (1999), para la comparación de los rangos medios.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al observar los valores medios y de dispersión (tabla 1) de los indicadores de estructura según categorías encontramos coeficientes de variación que superaron el 50 %, sobre todo para las áreas y su distribución (agrícola y de ganadería vacuna) y los insumos, representados por los alimentos y residuos destinados a la producción de leche. El resultado muestra la heterogeneidad de las fincas, su distribución y el empleo de insumos productivos para garantizar la producción de leche, aspecto a considerar al tomar decisiones en relación a políticas referentes al sector y las particularidades de producción.

Tabla 1. *Valores medios y de dispersión de los indicadores estructurales según categorías.*

Indicadores	Categorías								
	Pequeños			Medianos			Grandes		
	Media	DE	CV (%)	Media	DE	CV (%)	Media	DE	CV (%)
Área total real, ha	7.7	2.25	29.3	14.7	3.17	21.6	34.3	10.37	30.2
Área de cultivos, ha	3.4	2.33	68.7	6.3	5.66	90.5	14.1	13.33	94.6
Área de ganadería, ha	4.1	1.45	35.3	5.0	3,36	67,2	5.0	2.25	45.0
Carga UGM/ha	0.5	0.17	38.0	0.4	0.11	25.9	0.6	0.17	29.8
Residuos utilizados (kgMS/ha/año)	3.8	2.61	68.7	7.0	6.33	90.5	15.7	14.97	95.4
Alimento animal introducido (kgMS/ha)	4.1	1.86	45.3	7.3	3.30	45.5	17.2	8.22	47.7
Fertilizantes químicos (kg/ha)	132.9	69.41	52.2	124.3	108.18	87.0	113.9	98.53	86.5
Hierbicidas (kg/ha)	6.9	3.58	52.1	6.4	5.58	87.0	5.9	5.10	86.6
Gastos de combustible (Litros)/ha	13.3	6.94	52.2	12.4	10.81	87.0	11.4	9.85	86.4
Gastos monetarios (dólares/ha)	1269.4	549.33	43.3	1123.1	896.86	79.9	1155.1	713.11	61.7
Intensidad de trabajo (h/ha/días)	1.6	0.73	45.2	1.5	0.48	31.2	0.9	0.25	26.3

El análisis de componentes principales (tabla 2) explicó alrededor del 90% de la variabilidad total en las fincas, distribuidas en tres componentes, los que se relacionaron atendiendo al mayor porcentaje de la varianza explicada, con los cultivos, el área total y el área ganadera, con el menor porcentaje en las fincas.

Tabla 2. *Componentes principales obtenidos al analizar variables de estructura en las fincas.*

Componentes	1	2	3
Autovalor	5.083	2.905	1.722
% varianza explicada	46.208	26.411	15.654
% varianza acumulada	46.208	72.619	88.273
Variables	Cultivos	Área	Área ganadera
Herbicidas (kg/ha)	**0.985**	-0.132	-0.042
Fertilizantes químicos (kg/ha)	**0.985**	-0.132	-0.041
Gastos de combustible (Litros)/ha	**0.985**	-0.133	-0.041
Gastos monetarios (dólares/ha)	**0.977**	-0.095	-0.040
Residuos utilizados para alimento animal (kgMS/ha/año)	**0.766**	0.459	0.363
Área de cultivos varios, ha	**0.765**	0.461	0.365
Alimento animal introducido en la finca al año (kgMS/ha)	-0.132	**0.800**	0.437
Intensidad de trabajo (h/ha/días)	0.064	**-0.785**	0.154
Área total real, ha	0.135	**0.778**	0.559
Carga UGM/ha	-0.083	**0.739**	-0.250
Área de ganadería, ha	-0.023	-0.117	**0.927**

La tabla 3 muestra las funciones discriminantes canónicas. La significancia de las dos funciones discriminantes obtenidas fue probada por Wilk's Lambda (λ), siendo 0.04 y 0.55, respectivamente, así como la prueba de Ji cuadrada (χ2), que obtuvo un valor de 119,3 y 22,2 (P≤0.005), respectivamente. Asimismo, las funciones 1 y 2 explicaron el 93,7 y 6,3 % de la variación total.

Tabla 3. *Funciones discriminantes canónicas obtenidas a partir de las categorías de fincas analizadas.*

Función	Auto valor	% de varianza	% acumulado	Correlación canónica	λ	X^2	Nivel significación
1	11,894[a]	93,7	93,7	,960	,043	119,388	0,000
2	,795[a]	6,3	100,0	,666	,557	22,232	0,005

La representación gráfica del análisis de discriminante factorial se aprecia en la figura 1, donde quedaron los centroides de los grupos que formaron los casos en estudio según categorías asignadas. Se observan las diferencias entre los grupos, no existiendo superposición en ningún caso, si consideramos los ejes horizontal y vertical. El resultado corrobora que las diferencias existentes entre los grupos y la necesidad de tomar estrategias específicas de forma separada.

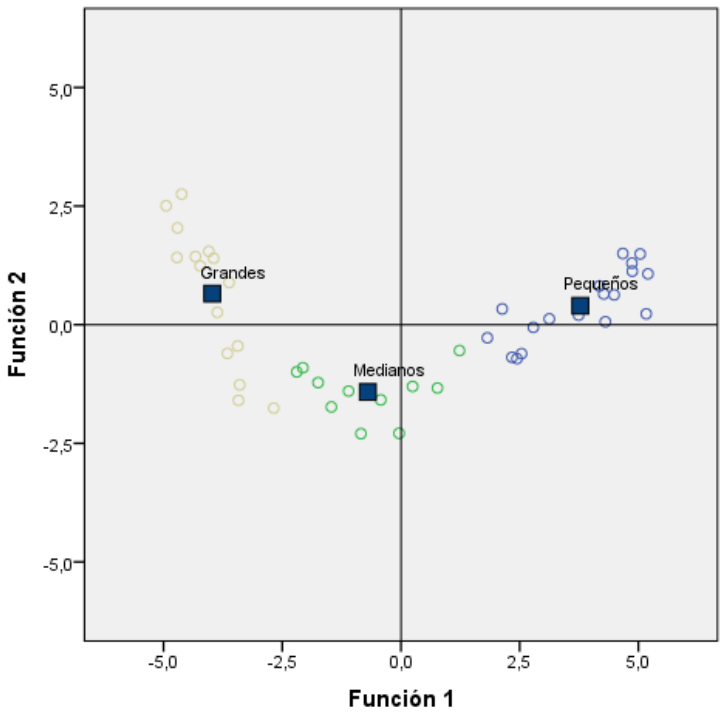


Figura 1. *Representación gráfica del análisis discriminante canónico entre las categorías de fincas con ganadería en el cantón Babahoyo.*

Finalmente, la tabla 4 muestra la respuesta productiva relacionada con la producción de leche en las fincas, según grupos formados. Solo se obtuvieron diferencias significativas para los ingresos por ventas de leche

Tabla 4. *Respuestas productivas en las fincas con ganadería evaluadas.*

Indicadores	Pequeños (n=18)	Medianos (n=12)	Grandes (n=15)	Sig.
Producción de leche (kg/ha)	188.44	170.23	229.2	**0.0566**
	(176.4)	(167.8)	(220.2)	
	DE=71.39	DE=48.35	DE=68.04	
Rendimiento total (t/ha)	1.05	1.01	1.01	0.8476
	(0.38)	(0.57)	(0.56)	
	DE=0.38	DE=0.57	DE=0.56	
Ingresos Totales (dólares/ha)	2038.26	1898.48	1885.38	0.8134
	(1885)	(1851.55)	(1212.6)	
	DE=909.91	DE=1484.12	DE=1321.79	
Ingresos por venta de leche (dólares/ha)	149.46[a]	129.75[a]	228.79[b]	**0.003**
	(137.2)	(136)	(216.2)	
	DE=64.03	DE=35.17	DE=83.49	
	DE=2.30	DE=2.24	DE=1.45	

a,b,c, Medias con letras diferentes en cada efecto difieren a P< 0,05; DE: Desviación Estándar; (), Medianas

CONCLUSIONES

Se encontraron diferencias al analizar variables de estructura según categorías de fincas familiares en la cuenca baja del Guayas, Ecuador. En relación a la respuesta productiva dos variables presentaron diferencias estadísticas, se relacionaron con la producción de leche y los ingresos derivados de la actividad señalada, no así para los rendimientos y los ingresos totales.

Bibliografía

Castellanos, G. 2015. Agricultura y desarrollo local en Guatemala. Rev. Rupturas 5(1), 49-69. ISSN 2215-2466 http://investiga.uned.ac.cr/rupturas/

CISMIL-GPLR. 2006. Objetivos de Desarrollo del Milenio. Estado de situación 2006 (Quito: AECI/CONCOPE/ONU)

Filian, W., Mora, A.J., Pereda, J.J., Curbelo, L., Pedraza, R.M., Vázquez, R. 2020. Balance forrajero según tipologías de fincas agrícolas con ganadería vacuna de la cuenca baja del río Guayas, Ecuador. Rev. Prod. Anim. 32(1), 30-43. ISSN 2224-7920, https://revistas.reduc.edu.cu/index.php/rpa/article/view/e3372

Márquez, J.A., Llamas, J.L. 2019. Hélices y anclas para el desarrollo local. Editado por Consorcio Universidades Huelva-Cartagena de Indias, 1254 p. ISBN: 978-84-8163-602-4

Morales, M., Mideros, A. 2021. Análisis de la pobreza multidimensional en los hogares de la agricultura familiar campesina en el Ecuador, 2009-2019. Revista Economía 7-21. DOI: https://doi.org/10.29166/economa.v73i118.3379



CV-04. Mecanismo financiero integrado para acelerar la adopción de sistemas silvopastoriles en Honduras: innovación, gobernanza y vinculación territorial

Integrated financial mechanism to accelerate the adoption of silvopastoral systems in Honduras: innovation, governance, and territorial linkage

J. C. Flores; M. Alvarado y W. Good

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Cartago, Turrialba 30501 Costa Rica

Correspondencia a: juan.flores@catie.ac.cr

RESUMEN

El acceso limitado al financiamiento es una de las principales barreras para la transición hacia sistemas ganaderos sostenibles en América Latina. En respuesta a este desafío, el proyecto MAF-Ganadería-Honduras diseñó e implementó un mecanismo financiero innovador que articula líneas de crédito preferenciales, fondos de garantía y asistencia técnica, orientado a pequeños y medianos productores ganaderos. Este mecanismo, canalizado a través de BANHPROVI y ejecutado mediante instituciones financieras intermediarias (IFI), permite financiar paquetes tecnológicos vinculados a prácticas de bajo carbono, como sistemas silvopastoriles, biodigestores, bancos forrajeros y cosecha de agua. La ponencia sistematiza la experiencia de construcción, implementación y gobernanza del mecanismo, destacando sus elementos diferenciadores: tasas de interés competitivas (4 %), integración con planes de finca y asesoría técnica, compromisos de cero deforestaciones, y un modelo territorial de promoción con participación de Escuelas de Campo (ECA). Asimismo, se presentan los resultados del diagnóstico institucional aplicado a las IFI, con énfasis en capacidades operativas, criterios de sostenibilidad y alineación con estándares de finanzas verdes. Esta experiencia demuestra cómo el diseño de mecanismos financieros adaptados al contexto rural puede catalizar inversiones sostenibles, facilitar la inclusión financiera y acelerar la adopción de prácticas resilientes. La ponencia propone recomendaciones para su escalamiento en otros territorios de la región mesoamericana.

Palabras clave: *finanzas verdes, ganadería sostenible, sistemas silvopastoriles, crédito rural, fondo de garantía, inclusión financiera, Honduras*

ABSTRACT

Limited access to financing is one of the main barriers to the transition toward sustainable livestock systems in Latin America. In response to this challenge, the MAF-Livestock-Honduras project designed and implemented an innovative financial mechanism that integrates preferential credit lines, guarantee funds, and technical assistance, targeting small and medium-sized livestock producers. This mechanism, channeled through BANHPROVI and executed via Financial Intermediary Institutions (FIIs), enables the financing of technology packages linked to low-carbon practices such as silvopastoral systems, biodigesters, forage banks, and water harvesting. The paper systematizes the experience of designing, implementing, and governing the mechanism, highlighting its differentiating elements: competitive interest rates (4%), integration with farm plans and technical assistance, zero-deforestation commitments, and a territorial promotion model with the participation of Farmer Field Schools (ECAs). It also presents the results of the institutional assessment applied to the FIIs, with emphasis on operational capacities, sustainability criteria, and alignment with green finance standards. This experience demonstrates how the design of financial mechanisms tailored to the rural context can catalyze sustainable investments, foster financial inclusion, and accelerate the adoption of resilient practices. The paper proposes recommendations for scaling it up in other territories of the Mesoamerican region.

Keywords: *green finance, sustainable livestock, silvopastoral systems, rural credit, guarantee fund, financial inclusion, Honduras*

INTRODUCCIÓN

La transformación del sector ganadero en América Latina y el Caribe es un componente estratégico para enfrentar los desafíos del cambio climático, conservar los ecosistemas y mejorar los medios de vida rurales. La actividad pecuaria representa una proporción significativa de las emisiones globales de gases de efecto invernadero (GEI), estimada en alrededor del 11 por ciento, siendo especialmente elevada en los países tropicales donde predomina una ganadería extensiva de baja productividad (Gerber *et al.*, 2013; FAO, 2021).

En el caso de Honduras, la ganadería ocupa más del 40 por ciento del territorio nacional y constituye una de las principales causas de cambio de uso del suelo. Según el Inventario Nacional de GEI, aproximadamente el 26 por ciento de las emisiones del sector Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra (AFOLU) provienen del subsector ganadero, principalmente por fermentación entérica y degradación de tierras (SERNA, 2021). Esta situación se ve agravada por el predominio de unidades productivas pequeñas, con limitaciones estructurales en acceso a tecnología, servicios de extensión y, de manera destacada, financiamiento rural (FAO & IICA, 2017; SAG, 2020).

El acceso al crédito constituye una barrera crítica para los productores ganaderos que desean adoptar prácticas sostenibles como los sistemas silvopastoriles, el pastoreo rotacional, los biodigestores o la cosecha de agua. Las condiciones prevalecientes en el sistema financiero hondureño imponen requisitos de garantía, historial crediticio y

esquemas de repago poco adaptados a las realidades del campo. Además, existe un bajo reconocimiento de los beneficios ambientales de las inversiones sostenibles, lo que limita el interés de las instituciones financieras en apoyar este tipo de proyectos (GCF, 2020; CATIE, 2023).

Ante este panorama, el proyecto MAF-Ganadería-Honduras desarrolló un mecanismo financiero orientado a facilitar el acceso al crédito para pequeños y medianos ganaderos mediante una combinación de productos financieros accesibles, asistencia técnica estructurada y un fondo de garantía respaldado por el Banco Hondureño para la Producción y la Vivienda (BANHPROVI). Este instrumento se articula territorialmente a través de las Escuelas de Campo para Productores (ECAs), que sirven como plataformas de capacitación, planeación y acompañamiento técnico.

El mecanismo está diseñado para promover inversiones productivas que respondan a los objetivos de sostenibilidad del país, incluyendo el cumplimiento de su Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC). A partir de una estrategia integral de promoción, formación financiera y validación de capacidades de las instituciones financieras intermediarias, el proyecto busca no solo mejorar la inclusión financiera rural, sino también fomentar una lógica de corresponsabilidad entre actores públicos, privados y comunitarios. Esta ponencia documenta el proceso de diseño e implementación del mecanismo, destacando los aprendizajes clave que pueden orientar su réplica y escalamiento en otros territorios rurales de la región.

MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología empleada para el diseño del mecanismo financiero del proyecto MAF-Ganadería-Honduras se estructuró en tres fases complementarias: análisis del entorno financiero y productivo, formulación técnica del instrumento y validación participativa con actores territoriales. Este enfoque metodológico permitió construir un modelo contextualizado, técnica y financieramente viable, y alineado con los objetivos de sostenibilidad del proyecto y los compromisos climáticos del país.

La primera fase consistió en la caracterización del entorno financiero rural y de las condiciones del acceso al crédito por parte de los pequeños y medianos productores ganaderos. Se realizó una revisión documental de políticas públicas, programas de financiamiento agropecuario y marcos regulatorios vigentes, incluyendo los lineamientos del Banco Central, los criterios de BANHPROVI y los marcos del Plan Nacional de Ganadería Sostenible y la NDC hondureña. Esta revisión se complementó con el análisis de la oferta de productos financieros existentes, tipos de garantías requeridas y alcance territorial de las instituciones financieras. Asimismo, se aplicaron herramientas de análisis cualitativo como entrevistas semiestructuradas y grupos focales con productores, técnicos, cooperativas y personal de IFIs para identificar barreras concretas de acceso y condiciones de financiamiento. Esta fase permitió caracterizar los principales cuellos de botella del sistema, en línea con estudios regionales que documentan limitaciones similares en América Latina (FAO & IICA, 2017; IDB, 2020; GCF, 2021).

La segunda fase se centró en la formulación técnica del instrumento financiero, a partir de un proceso colaborativo entre el equipo técnico del proyecto, especialistas del CATIE, funcionarios de BANHPROVI y asesores sectoriales. Se definieron los parámetros del producto financiero, incluyendo tasa de interés, plazos, periodo de gracia, condiciones del fondo de garantía y procedimientos operativos. Esta formulación siguió principios de finanzas verdes, integrando criterios de sostenibilidad ambiental, inclusión y corresponsabilidad institucional (GIZ, 2020; FAO & GCF, 2022). Se diseñó también un portafolio de tecnologías elegibles a financiar, con base en evidencia técnica de eficiencia productiva y mitigación de emisiones, y se aplicaron herramientas como la metodología EX-ACT de FAO para estimar su potencial climático (Peters et al., 2013; FAO, 2017). Además, se desarrolló un instrumento para el diagnóstico institucional de las IFIs, basado en modelos de evaluación de desempeño institucional y principios de finanzas responsables, que evalúa variables como gobernanza, gestión de riesgo, cultura de sostenibilidad, capacidades técnicas y digitales, y alineación con marcos como TCFD y los Principios de Bonos Verdes (OECD, 2019; IDB Invest, 2021).

La tercera fase correspondió a la validación territorial del instrumento, mediante talleres participativos realizados en zonas de intervención del proyecto. En estos espacios se utilizaron metodologías participativas de diagnóstico rural rápido (Chambers, 1994), análisis de actores, simulaciones crediticias y revisión de formatos con facilitadores, cooperativas, técnicos de campo y productores. Esta fase permitió contrastar el diseño técnico con las condiciones reales de los territorios, incorporar ajustes operativos clave y fortalecer la apropiación local del modelo.

Como parte del análisis de viabilidad económica del mecanismo, se construyeron escenarios financieros modelados que representaran las combinaciones más comunes de inversiones productivas identificadas en los territorios de intervención. Para ello, se utilizaron planes de finca reales elaborados con productores durante el proceso de implementación de Escuelas de Campo, de los cuales se seleccionaron perfiles representativos según el tipo de intervención: infraestructura ganadera, tecnologías de mitigación y paquetes mixtos. Se definieron los requerimientos de inversión promedio para cada caso, detallando los costos de instalación, operación y mantenimiento, así como los incrementos esperados en productividad y eficiencia. Con estos datos se desarrollaron flujos de caja proyectados a cinco años, utilizando tasas conservadoras de actualización y parámetros técnicos validados por el equipo del proyecto.

Los escenarios fueron construidos en hojas de cálculo que permiten modelar retornos económicos en función de las condiciones locales, precios promedio de mercado y supuestos técnicos derivados de las fichas de tecnologías elegibles. Se incluyó también un análisis de sensibilidad sobre variables críticas como los precios de venta del producto, los costos de insumos y la productividad animal. El objetivo de este ejercicio fue proporcionar evidencia cuantitativa que permitiera respaldar el diseño del producto financiero, los plazos y condiciones del crédito, y la priorización de las tecnologías



elegibles. Esta metodología contribuye no solo a la justificación del mecanismo, sino también a su alineación con estándares internacionales de finanzas sostenibles y su integración con sistemas de monitoreo ex post.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La implementación del mecanismo financiero del proyecto MAF-Ganadería-Honduras constituye una innovación metodológica e institucional orientada a transformar el acceso al crédito en territorios rurales, a partir de un enfoque de sostenibilidad productiva y climática. El diseño del instrumento responde a un conjunto de barreras estructurales ampliamente documentadas en la literatura sobre inclusión financiera rural en América Latina. La primera barrera identificada fue la exigencia de garantías reales para acceder al crédito formal, lo cual excluye a productores sin títulos de propiedad o activos formalizables. En segundo lugar, se constató la escasa adecuación de los productos financieros disponibles a las características del ciclo ganadero, que requiere plazos largos y periodos de gracia para amortiguar la estacionalidad de los ingresos. La tercera barrera fue la desconexión entre crédito y asistencia técnica, lo que reduce la calidad de la inversión y eleva el riesgo de fallas técnicas. En cuarto lugar, se evidenció una baja cultura financiera entre los productores, manifestada en desconfianza hacia el sistema bancario y limitada comprensión de los términos crediticios. La quinta barrera fue la exclusión de tecnologías sostenibles dentro de las carteras de inversión aceptadas por las IFIs, debido al desconocimiento o a la falta de valoración de su rentabilidad. Finalmente, se identificó la falta de criterios ambientales explícitos en los procesos de análisis de riesgo crediticio. Estas limitaciones coinciden con las descritas por FAO e IICA (2017), el BID (2020) y GIZ (2020), y justifican la necesidad de un rediseño del enfoque financiero rural desde una lógica climáticamente inteligente.

En respuesta a estas restricciones, el mecanismo financiero propone un modelo de corresponsabilidad institucional basado en condiciones financieras preferenciales, asistencia técnica obligatoria, criterios de elegibilidad ambiental y un portafolio validado de tecnologías sostenibles. El producto financiero establecido contempla una tasa de interés del cuatro por ciento, plazos de hasta seis años y un periodo de gracia de doce meses. A esto se suma un fondo de garantía parcial, gestionado por BANHPROVI, que actúa como un respaldo para productores que no disponen de garantías reales, como títulos de propiedad. Este fondo se activa en el momento de otorgar el crédito, permitiendo a las IFIs aceptar solicitudes que, bajo criterios convencionales, serían rechazadas por falta de colateral. No se trata de un seguro de cartera ni de un fondo para cubrir impagos, sino de una herramienta de inclusión financiera estructural. Modelos similares se han implementado en países como El Salvador y Perú mediante fondos de garantía especializados en agricultura sostenible (FAO & GIZ, 2020; IDB, 2022).

Uno de los componentes fundamentales del mecanismo ha sido la modelación financiera de tres escenarios de inversión representativos, que reflejan combinaciones frecuentes de prácticas y tecnologías adoptadas por productores en las zonas de intervención. En el primer escenario, centrado en infraestructura ganadera resiliente como sistemas de agua, corrales y sombra, se proyectó una inversión promedio de 5,000 dólares por productor y una tasa interna de retorno (TIR) del 8.2 por ciento. El segundo escenario, enfocado en tecnologías de mitigación como sistemas silvopastoriles, biodigestores y conservación de forrajes, estimó una inversión media de 6,800 dólares y una TIR del 11.4 por ciento. El tercer escenario, que integra componentes de infraestructura, manejo y tecnologías climáticamente inteligentes, alcanzó una inversión promedio de 9,300 dólares con una TIR proyectada del 13.7 por ciento.

En los tres casos, la rentabilidad esperada fue suficiente para justificar los plazos de crédito propuestos por el mecanismo y demostrar la viabilidad económica de las inversiones financiables. Además, se observó que el escenario mixto no solo generó el mayor retorno financiero, sino que también integra las prácticas con mayor potencial de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, lo que lo posiciona como el paquete más completo en términos de sostenibilidad técnica, económica y climática.

La consistencia de los resultados entre los distintos escenarios refuerza la lógica de segmentación de productos financieros por tipo de inversión, y valida la decisión de ofrecer condiciones de plazo, tasa y gracia diferenciadas según la naturaleza y maduración de la tecnología financiada. También permite a las instituciones financieras contar con parámetros realistas para la evaluación del flujo de caja y la capacidad de pago de los productores, favoreciendo una gestión del riesgo más objetiva y alineada con los principios de financiamiento climático inclusivo.

El portafolio de tecnologías elegibles se compone de prácticas que combinan mitigación de emisiones, eficiencia productiva y resiliencia climática. Entre ellas destacan los sistemas silvopastoriles, el pastoreo rotacional intensivo, los biodigestores, la cosecha y almacenamiento de agua, la conservación de forrajes, el manejo nutricional de precisión y el mejoramiento genético. Estas tecnologías fueron validadas mediante metodologías como EX-ACT (FAO, 2017) y a través de experiencias piloto en las Escuelas de Campo. Su adopción está condicionada al acompañamiento técnico y a la existencia de un plan de finca aprobado, lo que asegura la coherencia técnica y el uso adecuado de los recursos.

El mecanismo incluye también algunos elementos iniciales de sensibilidad de género. Entre los criterios sociales de priorización se contempla el acceso de mujeres productoras al financiamiento, promoviendo su inclusión en la cartera de beneficiarios. Si bien aún no existen productos financieros diferenciados por sexo ni indicadores desagregados sistemáticamente, el acompañamiento técnico en la elaboración de planes de finca ofrece oportunidades para incluir a mujeres en la toma de decisiones productivas y financieras. Además, la estrategia de educación financiera y promoción territorial contempla la adecuación de materiales y formatos para contextos socioculturales diversos, lo que representa una base para avanzar hacia un enfoque de género más robusto. Estos elementos son coherentes con las recomendaciones de FAO y GIZ sobre finanzas climáticas inclusivas (FAO & GIZ, 2020) y constituyen un punto de partida para el diseño futuro de productos más sensibles a las desigualdades estructurales de género en el acceso al crédito rural (OECD, 2019; GCF, 2021).

La sostenibilidad operativa del mecanismo está anclada en la participación de BANHPROVI como entidad financiera de segundo piso. Su rol como canalizador de fondos, administrador del fondo de garantía y verificador institucional es fundamental para garantizar la integridad del sistema, la trazabilidad de los flujos financieros y la articulación con otras fuentes de financiamiento climático. Esta función puede ampliarse a futuro mediante la incorporación del producto financiero verde dentro de su cartera regular, o mediante alianzas con fondos multilaterales.

En paralelo, el mecanismo implementa un diagnóstico institucional a las IFIs, con más de cincuenta variables que evalúan su capacidad financiera, operativa, ambiental y tecnológica. Este instrumento permite segmentar las IFIs según su nivel de preparación y diseñar planes de fortalecimiento diferenciados, siguiendo las recomendaciones de IDB (2020) y FAO & GIZ (2020) sobre finanzas climáticas en zonas rurales.

Desde el punto de vista social, el mecanismo incorpora una estrategia de educación financiera basada en las Escuelas de Campo, con materiales digitales y sesiones de formación adaptadas al perfil de los productores. Este enfoque busca mejorar la comprensión de los productos financieros, reducir la asimetría de información y fortalecer la relación entre productores y entidades financieras. Investigaciones recientes muestran que la educación financiera rural mejora significativamente el desempeño de las carteras y fortalece la sostenibilidad del crédito (Chowa *et al.*, 2012; OECD, 2019). La Tabla 1 sintetiza los elementos claves de diseño, sus funciones principales y el valor agregado que aportan en términos de sostenibilidad económica, social y ambiental.

Tabla 1. *Componentes del mecanismo financiero MAF-Ganadería-HN y su contribución a la sostenibilidad*

Componente	Función principal	Contribución a la sostenibilidad
Diagnóstico de barreras	Identificación de limitaciones estructurales del acceso al crédito	Permite diseñar un producto financieramente viable, socialmente aceptado y escalable
Producto financiero preferencial	Tasa del 4 %, plazos de 6 años, periodo de gracia de 12 meses	Adaptación al ciclo productivo y mejora de condiciones de acceso
Fondo de garantía parcial	Respaldo ante la falta de garantías reales por parte del productor	Facilita la inclusión financiera al reducir la barrera estructural de acceso al crédito
Escenarios financieros modelados	Simulaciones de TIR por tipo de tecnología	Sustento técnico-económico para IFIs y formuladores de política
Portafolio de tecnologías elegibles	Inversiones validadas con criterios técnicos y climáticos	Mitigación de GEI, eficiencia productiva y resiliencia
Diagnóstico institucional de IFIs	Evaluación de capacidades financieras, técnicas y ambientales	Selección estratégica de intermediarios y fortalecimiento institucional
Consideración de género	Priorización de mujeres productoras en el acceso al crédito	Avances hacia la equidad en el acceso financiero rural
Rol de BANHPROVI	Canalización de fondos, gestión del fondo de garantía, supervisión del mecanismo	Anclaje institucional dentro del sistema financiero nacional
Escuelas de Campo	Plataforma de formación, planificación y socialización del crédito	Acompañamiento técnico, apropiación local y reducción de barreras informativas
Educación financiera rural	Formación en gestión del crédito y prácticas sostenibles	Mejora de la confianza, del uso responsable del crédito y de la sostenibilidad social

La integración de estas dimensiones técnicas, financieras, institucionales, territoriales y sociales posiciona al mecanismo como una herramienta sólida, replicable y transformadora. Su diseño responde a una lógica de coherencia interna entre diagnóstico, formulación y validación, respaldada por evidencia técnica y experiencias internacionales. Esto lo convierte en una referencia para el diseño de mecanismos financieros sostenibles que promuevan una ganadería resiliente, inclusiva y baja en emisiones.



CONCLUSIONES

La experiencia del proyecto MAF-Ganadería-Honduras demuestra que es posible estructurar un mecanismo financiero inclusivo y técnicamente riguroso, capaz de responder a los desafíos estructurales del financiamiento rural en contextos ganaderos. La combinación de crédito con condiciones preferenciales, asistencia técnica obligatoria y una cartera de tecnologías validadas ha permitido construir un instrumento coherente con los objetivos de mitigación del cambio climático, la resiliencia productiva y la inclusión social.

El diseño del mecanismo ha permitido abordar limitaciones históricas como la falta de garantías reales, la desadaptación de los productos financieros al ciclo ganadero y la desconexión entre la inversión productiva y el acompañamiento técnico. Al establecer una condicionalidad técnica explícita y utilizar las Escuelas de Campo como plataforma de articulación territorial, el crédito se convierte en un proceso estructurado de aprendizaje, planificación y corresponsabilidad.

El portafolio de tecnologías elegibles, compuesto por prácticas como los sistemas silvopastoriles, los biodigestores, la cosecha de agua y el manejo nutricional y reproductivo, está alineado con las prioridades nacionales de acción climática y representa una vía concreta para reducir emisiones, mejorar la eficiencia del uso de recursos y aumentar la competitividad del sector ganadero hondureño.

La participación de BANHPROVI como institución financiera pública de segundo piso ha sido determinante para garantizar la operatividad, trazabilidad y sostenibilidad del instrumento. Su rol como articulador del flujo financiero, administrador del fondo de garantía y coordinador con las instituciones financieras intermediarias ha consolidado una estructura funcional que puede mantenerse y escalarse más allá del horizonte del proyecto.

La incorporación de un diagnóstico institucional para las IFIs, junto con una estrategia de educación financiera en proceso de implementación, refuerza la lógica de sostenibilidad institucional del modelo. Estas acciones permiten no solo operar un producto crediticio específico, sino también fortalecer las capacidades del sistema financiero rural en su conjunto para integrar criterios de sostenibilidad ambiental y climática en su oferta regular.

La experiencia acumulada y los aprendizajes generados a lo largo del proceso posicionan al mecanismo como una referencia técnica replicable en otros territorios y sectores. Su enfoque integral y su anclaje en estructuras existentes del sistema financiero nacional ofrecen condiciones habilitantes para su expansión, al tiempo que fortalecen la coherencia entre las políticas de financiamiento, los objetivos climáticos y las estrategias de desarrollo rural sostenible.

BIBLIOGRAFÍA

CATIE. 2023. Lineamientos técnicos para la implementación de mecanismos financieros en el sector ganadero. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.

Chambers, R. 1994. Participatory rural appraisal (PRA): Challenges, potentials and paradigm. World Development, 22(10), 1437–1454. https://doi.org/10.1016/0305-750X(94)90030-2

Chowa, G.A., Masa, R., Ansong, D. 2012. Financial education and asset building for children and youth. Children and Youth Services Review, 34(12), 2432–2442. https://doi.org/10.1016/j.childyouth.2012.09.017

FAO. 2017. Ex-Ante Carbon-balance Tool (EX-ACT): Guidelines for users. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

FAO. 2021. FAOSTAT: Emissions – Agriculture. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. https://www.fao.org/faostat

FAO & GCF. 2022. Green climate finance for low-emission livestock development. Food and Agriculture Organization of the United Nations & Green Climate Fund.

FAO & GIZ. 2020. Inclusive green finance: Practices and lessons from the agriculture sector. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura & Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ).

FAO & IICA. 2017. Ganadería sostenible en América Latina y el Caribe: Avances y oportunidades. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura & Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.

GCF. 2020. Country programme: Green Climate Fund engagement with Honduras. Green Climate Fund.

GCF. 2021. Enhancing access to climate finance for smallholder farmers. Green Climate Fund.

Gerber, P.J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., Falcucci, A., Tempio, G. 2013. Tackling climate change through livestock: A global assessment of emissions and mitigation opportunities. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

GIZ. 2020. Green finance for sustainable livestock production. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ).

IDB. 2020. Financial inclusion of smallholder farmers in Latin America. Inter-American Development Bank.

IDB. 2022. Guarantee funds for agricultural financing: Experiences and lessons. Inter-American Development Bank.

IDB Invest. 2021. Environmental, social and governance (ESG) management in financial institutions. Inter-American Development Bank Invest.

OECD. 2019. Responsible business conduct for institutional investors. Organisation for Economic Co-operation and Development.

Peters, M., et al. 2013. Climate-smart livestock technologies in practice. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).

SAG. 2020. Plan Nacional de Ganadería Sostenible de Honduras. Secretaría de Agricultura y Ganadería.

SERNA. 2021. Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero. Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente.





CV-05. Contribución al desarrollo de cadenas de valor durante la implementación del Proyecto MAS

Contribution to the development of value chains during the implementation of the MAS Project

N. Puig Rosales[1]; A. Socorro García[1]; Y.O. Hernández Fernández[1]; R. Ortiz Pérez[2]; R. Castillo Mestre[3]; W. Cabrera[4]; E. Pérez Mateo[5]; G. Chávez Salomón[6]; Z. Lozada López[7]; C. Díaz Isaac[8]; Y. Quindelan[9]; R. Acosta Roca[10]; J. Castillo[10]; Y. Sánchez Rodríguez[10]*

[1]Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical "Alejandro de Humboldt" (INIFAT).

[2]Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas.

[3]Universidad Isla de la Juventud

[4]Delegación de la Agricultura Güira de Melena

[5]CUM Güines

[6]Empresa Agropecuaria Horquita

[7]CUM Ciego de Ávila

[8]ACTAF Santiago de Cuba

[9]Delegación Provincial de la Agricultura Guantánamo (Cuba)

[10]FAO- Cuba

[*]Correspondencia a: neemproy@inifat.co.cu, niurkapuig4@gmail.com

RESUMEN

Para promover la producción de alimentos, desde 2022 se implementa el proyecto "Modelos Agroecológicos Sostenibles" con el objetivo de fomentar la producción agroecológica de alimentos en 8 municipios del país. La iniciativa es coordinada entre INIFAT e INCA, implementada por FAO-Cuba y financiada por Unión Europea. Apoyados por el proyecto se han fortalecidos eslabones de diversas cadenas de valor. Para ello, se entregaron recursos e instrumentos agrícolas, se han mecanizado procesos: ordeño de cabras en cinco unidades; beneficio y conservación de semillas en 10 unidades. De igual modo, se encadenaron las unidades con especialistas que certifican la producción de semillas. Se fortaleció la cadena de valor de plantas medicinales y se diversificaron los productos finales. Además, para potenciar mejoras genéticas del ganado, se fortaleció un laboratorio en el CIPB para trabajar la inseminación artificial. Se ha impulsado el uso de prácticas de manejo y conservación de suelos y el acceso a los fondos, del Programa Nacional del MINAG, que ha financiado su implementación. Igualmente, la incorporación de la lumbricultura, ha generado empleos e ingresos a los agricultores. El eje de formación de capacidades ha sido transversal a todos los procesos, se habilitaron 15 Centros de Gestión del Conocimiento y se han formado 3067 actores. Se han realizado ferias de biodiversidad e intercambio de semillas donde han participado 437 actores; se han realizado intercambios entre productores de 16 municipios del país, en alianzas con otros proyectos. Todas las acciones han contribuido a fortalecer los Sistemas Alimentarios Locales (SAL).

Palabras clave: *cadenas, proyecto, Sistemas Alimentarios Locales*

ABSTRACT

The project "Sustainable Agroecological Models" has been executed since 2022 for promoting food production through agroecological management in eight municipalities in Cuba. The initiative is carried out through INIFAT and INCA, implemented by FAO-Cuba office while the European Union is the financier. Several value chains have been strengthened by support from the project. For these purposes, agricultural resources and tools have been provided, and processes have been mechanized: goat milking in five units; and seed processing and conservation in 10 units. In the same way, the units were linked to specialists who certify seed production. The medicinal plant value chain was improved, and final products were diversified. In addition, to enhance genetic improvements in livestock, a laboratory at the CIPB (Central Biodiversity Center) was strengthened to work on artificial insemination. The use of conservation management practices for soil has been promoted applying the access to funds from the MINAG National Program, which has financed their implementation. Likewise, the vermiculture incorporation has generated jobs and income for farmers. Capacity building has been central to all processes; 15 Knowledge Management Centers have been established, and 3,067 stakeholders have been trained. Several biodiversity fairs and seed exchanges have been held, with the participation of 437 stakeholders; exchanges have taken place between producers in 16 municipalities, using partnership with other projects. All actions have contributed to strengthening Local Food Systems (LFS).

Keywords: *chains, project, Local Food Systems*

INTRODUCCIÓN

El incremento de la producción de alimentos es una de las prioridades del estado cubano. En dicho contexto las iniciativas que apoyan el desarrollo de los Sistemas Alimentarios Locales (SAL) han cobrado auge ya que, tienen como punto de partida una producción local y se centran en la adquisición de alimentos en la misma región o zona geográfica donde se van a consumir, lo que facilita comprar y consumir productos alimentarios de proximidad o productos km cero (Amat, 2024).

"La Ley de Soberanía Alimentaria y Seguridad Alimentaria y Nutricional, aprobada en Cuba, define los SAL como los actores, procesos y recursos vinculados con la producción, transformación, comercialización y el consumo de alimentos en el municipio y sus interrelaciones, en correspondencia con las dimensiones sociales, políticas, económicas, tecnológicas y medioambientales para alcanzar la soberanía alimentaria, fortalecer la seguridad alimentaria y nutricional y garantizar el derecho a la alimentación de las personas" (Asamblea Nacional del Poder Popular, 2022). Se consideran los sistemas alimentarios locales soberanos cuando sus actores participan de las estrategias, planes y demás decisiones municipales sobre la producción, transformación, comercialización, distribución y consumo de alimentos y utilizan, de forma prioritaria, recursos e insumos propios del municipio, con el fin de disminuir las importaciones para garantizar una alimentación sana y adecuada a la población (Ramos, 2023).

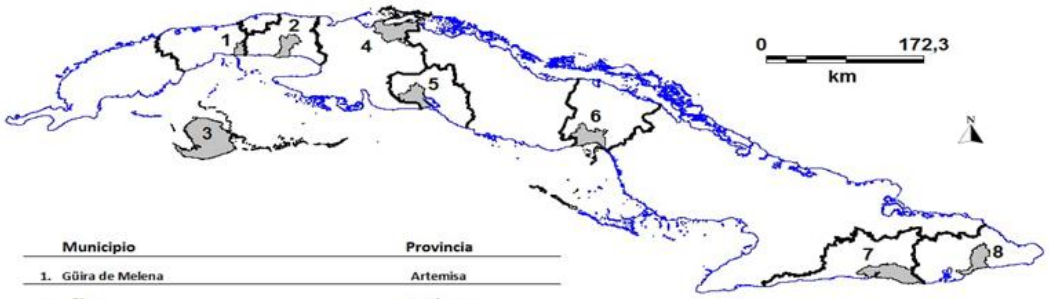
El sistema abarca todos los procesos que intervienen en la cadena alimentaria, desde la producción agrícola y ganadera, hasta la comercialización y el consumo final de los productos alimenticios. Se debe hacer hincapié en la relevancia de mantener el conjunto de procesos dentro de un ámbito geográfico cercano o de proximidad al consumidor final (Amat, 2024).

El establecimiento de procesos bajo un enfoque de cadena facilita la reutilización de residuos de diferentes actividades como insumos para establecer nuevas producciones, lo que abarata los costos. Asimismo, al establecer un ciclo cerrado de producción, se disminuye la dependencia de insumos externos y se fortalecen las unidades productivas de una localidad y por ende los SAL.

Este enfoque es el que debe promoverse en cada localidad, y los proyectos de colaboración internacional son una poderosa herramienta para lograrlo. Éstos incluyen dentro de su accionar la formación de actores a través de la gestión del conocimiento y la adquisición de equipos, herramientas e insumos, que humanizan el trabajo e incrementan la producción. Paralelo a ello, viabilizan el acceso de la base productiva a nuevas fuentes de ingresos.

DESARROLLO

Durante el periodo 2022-2025 se ha implementado el proyecto "Modelos pilotos, horizontales y sostenibles, de gestión del conocimiento y transferencia de tecnología en agroecología" (MAS) en 8 municipios del país. El objetivo de esta iniciativa es fomentar la producción agroecológica de alimentos y el encadenamiento productivo para fortalecer los SAL. La coordinación del proyecto se realiza entre el INIFAT y el INCA, es implementado por la FAO-Cuba y financiado por el programa DeSIRA de la Unión Europea. Las zonas de incidencia incluyen territorios del occidente, el centro y el oriente cubano, según se refleja en la Figura 1.



Municipio	Provincia
1. Güira de Melena	Artemisa
2. Güines	Mayabeque
3. Municipio Especial Isla de la Juventud	-
4. Martí	Matanzas
5. Abreu	Cienfuegos
6. Venezuela	Ciego de Ávila
7. Santiago de Cuba	Santiago de Cuba
8. San Antonio del Sur	Guantánamo

Figura 1. *Zonas de implementación del proyecto MAS*

Esta iniciativa está establecida en territorios donde ya se habían implementado otros proyectos de colaboración internacional como: "*Proyecto Innovación Agropecuaria Local*" (PIAL) coordinado por el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), "*La biomasa como fuente renovable de energía en el medio rural cubano"* (BIOMAS-Cuba) coordinado por la Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey (EEPFIH); ambas Instituciones pertenecientes al Ministerio de Educación Superior (MES); "*Contribución a la restauración ecológica en cuatro sitios mediante el sistema de manejo con técnicas de Forestería Análoga*" (Foresteria Análoga) coordinado por el Instituto de investigaciones Agroforestales de Cuba (INAF) perteneciente al Grupo Agroforestal (GAF) y "*Apoyo de la Agricultura Sostenible en Cuba*" (PAAS) coordinado por la Asociación de Técnicos Agrícolas y Forestales (ACTAF). Estos antecedentes fueron favorables para la implementación del Proyecto MAS, ya que los territorios contaban con capacidades locales ejecutivas y de coordinación que han facilitado el trabajo, hecho que se refleja en los impactos alcanzados a corto plazo.

Mediante las acciones del proyecto se han fortalecidos eslabones de diversas cadenas de valor, para impulsar el desarrollo de los SAL. A continuación, se refieren algunos de los impactos territoriales logrados:

1- Mecanización del proceso de ordeño de cabras

Esta actividad se fortaleció en los territorios que contaban con mayores avances en la crianza caprina. Sobre la base de los resultados de un diagnóstico y de los criterios de los coordinadores nacionales de los proyectos implementados previamente (PIAL, BIOMAS- Cuba, Foresteria Análoga y PAAS), se apoyaron 5 unidades productivas (Tabla 1). A las mismas, se les entregó un ordeñador mecánico (Figura 2) para mejorar la eficiencia del proceso de ordeño. Está prevista una segunda fase, con el objetivo de diversificar las producciones e impulsar la elaboración de queso de cabra.

Tabla 1. *Unidades donde se mecanizó el proceso de ordeño*

Provincia	Municipio	Base Productiva	Unidad Productiva
	Isla juventud	Empresa Ganadera- UEB ganado menor	La Reforma- Centro multiplicador caprino. Vaquera 8
Mayabeque	Güines	CCS Nguyen Vantroy	Finca San Miguel
Cienfuegos	Abreu	UEB Comercial. Emp. Agrop. Horquita / CPA 28 de enero	Finca D-Lanto
Ciego de Ávila	Venezuela	CCS El Vaquerito	Sede de la CCS El Vaquerito
Santiago de Cuba	Santiago de Cuba	CCS Generación del centenario	Finca El Mirador



Figura 2. *Ordeñador mecánico entregado a beneficiarios del proyecto MAS*

2- Fortalecimiento de la cadena de valor para la producción de semillas

Por la importancia de la actividad de producción de semillas para alimento humano y animal se fortalecieron unidades agrícolas en todas las zonas de implementación para estimular la producción nacional y disminuir las importaciones de este insumo (Tabla 2).

Tabla 2. *Unidades donde se fortaleció la producción de semillas*

Provincia	Municipio	Base Productiva	Unidad
	Isla Juventud	CCS Abel Santamaria	Finca 25 de noviembre
La Habana	Boyeros	GAG	INIFAT
Artemisa	Güira	CCS "1ro de Mayo"	Finca Villega
Mayabeque	Güines	CCS Porfirio Alvarez	Finca La Ayala
	San José	MES	INCA
Matanzas	Marti	CCS Pedro Gonzales	Finca El Laurel
Cienfuegos	Abreu	UEB Comercial. Emp. Agrop. Horquita / UBPC Che Guevara	Finca Municipal de semillas
Ciego de Ávila	Venezuela	CCS "El Vaquerito"	Finca La Aurora
Santiago de Cuba	Santiago de Cuba	CCS "Generación del Centenario"	Finca La Fortaleza 2
Guantánamo	San Antonio del Sur	Empresa Agropecuaria San Antonio del Sur-GAG	Finca Municipal de semillas

En el caso de estas unidades, se fortalecieron los eslabones de producción (tractor, herramientas e insumos agrícolas, sistemas de riego), beneficio (máquina trilladora de semillas, máquina clasificadora de semillas, báscula), conservación (split de 5 ton, frascos para conservar, balanza analítica, determinador de humedad).

Para fortalecer el eslabón de comercialización, se establecieron alianzas con la Dirección de Semillas del MINAG. Se realizó un taller nacional donde participaron los especialistas de las Delegaciones Territoriales de la Agricultura (responsables de acompañar el proceso y certificar las producciones de semillas), los coordinadores territoriales del proyecto MAS y los beneficiarios directos de las unidades seleccionadas. El objetivo de la actividad fue propiciar el encadenamiento de estos actores para que las semillas obtenidas, en las fincas beneficiarias, se certifiquen y comercialicen. Paralelo a ello, se establecieron intercambios con la Dirección de la Empresa Productora y Comercializadora de Semillas (EPCS) para dar a conocer estas acciones y, que identifiquen a las unidades beneficiarias como productoras de semillas.

Entre las fortalezas identificadas se encuentra el acompañamiento al proyecto por centros de investigación; esta alianza ha facilitado el acceso a niveles de semilla básica de diferentes especies. El INIFAT y el INCA han aportado semillas de alimento, entre ellas oleaginosas para la producción de aceite vegetal. Por su parte la EEPFIH ha entregado semillas de alimento animal. La premisa es que las cantidades de semillas categorizadas entregadas, en una primera fase deben multiplicarse para incrementar su disponibilidad. En una segunda fase, se debe disponer de cantidades mayores para comercializarlas con la EPCS y a otros interesados.

Como parte de la estrategia de desarrollo se han fortalecido además de las unidades beneficiarias, el INCA y el INIFAT. Estos institutos están vinculados a la coordinación de proyectos de colaboración y tienen en su misión la producción de semilla categorizada como original y básica para garantizar la producción de semilla comercial certificada.

3- Fortalecimiento de la cadena de valor de plantas medicinales

Debido a la demanda creciente de materia prima para la elaboración de medicamentos por el MINSAP, se trabajó la cadena de plantas medicinales. Se fortalecieron los eslabones de producción (herramientas e insumos agrícolas, bandejas de secado) y comercialización (máquina de té); está previsto fortalecer el de beneficio (secadores solares) en las fincas seleccionadas en cada territorio.

Como apoyo a esta línea de investigación se fortaleció el laboratorio de producciones especializadas del INIFAT (equipamientos e insumos de laboratorios, reactivos). Los recursos aportados permitirán realizar la caracterización físico – química de los componentes de las especies en estudio, contempladas en el cuadro básico de medicamentos, o con potencialidades para dicho uso. El instituto ha sido responsable de aportar la semilla de partida a las fincas municipales en todos los municipios del país, en sinergia con el Programa Nacional de Plantas Medicinales.

El Centro de Investigaciones del Plantas Proteicas y Productos Naturales (CIPB), ha desarrollado también un rol protagónico en esta línea de trabajo. La entidad fue beneficiada con la entrega de tres máquinas para la elaboración de bolsas de té (Figura 3). En su accionar ha estado el desarrollo de posibles formulaciones de material vegetal, que incluyen especies como la stevia (edulcorante natural). El objetivo de estas acciones va encaminado a la disminución de insumos externos e incrementar el nivel de aceptación de los productos terminados.



Figura 3. *Máquina de elaboración de bolsas de té*

La integración con la Dirección de Plantas Medicinales del MINAG ha sido fundamental. Se debe destacar que, en los municipios de Güira de Melena, Martí y Venezuela, no existía ninguna unidad productora de plantas medicinales y, con el accionar del proyecto MAS, ya se están incrementando las producciones y la diversidad de estas especies.

Al inicio del proyecto solo estaba concebido fortalecer el eslabón de producción para incrementar la materia prima con destino a la industria farmacéutica, pero, por la necesidad de diversificar los formatos de comercialización para acceder a nuevos mercados, se adquirieron las máquinas de té. Actualmente, se realizan estudios para comercializar las producciones terminadas en las tiendas recaudadoras de divisas. Esta alternativa permitirá establecer un sistema de pago en el cual, una parte de éste se realiza en divisa, así puede desarrollarse la unidad productiva y se incrementa la disponibilidad del material vegetal.

4- Fortalecimiento de un laboratorio para trabajar mejora genética en el ganado

Como parte de los resultados del proyecto PAAS se materializó la entrada de un rebaño de cabras murcianas a Cuba; dichos ejemplares se ubicaron en el Centro de Investigaciones del Plantas Proteicas y Productos Naturales (CIPB). El objetivo de la actividad fue disponer de ejemplares caprinos que aportaran material genético para trabajar el refrescamiento de los rebaños establecidos en el país, a partir de la inseminación artificial.

Como parte de las acciones del proyecto MAS se adquirió el equipamiento (set de inseminación, ecógrafo, equipos de laboratorios) y los insumos (instrumentos y cristalería) necesarios para establecer un laboratorio que asuma la actividad con el rigor que se requiere. También se adquirieron las hormonas para sincronizar el celo y poder manejar la reproducción.

Este apoyo del CIPB, a la base productiva, se extiende más allá de las zonas de implementación del proyecto MAS y será muy beneficioso para poder refrescar la genética de los rebaños caprinos existentes en Cuba.

5- Impulso de las prácticas de manejo y conservación de suelos

El suelo es un factor fundamental para un buen manejo de la cadena de producción de alimentos; es un parámetro determinante y se debe trabajar de manera cuidadosa para que no se deteriore y pueda seguir aportando su máxima capacidad (Hernández *et al.*, 2006).

En este sentido, los actores vinculados a la coordinación del proyecto, de conjunto con actores de la Dirección de Suelos y Fertilizantes del MINAG, se han enfocado en incrementar y certificar el uso de buenas prácticas de manejo en unidades productivas de las zonas de implementación. El objetivo de dicha acción, es facilitar el acceso al presupuesto del Programa Nacional de Manejo y Conservación de Suelos (PNMCS) que financia la implementación de las mismas. La Tabla 3 refleja el comportamiento anual en función de los indicadores evaluados (ha certificadas y acceso al presupuesto).

Tabla 3. *Hectáreas certificadas por prácticas de manejo de suelos y acceso a los fondos del PNMCS*

Municipio	2021		2022		2023		2024	
	Ha	Presup. asignado	Ha	Presup. asignado	Ha	Presup. asignado	Ha	Presup. asignado
Güira			12.07	344200.00				
Güines	336.00	2224160.87	14.00	309226.00	148.00	1591875.00	192.00	4080256.00
Venezuela	892.00	2460872.18	103.00	860000.00	166.20	500000.00	0.00	1200000.00
Santiago de Cuba	78.33	372044.48	0.01	48579.16	2.13	826538.62	51.93	2283393.78
Guantánamo	314.00	1134437.38	5.00	66283.84	123.60	338649.16	0.00	562790.84
TOTAL	**1620.33**	**6191514.91**	**134.08**	**1628289.00**	**439.93**	**3257062.78**	**243.93**	**8126440.62**

Aunque aparentemente al revisar la tabla existe disminución de la cantidad de hectáreas certificadas, con respecto a la línea base del 2021, se debe destacar que es debido a que se están destinando gran parte de los fondos, a la creación de centros de lombricultura que apoyen la producción de abonos orgánicos. En los municipios de Güira de Melena, Martí, Abreu y Venezuela ya están en funcionamiento estos centros productores y ha sido beneficioso para los territorios, con el incremento de la disponibilidad de materia orgánica beneficiando los ingresos de los productores vinculados a la actividad.

6- Formación de capacidades

La formación de capacidades ha sido un eje transversal para garantizar la sostenibilidad de las acciones del proyecto. Para facilitar la actividad, en cada territorio se habilitaron *Centros de Gestión del Conocimiento* (CGC); las unidades fortalecidas (Tabla 4) disponen de la infraestructura constructiva y el equipamiento necesario para facilitar los espacios de intercambio con la calidad requerida. También se les entregó bibliografía impresa para establecer una mini biblioteca y facilitar el acceso a diversa información de interés (Figura 4).

Tabla 4. *Unidades donde ese establecieron los CGC*

Provincia	Municipio	No	Nombre de la Unidad
	Isla juventud	1	Universidad
Artemisa	Güira	2	Centro Universitario Municipal
		3	Finca Villega
Mayabeque	Güines	4	Centro Universitario Municipal
	San José	5	INCA
Matanzas	Martí	6	Gobierno
		7	Delegación de la Agricultura
		8	Filial Universitaria Municipal
		9	IPA "Los Pinos Nuevos"
Cienfuegos	Abreus	10	Empresa Agropecuaria Horquita

Provincia	Municipio	No	Nombre de la Unidad
Ciego de Ávila	Venezuela	11	Centro Universitario Municipal
Santiago de Cuba	Santiago de Cuba	12	Universidad
Guantánamo	San Antonio del Sur	13	Centro Universitario Municipal
		14	Empresa Agropecuaria Café Pluriales
La Habana	Boyeros	15	INIFAT
		16	Instituto de ingeniería Agricola
	Playa	17	ACTAF Nacional
		18	CIPB



Figura 4. *Materiales entregados a los CGC*

En la Tabla 5 puede observarse la cantidad general de los actores capacitados. Los indicadores monitoreados son: género, edad y ocupación de los beneficiarios de cada proceso de enseñanza- aprendizaje. En varios casos se combinaron sesiones de trabajo teórico – prácticas y se realizaron visitas a unidades productivas de referencia en la utilización de buenas prácticas agrícolas, para el establecimiento de producciones agroecológicas.

Tabla 5. *Informaciones generales sobre los actores capacitados*

Periodo	Cantidad de Participante	Genero		Edad		Ocupación		
		M	F	Hasta 35	Mayores de 36	Agricultores	Directivos	Otros actores
Año 1	1037	510	527	132	905	139	133	765
Año 2	1050	593	457	237	813	290	82	678
Año 3	980	556	421	137	843	239	202	539
TOTAL	**3067**	**1659**	**1405**	**506**	**2561**	**529**	**284**	**1217**

En el caso de la formación de capacidades se debe destacar el rol activo de los territorios. Las capacitaciones se han organizado y convocado desde las coordinaciones nacional y territorial; en varias de ellas los fondos han sido aportados por la localidad u otras iniciativas articuladas con el proyecto MAS. Este accionar denota un gran compromiso de los beneficiarios, en cada zona de implementación, y ha permitido alcanzar las cifras de actores capacitados que se refieren en la Tabla 6

Tabla 6. *Informaciones generales sobre los actores capacitados, en función de la entidad que financió las actividades*

Periodo	Cantidad de Participante	Genero		Edad		Ocupación		
		M	F	Hasta 35	Mayores de 36	Agricultores	Directivos	Otros actores
Capacitaciones FINANCIADAS por proyecto								
Año 1	743	377	366	92	651	139	125	479
Año 2	395	224	171	107	288	103	45	247
Año 3	153	88	65	20	133	40	51	62
Subtotal	**1291**	**689**	**602**	**219**	**1072**	**143**	**96**	309
Capacitaciones NO FINANCIADAS por proyecto								
Año 1	199	89	110	29	170	0	8	191
Año 2	242	138	104	53	189	56	17	169
Año 3	546	298	245	84	462	153	103	290
Subtotal	**987**	**525**	**459**	**166**	**821**	**209**	**120**	**459**

Otra actividad impulsora de la formación de capacidades, que incide de forma directa en la diversificación de los SAL, ha sido la realización de ferias de biodiversidad. Estos espacios son valorados por los productores al ser protagonistas en los intercambios. Hasta el momento han participado 437 actores (Tabla 7) y varias de las actividades han sido coordinadas de manera local, lo que ha facilitado mayor alcance de productores. La experiencia aportada por los especialistas del INCA, vinculados al proyecto PIAL, ha sido fundamental para el montaje de las ferias de biodiversidad.

Se han propiciado espacios de intercambio de semillas en los que los agricultores, de conjunto con los Institutos, han tributado material vegetal para incrementar la biodiversidad SAL. Se destaca la entrega de semillas por el INIFAT, el INCA y la EEPFIH, como un actor más. Un ejemplo es, el aporte de semilla de quimbombó rojo (cultivado por un productor de Güira de Melena) que lo compartió en la primera feria y ya actualmente se produce en Venezuela y en San Antonio del Sur con muy buena aceptación.

La integración de actores vinculados a varias iniciativas de colaboración, que inciden en diferentes municipios, constituyen escenarios ideales para realizar acciones de extensión de buenas prácticas agrícolas y la incidencia en el territorio nacional es mucho mayor. A partir de la articulación del proyecto MAS, con otros proyectos, se han realizado ferias de biodiversidad e intercambio de semillas que involucra a actores de 10 provincias y 19 municipios. Las iniciativas articuladas con el proyecto MAS se refieren a continuación:

1- Proyectos implementados por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO)

- "Introducción de nuevos métodos agrícolas para la conservación y el uso sostenible de la biodiversidad, incluyendo recursos fito y zoogenéticos, en paisajes productivos en áreas seleccionadas de Cuba" (**COBIMAS**) que incide en Matanzas (Ciénaga de Zapata), Sancti Spíritus (Jobo Rosado y Tunas de Zaza) y Granma (Delta del Cauto).
- "La diversidad de recursos forrajeros en los sistemas ganaderos para atenuar el efecto del cambio climático en Cuba (**FITORED**)" que incide en Matanzas (Perico, Jagüey Grande y Martí) y en Camagüey (Camagüey, Najasa y Jimaguayu).

2- Proyecto implementado por la Agencia Italiana de cooperación para el desarrollo (AICS):

- "Mejoramiento de la resiliencia y adaptación al cambio climático en Guantánamo, Cuba" (**CCC-Cuba Resiliencia**) que incide en Guantánamo (Guantánamo, San Antonio del Sur, Imias y Maisi).



Tabla 7. *Cantidad de actores que han participado en Ferias de biodiversidad e intercambios de semillas*

Periodo evaluado	Cantidad de Participante	Genero		Edad		Ocupación		
		M	F	Hasta 35	Mayores de 36	Agricultores	Directivos	Otros actores
Ferias FINANCIADAS por el proyecto								
Año 2	249	157	92	45	204	99	6	144
Año 3	59	32	27	10	49	11	2	46
Subtotal	**308**	**189**	**119**	**55**	**253**	**110**	**8**	**190**
Ferias NO FINANCIADAS por el proyecto								
Año 2	28	15	13	6	22	12		16
Año 3	101	65	36	8	93	28	26	47
Subtotal	**129**	**80**	**49**	**14**	**115**	**40**	**26**	**63**

CONCLUSIONES

- → La implementación del proyecto MAS contribuye al fortalecimiento de cadenas de valor y la consolidación de los SAL.
- → La formación de capacidades locales garantiza la implementación de buenas prácticas, el acceso a nuevas formas de financiamiento y la sostenibilidad del proyecto.
- → La articulación de instituciones de investigación con la base productiva facilita el acceso a materiales como semillas, documentación técnica y el acompañamiento para obtener producciones de calidad.
- → La articulación con otras iniciativas de colaboración permite incrementar el alcance en el territorio nacional

BIBLIOGRAFÍA

Amat Llombart, P. 2024. Sistemas alimentarios locales y producción agroalimentaria de proximidad. Su funcionalidad en la protección de tierras agrícolas. Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros 263, 287-317.

Asamblea Nacional del Poder Popular. 2022. *Ley de Soberanía Alimentaria y Seguridad Alimentaria y Nutricional* (Ley 148). Gaceta Oficial de la República de Cuba, Edición Ordinaria No. 77. https://www.gacetaoficial.gob.cu/es/ley-148-de-2022-de-asamblea-nacional-del-poder-popular

Ramos Crespo, M.E. 2023. Los sistemas alimentarios locales sostenibles, garantes de la seguridad alimentaria y nutricional

Hernández, A., Morell, Ascanio, O., Morales, M., Bojórquez, I., García, N., García, D. 2006. El suelo. Fundamentos sobre su formación, los cambios globales y su manejo. Editorial de la Universidad Autónoma de Nayarit. 255p. ISBN:968833072.

CV-06. Caracterización socio-productiva de cerdos y cabras localmente adaptadas en sistemas silvopastoriles en dos provincias de Cuba

Socio-productive characterization of locally adapted pigs and goats in silvopastoral systems across two Cuban provinces

T. Sánchez Santana[1]; I. Urrutia Hernández[2]; A.P. Crespo[3]; I. Hernández Venereo[4]; E. Somarriba Chávez[4]; M. Rizo Álvarez[1]; D. Camejo Rodríguez[1]; Y. Pérez-Rodríguez[5] y A. Calzada-Diaz de Villega[5]*

[1]Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey (EEPFIH), Universidad de Matanzas, Cuba, Ministerio de Educación Superior, Cuba,

[2] Centro Universitario Municipal Viñales (CUM), Universidad de Pinar del Río Hermanos Saíz (UPR). Ministerio de Educación Superior, Cuba

[3] Centro Universitario Municipal La Palma (CUM), Universidad de Pinar del Río Hermanos Saíz (UPR). Ministerio de Educación Superior, Cuba

[4] CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza)

[5]Universidad de Cienfuegos Carlos Rafael Rodríguez, Ministerio de Educación Superior, Cuba

[*]Correspondencia a: tania@ihatuey.cu; tania221111@gmail.com

RESUMEN

Se realizaron diagnósticos en los municipios de Cumanayagua y Abreus (Cienfuegos) y en áreas de Viñales y la Palma de bosques de *Pinus caribaea-Quercus cubana* en Pinar del Río, Cuba, con el objetivo de caracterizar la situación socio-productiva de la crianza caprina y porcina en sistemas silvopastoriles. El estudio caracterizó los sistemas de producción porcina y caprina en Pinar del Río (Viñales y La Palma) y Cienfuegos (Cumanayagua), analizando su distribución geográfica, perfil de productores y prácticas productivas. Geográficamente, se encontró una distribución desigual, con predominio de Viñales (51,8%) y La Palma (48,2%) en Pinar del Río, mientras que en Cienfuegos el 89,3% de los productores se concentró en Cumanayagua, particularmente en el consejo popular Camilo Cienfuegos (60,7%). Demográficamente, destacó el predominio masculino (98% en porcicultura), con productores de 30 a 65 años de edad y nivel educativo medio (55,4% en Pinar del Río y 66,1% en Cienfuegos), cuya experiencia superaba los 20 años en la actividad. En el aspecto productivo, los sistemas caprinos mostraron una base alimentaria diversificada (42,9% combinaba bosques naturales, pastos y forrajes) y preferencia por animales mestizos (69,6% criollo-Nubia), manteniendo el pastoreo extensivo como práctica predominante. Para los porcinos, sobresalió el uso de la raza Criollo Pinareño (83,9%) Si bien estos sistemas demostraron sostenibilidad mediante la integración de recursos locales, el estudio identificó desafíos importantes como el envejecimiento de la población productora y la necesidad de capacitación en manejo agroecológico para garantizar la sostenibilidad a largo plazo de estos modelos productivos.

Palabras clave: *productividad caprina, pastoreo extensivo, cerdo criollo, sistemas silvopastoriles, sostenibilidad, diagnóstico socio-productivo.*

ABSTRACT

Diagnostics were conducted in the municipalities of Cumanayagua and Abreus (Cienfuegos) and in areas of Viñales and La Palma, within *Pinus caribaea-Quercus cubana* forests in Pinar del Río, Cuba, with the aim of characterizing the socio-productive situation of goat and pig farming in silvopastoral systems. The study characterized pig and goat production systems in Pinar del Río (Viñales and La Palma) and Cienfuegos (Cumanayagua), analyzing their geographical distribution, producer profiles, and production practices. Geographically, an uneven distribution was found, with a predominance of Viñales (51.8%) and La Palma (48.2%) in Pinar del Río, while in Cienfuegos, 89.3% of producers were concentrated in Cumanayagua, particularly in the *Camilo Cienfuegos* popular council (60.7%). Demographically, there was a notable male predominance (98% in pig farming), with producers aged 30 to 65 and a medium educational level (55.4% in Pinar del Río and 66.1% in Cienfuegos), whose experience exceeded 20 years in the activity. In terms of production, goat systems showed a diversified feed base (42.9% combined natural forests, pastures, and forages) and a preference for crossbred animals (69.6% Creole-Nubian), maintaining extensive grazing as the predominant practice. For pigs, the use of the *Criollo Pinareño* breed stood out (83.9%). While these systems demonstrated sustainability through the integration of local resources, the study identified significant challenges, such as the aging producer population and the need for training in agroecological management to ensure the long-term sustainability of these production models.

Keywords: *goat productivity, extensive grazing, Creole pig, silvopastoral systems, sustainability, socio-productive diagnostic.*



INTRODUCCIÓN

En Cuba, los sistemas pecuarios extensivos basados en el aprovechamiento de bosques naturales constituyen una alternativa productiva clave para la seguridad alimentaria y el desarrollo rural sostenible. Dos ecosistemas forestales destacan por su importancia en la crianza de animales: los bosques de *Pinus caribaea-Quercus cubana* en Pinar del Río, donde se crían cerdos criollos, y los matorrales de Cienfuegos, que sustentan la producción caprina.

En la provincia de Pinar del Río, la vegetación se caracteriza por bosques mixtos dominados por *Pinus caribaea* var. *caribaea* y *Quercus cubana* (encino), con mayor presencia en los municipios de Minas de Matahambre, La Palma y Viñales. Este último concentra casi el 78 % de los encinares provinciales, junto con una cobertura significativa de pinares (12,3 %). *Quercus cubana*, única en la flora cubana, desempeña un papel crucial en la crianza extensiva de cerdos criollos, cuya dieta se basa en bellotas, complementada con cultivos como yuca (*Manihot esculenta*) y maíz (*Zea mays*). Sin embargo, estos sistemas no han sido suficientemente valorados como modelos de producción sostenible basados en recursos naturales.

Por otro lado, la producción caprina ha crecido a nivel global, con más de 1 045 millones de cabezas en 2018 (FAO, 2020). En Cuba, el rebaño caprino supera 1,7 millones de animales, manejados principalmente por pequeños productores en sistemas extensivos y semi-intensivos. En Cienfuegos, la ganadería ocupa 30 511 ha, con un inventario caprino que alcanzó las 7 626 cabezas en el sector cooperativo de Cumanayagua en 2020. La provincia cuenta con una cobertura forestal del 18 %, donde los bosques naturales (66 192 ha) y los sistemas silvopastoriles ofrecen potencial para la producción de carne y leche de cabra, contribuyendo a la soberanía alimentaria. No obstante, estos sistemas enfrentan limitaciones como la estacionalidad forrajera y falta de visibilidad como estrategias territoriales sostenibles.

Ante esta situación, el diagnóstico socio-productivo se revela como herramienta fundamental para el desarrollo sectorial (Garaicoa-Fuentes *et al.*, 2023). Diversas metodologías han sido propuestas para este fin, desde enfoques de campesino a campesino (Romero-Lozada *et al.*, 2023) hasta modelos de resiliencia socioecológica (Casimiro-Rodríguez *et al.*, 2020; Vázquez-Moreno y Alvarez-Negrín, 2022). En este contexto, el objetivo del estudio fue caracterizar la situación socio-productiva de cerdos y cabras localmente adaptadas en sistemas silvopastoriles en dos provincias de Cuba

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló en dos regiones de Cuba con sistemas pecuarios basados en el aprovechamiento de bosques naturales. En la provincia de Pinar del Río, se trabajó en los municipios de Viñales (22°38' latitud norte y 83°43' longitud oeste) y La Palma (22°45' latitud norte y 83°31' longitud oeste), caracterizados por bosques de *Pinus caribaea* y *Quercus cubana*, donde se evalúo la cría extensiva de cerdos criollos. Por otro lado, en la provincia de Cienfuegos, el diagnóstico se realizó en fincas caprinas del circuito sur de Cumanayagua (consejos populares Gavilán, Arimao, La Vega, Camilo Cienfuegos, Yaguanabo y Cabagan) y el municipio de Abreus, enfocado en sistemas de producción caprina en áreas de matorrales.

Las condiciones climáticas mostraron diferencias entre regiones. En Pinar del Río, la temperatura media anual fue de 24,7°C en Viñales y 25-26°C en La Palma, con precipitaciones entre 1,400-1,800 mm anuales, concentradas en mayo-octubre. En Cienfuegos, las zonas costeras presentaron temperaturas de 22-31°C y precipitaciones medias de 1,415-1,608 mm, también con marcada estacionalidad. Los suelos variaron desde Aluviales y Fersialíticos en Cumanayagua hasta Rendzinas en Abreus, lo que influyó en los sistemas productivos.

La metodología combinó enfoques participativos y cuantitativos. Se aplicó el Diagnóstico Rural Participativo adaptado a cada contexto, complementado con herramientas como la propuesta de Resiliencia socioecológica y metodologías para fincas resilientes. En total se encuestaron 57 fincas porcinas en Pinar del Río y 56 caprinas en Cienfuegos. Los instrumentos de recolección incluyeron 12-13 secciones que evaluaron dimensiones sociales (edad, género, escolaridad), productivas (razas, manejo, alimentación) y económicas (tenencia de tierra, comercialización).

El proceso involucró talleres preliminares con investigadores y productores para validar los instrumentos, seguido de la aplicación de encuestas mediante talleres grupales y visitas a fincas seleccionadas. En Pinar del Río se caracterizó el uso de bellotas y sistemas agroforestales para cerdos, mientras en Cienfuegos se analizó el manejo de rebaños caprinos (reproductores, producción lechera). Los datos cualitativos se codificaron para su análisis estadístico en SPSS®, aplicando pruebas de chi-cuadrado y Duncan ($p \leq 0.05$).

El análisis multidimensional integró tres ejes: social (género, educación), productivo (base alimentaria, genética) y económico (acceso a recursos, comercialización). Esta aproximación permitió comparar ambos sistemas silvopastoriles bajo un marco analítico común, respetando sus particularidades ecológicas y socioeconómicas. La participación fue voluntaria y se adaptaron las estrategias de muestreo a las limitaciones logísticas de cada territorio, priorizando el trabajo grupal con productores.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Distribución geográfica de los productores. En el estudio realizado en Pinar del Río, se observó que el 51.8% de los productores encuestados pertenecían al municipio de Viñales, mientras que el 48.2% correspondía a La Palma, sin diferencias significativas entre ambos ($p > 0.05$). A nivel de consejos populares, Los Jazmines presentó la mayor representación (23,2%), seguido de La Palma (14,3%), República de Chile (12,5%), La Jagua (12,5%) y Santos Cruz (12,5%), mostrando diferencias significativas ($p = 0,001$) con otros consejos como Viñales (8,9%) y Sanguily (1,8%) (Cuadro 1).

Cuadro 1. *Distribución de los productores por municipio.*

Variable	No.	%	± EE y Significativas
Municipio			
Viñales	29	51,8	± 6,6 p > 0,05
La Palma	27	48,2	
Consejo popular			
Los Jazmines	13	23,2 [a]	± 3,84 p = 0,001
La Palma	8	14,3 [ab]	
República de Chile	7	12,5 [ab]	
La Jagua	7	12,5 [ab]	
Santos Cruz	7	12,5 [ab]	
Viñales	5	8,9 [b]	
Mil Cumbres	3	5,4 [b]	
Hermanos Balcón	2	3,6 [b]	
Santa Fé	2	3,6 [b]	
Sanguily	1	1,8 [b]	
San Andrés	1	1,8 [b]	
Total	56	100	

[a,b] Letras distintas indican diferencias significativas para p < 0,05

En Cienfuegos, el 89.3% de los productores se ubicaron en Cumanayagua, destacándose el consejo popular Camilo Cienfuegos (60,7%), seguido de La Sierrita (19,6%). En contraste, Abreus y otros consejos presentaron una representación mínima (<2%), evidenciando una distribución desigual en la provincia (Cuadro 2).

Cuadro 2. *Distribución de los productores por municipio y consejo popular.*

Variable	No.	%	± EE y Significación
Municipio			
Cumanayagua	49	89,3	± 6,68 p = 0,001
Abreus	7	10,7	
Consejo popular			
Arimao	2	3,6 [c]	± 4,20 p = 0,001
La Sierrita	11	19,6 [b]	
Gavilán	2	3,6 [c]	
Camilo Cienfuegos	34	60,7 [a]	
Cabagán	1	1,8 [c]	
Abreus	2	3,6 [c]	
Cieneguita	1	1,8 [c]	
Charcas	2	3,6 [c]	
Constancia	1	1,8 [c]	

[a, b y c] Letras distintas indican diferencias significativas según Duncan para p < 0,05



Perfil demográfico y educativo. La edad de los productores mostró una distribución heterogénea. En Pinar del Río, predominaron grupos entre 30 y 65 años, con mayor frecuencia en edades como 50, 57 y 65 años (Cuadro 3). En Cienfuegos, las edades oscilaron entre 33 y 65 años, con picos en 51, 52, 56 y 65 años (7% cada uno).

Respecto al nivel educativo, en Pinar del Río el 55.4% de los productores tenían educación media, seguidos por un 28.6% con nivel superior y 16,1% con básica (p = 0.001). En Cienfuegos, el 66,1% alcanzó el nivel medio, mientras que el 23,2% tenía educación básica y solo el 10,7% superior (p = 0,001). Estos resultados sugieren una base educativa adecuada para implementar programas de capacitación, especialmente en prácticas sostenibles de producción animal (Cuadro 3).

Cuadro 3. *Distribución de los productores por nivel de escolaridad.*

Nivel de escolaridad	No.	%	± EE y Significativas
Pinar del Río			
Básico	9	16,1 [b]	± 6,30 p = 0,001
Medio	31	55,4 [a]	
Superior	16	28,6 [b]	
Cienfuegos			
Básico	13	23,2 [b]	± 6,30 p = 0,001
Medio	37	66,1 [a]	
Superior	6	10,7 [b]	
Total	112	100	

[a y b] Letras distintas indican diferencias significativas según Duncan para p < 0,05

Género, experiencia en la actividad y edad de los productores. En ambas regiones predominó el liderazgo masculino. Tomando en cuenta los diagnósticos desarrollados (n=56), la actividad de cría de cerdos criollos está predominada por hombres, donde el 98% son hombres y solamente un 2% (una persona) es mujer. Las personas productoras tienen en promedio 28 años de dedicarse a la actividad (+/-15 años). Además, el promedio de edad de las personas participantes del diagnóstico fue de 52 años (+/-14), patrón similar al reportado en Costa Rica (16,8%) y Cuba (Delgado-Fernández, 2016). La actividad caprina cuenta con una mayor participación masculina (84%). Las personas productoras tienen en promedio 20 años de dedicarse a la actividad (±13,3); la persona con mayor experiencia se ha dedicado a esta actividad durante 60 años.

Esta disparidad refleja roles tradicionales de género, donde las mujeres suelen asumir tareas domésticas o de especies menores, aunque su participación activa en la gestión productiva puede desafiar estas normas (Castillo-Echeverría, 2022).

Dimensión productiva. En la Cuadro 4 se muestra la distribución de la base alimentaria utilizada en la crianza de caprinos. Se destaca que 24 productores (el 42,9 %) utilizan la combinación de bosques naturales con pastos y forrajes, seguido por un 37,5 % de fincas que incluyen, además de los bosques naturales y los pastos y forrajes, los residuos de cosecha (p = 0,001). Además, se observa que el 14,3 % de los productores (8) emplean combinación de bosques naturales con pastos y, el 5,4 %, se corresponde con sistemas de pastos y forrajes, utilizados de forma independiente. Es importante mencionar que no se encontraron registros de fincas donde los animales sean alimentados exclusivamente con pastos.

Cuadro 4. *Distribución de la base alimentaria para la crianza de caprinos.*

Base alimentaria	No.	%	± EE y Significación
Bosques naturales + pastos + forrajes	24	42,9 [a]	± 4.98 p = 0.001
Bosques naturales + pastos + forrajes/residuos de cosecha	21	37,5 [a]	
Bosques naturales + pastos	8	14,3 [b]	
Pastos + forrajes	3	5,4 [b]	
Pastos	0	0 [b]	
Total	56	100	

[a y b] Letras distintas indican diferencias significativas según Duncan para p < 0.05

Delgado-Fernández (2016) considera que, en los diferentes sistemas de crianza del ganado caprino en Cuba, la base alimentaria está muy afectada por la variabilidad estacional de los recursos forrajeros, lo que condiciona, de manera importante, el estado nutricional de los animales a lo largo del año, pero principalmente, en la época poco lluviosa, cuando la disponibilidad y calidad de los pastos disminuyen considerablemente.

La base alimentaria de los caprinos en los municipios estudiados muestra una notable diversidad, integrando cuatro componentes principales que garantizan una dieta equilibrada. Los bosques naturales aportan especies leñosas de valor forrajero, mientras que los pastos, constituidos principalmente por gramíneas nativas, sirven como base para el pastoreo. Se completan los animales con los forrajes que incluyen leguminosas y otras especies vegetales, y los residuos de cosecha -provenientes de cultivos de granos, raíces, frutales y caña- incorporan subproductos agrícolas que enriquecen la oferta alimenticia. Esta combinación estratégica de recursos naturales y derivados de la actividad agrícola demuestra un sistema de alimentación integral que aprovecha eficientemente los recursos disponibles en el ecosistema local.

Los caprinos muestran una marcada selectividad alimentaria, prefiriendo especies vegetales con mayor valor nutricional, característica que los convierte en agentes efectivos para el manejo de vegetación invasora (Pacheco-Hernández y Jerónimo-Hernández, 2023). Su patrón de pastoreo presenta variaciones circadianas, con mayor actividad durante las horas de menor temperatura ambiental (Maldonado-Enríquez y Montes-Sánchez, 2019).

Los animales mestizos producto del cruce del criollo con otros raciales es la más comúnmente empleada (p = 0,001), representando el 69,6 % del total, seguida de la raza Nubia, con un 26,8% (Cuadro 5). El 100% de los productores respondieron que emplean el pastoreo extensivo y la estabulación durante la noche.

Cuadro 5. *Tipo de animales que se emplea en la crianza de caprinos.*

Tipo de animales	No.	%	± EE y Significación
Mestizo (Cruce de Criollo)	39	69,6 [a]	± 5.79 p = 0.001
Nubia	15	26,8 [b]	
Boer	1	1,8 [c]	
No conoce	1	1,8 [c]	
Total	56	100	

[b y c] Letras distintas indican diferencias significativas según Duncan para p < 0,05

El estudio predomina el mestizaje (69.6%) entre criollos y otras razas (como la Nubia, 26.8%), combinando adaptabilidad con productividad. La mayoría de los productores optan por sistemas extensivos, basados en la alimentación natural que depende de las lluvias y la disponibilidad de forraje. Este método, aunque menos productivo durante la sequía, favorece la resiliencia de ganado criollo frente a condiciones extremas (Sejian *et al.*, 2021). El pastoreo libre permiten aprovechar materiales vegetales de bajo valor nutritivo, transformándolos en recursos valiosos y promoviendo la actividad productiva en ecosistemas áridos o semiáridos (Tajonar *et al.*, 2022).

Al analizar los tipos de pastoreo empleados en la producción porcina, se observaron diferencias significativas (p = 0,001) entre los productores encuestados (Cuadro 6). El 64,4 % de los criadores optan por el pastoreo libre todo el año para todas las categorías, seguido por el método de libre todo el año para las cebas y animales jóvenes, con estabulación de las hembras próximas al parto, elegido por el 28,6 % de los encuestados. Este enfoque específico hacia las hembras próximas al parto tiene como objetivo principal garantizar la salud y bienestar de las crías.

Cuadro 6. *Tipo de pastoreo que se emplea en la producción porcina.*

Tipo de pastoreo	No	%	± EE y Significativas
Libre todo el año para todas las categorías	36	64,3 [a]	± 5,79 p = 0,001
Libre todo el año para las ceba y animales jóvenes y estabulación de las hembras próximas al parto	16	28,6 [b]	
Libre todo el año para todas las categorías, menos las ceba	2	3,6 [c]	
Estabulación para todas las categorías	2	3,6 [c]	
Total	56	100	

[a,b y c] Letras distintas indican diferencias significativas según Duncan para p<0,05



La mayoría de los productores porcinos prefieren ofrecer a sus animales acceso libre a la alimentación durante todo el año, se prioriza así el bienestar y la salud de sus cerdos. Los datos evidencian una preferencia por métodos que permiten a los cerdos tener libertad de movimiento y acceso a alimentos de forma continua, lo que puede contribuir a mejorar la productividad y el bienestar animal en este contexto específico.

Los productores utilizan este tipo de base alimentaria como estrategia en la crianza porcina.

La raza criolla pinareño es el mayor porcentaje en la crianza porcina, con un 83,9 % de los ejemplares (Cuadro 7). Esto subraya la preferencia de los productores por esta raza específica. Además, se observa que la mezcla de las razas Criollo y Duroc constituye el 12,5 % del lote estudiado.

Cuadro 7. *Tipo de racial que se emplea en la crianza porcina.*

Racial	No	%	± EE y Significativas
Criollo pinareño	47	83,9 [a]	± 6,30 p = 0,001
Criollo pinareño + Duroc	7	12,5 [b]	
Duroc	2	3,6 [b]	
Total	56	100	

[a y b] Letras distintas indican diferencias significativas según Duncan para p<0,05

La predominancia de la raza Criolla (83,9 %) muestra su adaptación a sistemas extensivos. La introducción de Duroc (12,5 %) busca mejorar rendimiento cárnico, pero Mikulka *et al*. (2018**)** advierten que cruces no controlados pueden comprometer la rusticidad.

Esta combinación de razas es típica de la región, gracias a su resistencia y adaptabilidad a la dieta disponible en los bosques de *Pinus caribaea* y *Quercus cubana*. La elección de la combinación Criollo-Duroc por parte de los productores está motivada por el deseo de obtener cerdos con extremidades posteriores más robustas y un mayor rendimiento de carne.

El cerdo criollo cubano, descendiente de cerdos ibéricos introducidos en el siglo XV, ha desarrollado características particulares que lo hacen sobre todo apto para este sistema de producción. Durante medio milenio, estos animales se han adaptado a un sistema integrado de producción porcina tropical sui generis, donde la palma real (*Roystonea regia*) y la encina nativa (*Quercus cubana* A. Rich.) son componentes fundamentales de su alimentación (Ly & Ayala, 2018).

CONCLUSIONES

El estudio mostró que la producción porcina y caprina en las regiones evaluadas presenta una distribución geográfica desigual, concentrándose principalmente en Viñales (Pinar del Río) y Cumanayagua (Cienfuegos), con diferencias significativas entre consejos populares. Esta distribución refleja patrones históricos y socioeconómicos que influyen en la organización productiva de cada territorio.

En cuanto al perfil sociodemográfico, se confirmó un predominio de la participación masculina (98% en porcicultura), con productores de edad avanzada (promedio de 52 años) y amplia experiencia (>20 años en la actividad). El nivel educativo medio predominante (55.4% en Pinar del Río y 66.1% en Cienfuegos).

Respecto a los sistemas productivos, los caprinos se basan en el mestizaje (criollo-Nubia) y el pastoreo extensivo, con dietas diversificadas que combinan bosques naturales, pastos y residuos agrícolas. Por su parte, los sistemas porcinos aprovechan los bosques de pino-encino, destacándose el uso de bellotas como recurso alimenticio clave. La raza criollo pinareño (83.9%) demostró alta adaptabilidad a estos sistemas, aunque algunos productores introducen cruces con Duroc (12.5%) para mejorar el rendimiento cárnico.

La sostenibilidad de estos sistemas agroforestales radica en su capacidad para integrar recursos locales (bosques, subproductos) y mantener prácticas tradicionales. Sin embargo, persisten desafíos como el envejecimiento de los productores y el riesgo de sobrexplotación de recursos naturales, lo que exige políticas de apoyo y manejo conservacionista.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio fue realizado por especialistas del proyecto Gobernanza Climática Municipal Y Producción Agroforestal Sostenible de Alimentos con Bajas Emisiones y Adaptadas al Cambio Climático en Cienfuegos y Pinar del Río, Cuba (CIENPINOS), el cual es ejecutado por la Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey (EEPFIH) y el CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza), y financiado por la Agencia Sueca de Cooperación Internacional para el Desarrollo (ASDI).

Bibliografía

Casimiro-Rodríguez, L., Casimiro-González, J.A., Suárez-Hernández, J., Martín-Martín, G.J., Navarro-Boulandier, M., Rodríguez-Delgado, I. 2020. Evaluación de la resiliencia socioecológica en escenarios de agricultura familiar en cinco provincias de Cuba. Pastos y Forrajes. 43(4), 304-314. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942020000400304 (Consultada 21 noviembre 2024)

Delgado-Fernández, R. 2016. Caracterización de los sistemas de producción caprina en la provincia Ciego de Ávila. Pastos y Forrajes. 39(1), 64-71. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942016000100009 (Consultada 21 noviembre 2024)

Food and Agriculture Organization [FAO]. 2020. Datos estadísticos de animales vivos de pequeños rumiantes menores en el mundo. FAO. https://www.fao.org/dairy-production-products/dairy/small-ruminants/es (Consultada 18 octubre 2021)

Garaicoa-Fuentes, F., Barros-Gavino, C.D., Miranda-Romero, A.E., Montero-Muthre, R., León-García, K. 2023. Propuesta con Lineamientos Estratégicos de un Plan de Acción Agroturístico: Estudio de caso finca Cumandá en San Francisco de Milagro en la provincia del Guayas, Ecuador. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar. 7(3), 600-631. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i3.6223

Ly, J., Ayala, L. 2018. Crianza de ganado porcino con palmiche y otros productos de palmas. Una reseña corta. Cuban Journal of Agricultural Science, 52(4), 375-382. Epub 15 de octubre de 2018. Recuperado en 10 de febrero de 2025, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2079-34802018000400375&lng=es&tlng=e

Maldonado-Enríquez, D., Montes-Sánchez, J.J. 2023. ¿Por qué van hacia donde van las cabras? Una mirada al pastoreo caprino en agostadero. Bioagrociencias. 16(2), 73-81. http://dx.doi.org/10.56369/BAC.5193

Pacheco-Hernández, A., Jerónimo-Hernández, D.I. 2023. Alimentación de pequeños rumiantes en pastoreo del trópico. Brazilian Journal of Development. 9(12), 31017-31039. https://doi.org/10.34117/bjdv9n12-030

Romero-Lozada, M. del, Betancourt, P., Sanclemente, O., Gómez, M. 2023. Sustentabilidad agropecuaria de sistemas campesinos del corregimiento Ayacucho municipio de Palmira-Valle del Cauca. Revista de Investigación Agraria y Ambiental. 14(1). https://portal.amelica.org/ameli/journal/130/1303815006/1303815006.pdf (Consultada 21 noviembre 2024)

Sejian, V., Silpa, M., Nair, M.R., Devaraj, C., Krishnan, G., Bagath, M., Chauhan, S., Suganthi, R., Fonseca, V., König, S., Gaughan, J.B., Dunshea, F.R., Batha, R. 2021. Heat stress and goat welfare: Adaptation and production considerations. Animals. 11(4), 1021. https://doi.org/10.3390/ani11041021

Tajonar, K., López, C.A., Sánchez, L.E., Alfonso, A., Gonzalez-Ronquillo, M., Vargas-Bello, E. 2022. A brief update on the challenges and prospects for goat production in Mexico. Animals. 12(6), 837. https://doi.org/10.3390/ani12070837

Vázquez-Moreno, L.L., Alvarez-Negrín, S. 2022. Manual para la facilitación: Formación acción participativa local para la resiliencia de fincas ante el cambio climático. La Habana, Cuba. https://cubaresiliente.com/wp-content/uploads/2021/11/002-Manual_Fincas-resilientes-para-web.pdf (Consultada 21 noviembre 2024)





CV-07. Caracterización de la cadena productiva del Cerdo Criollo Bellotero en sistemas silvopastoriles en el Municipio Viñales, Pinar del Río.

Characterization of the production chain of the Creole Acorn-fed Pig in silvopastoral systems in the Viñales Municipality, Pinar del Río.

R. Paredes Sánchez[1]; I. Urrutia Hernández[1] y T. Sánchez Santana[2]*

[1]Centro Universitario Municipal Viñales (CUM), Universidad de Pinar del Río Hermanos Saíz (UPR). Ministerio de Educación Superior, Cuba

[2]Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey (EEPFIH), Universidad de Matanzas, Cuba, Ministerio de Educación Superior, Cuba

[*]Corresponencia a: rosangelaparedes1999@gmail.com

RESUMEN

El aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, además de reducir el impacto sobre el capital natural de los países, permite el desarrollo económico, la generación de empleo, el incremento de la competitividad y el bienestar social. La explotación extensiva propiamente dicha constituye un sistema tradicional de manejo basado en el aprovechamiento de los recursos naturales, que, con nuevas aportaciones, ha permitido a través del tiempo gracias a la adaptabilidad de determinadas razas, las particularidades características de los productos alimenticios que ofrece. El cerdo criollo (*Sus scrofadomesticus*) es uno de los ejemplos más representativos, puesto que por sus características de adaptabilidad transforman los productos que le ofrece su ecosistema en carne de alta calidad. La investigación fue realizada en el municipio Viñales en la provincia Pinar del Río, donde se encuentran aproximadamente el 45 % de los encinares, hábitat donde se desarrollan los cerdos, la cual tiene como objetivo: Caracterizar el sistema productivo de cerdos criollos belloteros en sistemas silvopastoriles en el municipio Viñales, provincia Pinar del Río, analizando sus prácticas de manejo y características productivas. El estudio llevado a cabo fue de tipo descriptivo basado en el diagnóstico de 56 personas productoras y se facilitaron dos talleres multiactor. Se usó observación participante para conocer el estado de la actividad para la caracterización de la cadena y el sondeo rápido de mercado, así como se indagó en las diferentes preparaciones disponibles en la oferta gastronómica local. Por lo que pudimos apreciar que el sistema productivo de cerdos criollos en la región se caracteriza principalmente por un manejo extensivo en bosques de pino encino, donde el 64% de los productores mantiene sus hatos libres durante todo el año, aprovechando los recursos naturales disponibles.

Palabras clave: *bosque pino encino, cerdo criollo, productores*

ABSTRACT

The sustainable use of natural resources, in addition to reducing the impact on a country's natural capital, enables economic development, job creation, increased competitiveness, and social well-being. Extensive farming itself constitutes a traditional management system based on the use of natural resources, which, with new contributions, has allowed over time, thanks to the adaptability of certain breeds, to create the distinctive characteristics of the food it offers. The Creole pig (*Sus scrofadomesticus*) is one of the most representative examples, since its adaptability allows it to transform the products offered by its ecosystem into high-quality meat. The research was conducted in the municipality of Viñales in Pinar del Río province, where approximately 45% of the holm oak forests, the habitat where the pigs thrive, are found. Its objectives are: To characterize the acorn-fed Creole pig production system in the municipality of Viñales, Pinar del Río province, analyzing its management practices and production characteristics. The descriptive study was based on the assessment of 56 producers, and two multi-stakeholder workshops were facilitated. Participant observation was used to determine the status of the activity, characterize the supply chain, and conduct a rapid market survey. The study also investigated the different preparations available in the local gastronomic offering. We observed that the Creole pig production system in the region is primarily characterized by extensive management in pine-oak forests, where 64% of producers keep their herds free-range year-round, taking advantage of available natural resources.

Keywords: *pine-oak forest, native pig, producers*

INTRODUCCIÓN

El aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, además de reducir el impacto sobre el capital natural de los países, permite el desarrollo económico, la generación de empleo, el incremento de la competitividad y el bienestar social. Por ello, la promoción del aprovechamiento y la producción sustentables en múltiples sectores constituye un importante reto para el desarrollo verde, el cual requiere, además de un marco de política pública adecuado, el apoyo a los emprendedores, la creación y ampliación de mercados, el desarrollo tecnológico y los incentivos económicos que permitan aumentar la competitividad de este sector, entre otros aspectos.

La explotación extensiva propiamente dicha constituye un sistema tradicional de manejo basado en el aprovechamiento de los recursos naturales, que, con nuevas aportaciones, ha permitido a través del tiempo gracias a la adaptabilidad de determinadas razas, las particularidades características de los productos alimenticios que ofrece. El cerdo criollo (*Sus scrofadomesticus*) es uno de los ejemplos más representativos, puesto que por sus características de adaptabilidad transforman los productos que le ofrece su ecosistema en carne de alta calidad. La producción de carne de cerdo es el 34% de la producción de carne a nivel mundial (FAO 2023) con 116,2 Millones de Toneladas de carne, esto se debe sus valores proteicos y nutricionales.

En general las razas denominadas Criollas en América, son aquellas que provienen de los cerdos que utilizaron los españoles y portugueses durante la colonización del Nuevo Mundo. De todo el ganado introducido por los españoles, el cerdo fue el que se adaptó más rápidamente a los nuevos ambientes en las tierras colonizadas. Su capacidad omnívora, de encontrar ecosistemas ricos en alimentos, de poder tener gran descendencia en períodos cortos de tiempo, y gran resistencia a temperaturas extremas, permitió establecerse en todos los ecosistemas que se encontraron: trópico, tierras semidesérticas, pampas, y en montaña con grandes altitudes. La raza que ha tenido más influencia en su formación ha sido la Ibérica, y según Benítez y Sánchez (2001) las estirpes que han dejado mayor descendencia en el cerdo Criollo han sido la Negra Lampiña y Negra Entrepelada. A pesar de la capacidad de adaptación, con resistencia a enfermedades, rusticidad y capacidad transformadora de los más variados alimentos, la crianza de este cerdo se ha ido reemplazando por la raza de capa blanca y se ha dejado la crianza del cerdo Criollo exclusivamente para explotaciones pequeñas o familiares, donde se utiliza el pastoreo, y para el aprovechamiento de residuos producidos en explotaciones agrícolas.

Las primeras poblaciones de cerdo se establecieron por agricultores que llevaron estos animales a Europa y posteriormente se exportaron al continente americano en el periodo de la colonización, donde en Cuba no fue la excepción. En la Isla, específicamente en la Provincia de Pinar del Río se encuentra la producción de cerdo criollo, el cual es una mezcla entre razas ibéricas y duroc que se han adaptado a las condiciones edafoclimáticas de Cuba. El cerdo criollo se mantiene bajo un sistema de producción caracterizado por el pastoreo extensivo en los bosques de pino encino, siguiendo un modelo similar al de España donde se produce el jamón serrano.

En la actualidad se desconoce la cantidad total de productores que se encuentran en la provincia de Pinar del Río, sin embargo, este rubro productivo está inmerso de cultura y tradición que es parte de la agricultura familiar, la cual en Cuba es la principal fuente de trabajo que impulsa los procesos productivos en las zonas rurales. La actividad de producción de cerdos criollos tiene características similares a otras actividades que se desarrollan en la ruralidad cubana, donde cada uno de los miembros de la familia toma un importante rol en las prácticas agrícolas para lograr su auto abastecimiento de productos alimenticios. Desde la legislación cubana, el derecho del usufructo de la tierra ha generado un legado dentro de la cultura campesina, ya que, a través de esta forma de manejo, las personas productoras y sus familias forman parte de la economía rural conectando el medio ambiente con la provisión de ingresos y alimentos para sus hogares (Nuñez *et al.*, 2022).

La promoción de la actividad porcina se considera como una estrategia clave para la provisión de alimentos a la población y generación de ingresos, razón por la cual la actividad ha sido incluida dentro de proyectos municipales enfocados en la tenencia de los animales y el consumo. El proyecto Gobernanza climática municipal y producción agroforestal sostenible de alimentos con bajas emisiones y adaptadas al cambio climático en Cienfuegos y Pinar del Río, Cuba (CIENPINOS), es uno de los proyectos que ha incluido la actividad porcina dentro de sus componentes. En el componente de Soluciones de producción sostenible basadas en la naturaleza, se ha identificado la necesidad de conocer la cadena de valor del cerdo criollo en la Provincia de Pinar del Río y su posible vinculación con el turismo local.

MATERIALES Y MÉTODOS

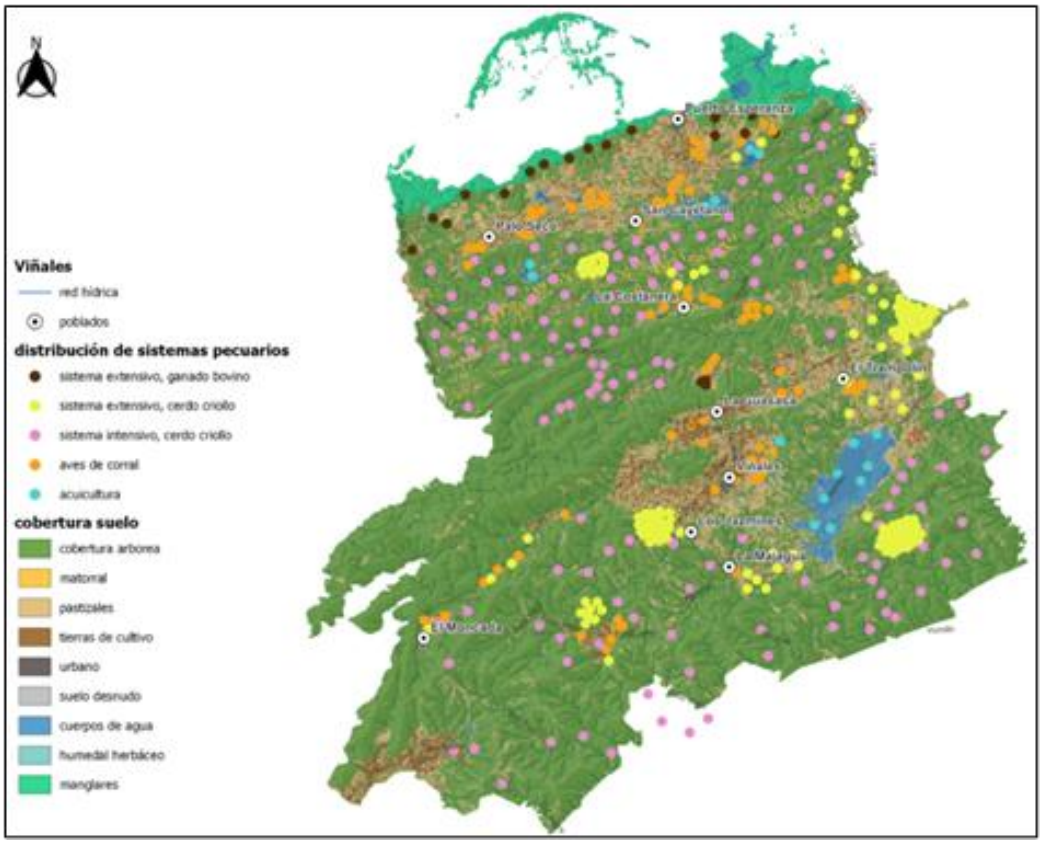
Características generales del área de estudio.

El proyecto se desarrollará en el municipio Viñales en la provincia Pinar del Río, donde se encuentran aproximadamente el 45 **%** de los encinares.

El municipio cuenta con características muy propias, por estar enmarcado en la formación geológica del Jurásico, la más antigua de Cuba. El área pertenece a la región occidental y está ubicada en una zona donde inciden varias sub-regiones geográficas que son: Sierra de los Órganos, Valles cársicos y Sierra de Guacamaya y las Alturas de Pizarras (Núñez, 1982), formación esta última donde se desarrollan fundamentalmente los encinares.

Las áreas estudiadas comprenden las de la Estación Experimental Agroforestal Viñales (175 ha de bosque donde se desarrolla el encino de manera natural) y las áreas circundantes a la estación pertenecientes a los poblados La Majagua y Murguía del propio municipio Viñales donde el encino se desarrolla como la especie dominante.

El área de estudio pertenece al distrito fitogeográfico de Alturas de Pizarras, asociadas con el pino y el encino, ubicada aproximadamente a 150 m. s. n. m., con temperatura promedio anual de 25ºC, y precipitaciones de 1765 mm. La especie se desarrolla allí de manera natural, sobre suelo Alítico de baja actividad arcillosa según Hernández *et al.*, (1999). El clima en la región de estudio es subtropical estacionalmente húmedo. En Cuba, una de las causas más importantes que inciden en la distribución irregular de las lluvias, en su formación e intensidad, es la complicada estructura de la superficie, caracterizada por grandes contrastes de formas de relieves y alturas (Davitaya y Trusov, 1965) citados por Rodríguez (2008). Entre las particularidades en la formación del clima cubano se encuentran la ocurrencia de importantes eventos meteorológicos, como huracanes y frentes fríos. El promedio hiperanual de las precipitaciones para el área de estudio es de 1495 mm.



Mapa sobre la distribución de sistemas pecuarios en el municipio de Viñales

Fuente: CATIE; EEPFIH (2024)

Este estudio fue desarrollado usando un enfoque mixto (cuantitativo y cualitativo), el cual se basa en realizar procesos de observación y evaluación sobre el fenómeno específico. El método usado fue el de investigación descriptiva, permitiendo comprender el comportamiento de la cadena desde lo general a lo particular, así como el estado de la oferta y demanda de los productos derivados del cerdo, además se enfocó en el estado de la cadena porcina de la Provincia de Pinar del Río. Se recolectó información de los actores clave, vinculados a los eslabones de producción, transformación y comercialización. Se implementaron instrumentos de recolección de información como los diagnósticos, la observación participante y talleres multiactor (Tabla 1).

Tabla 1. *Metodología para el diseño de cadena de valor y sondeo de mercado de productos del cerdo*

Fases	Fuente de información	Tipo de información	Instrumentos	Resultados
FASE I	Secundaria	• Antecedentes del proyecto • Actividad porcina en Cuba	• Documentos y anotaciones	• Cuestionario diagnóstico
FASE II	Primaria	• Situación de las personas productoras del sector porcino • Comportamiento de su cadena productiva o de valor • Productos del cerdo	• Reuniones con el equipo del proyecto • Diagnóstico • Talleres multiactor • Observación participante • Registro audiovisual	• Bases de datos de personas productoras en el sector porcino de Pinar del Río, municipios de Viñales y La Palma • Esquema de cadena de valor • Sondeo rápido de mercado de productos del cerdo
FASE III	Primaria y secundaria	• Resultados de la recolección de información y de los otros componentes del proyecto en su año 1		• Informe técnico

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 2 se presenta la distribución de productores según el tipo de finca en la que tienen sus cerdos. Se destaca que el 66,1 % de los encuestados son productores cuyas fincas cuentan con bosques de pino y encino, lo cual difiere significativamente del resto de los tipos de finca (p = 0,001).

Este hallazgo sugiere que la mayoría de los productores de cerdos en la región tienen sus animales en áreas boscosas dentro de sus predios. Además, se observa que el 21,4 % de los productores tienen sus cerdos en áreas pertenecientes a empresas forestales, lo que indica que estos dos tipos de fincas son los más predominantes, abarcando el 87,0 % de los criadores de cerdos belloteros encuestados.

Tabla 2. *Distribución de los productores según el tipo de finca.*

Tipo de finca	No.	%	± EE y Significativas
Productores con finca + cerdos en bosques pino-encino en áreas de la finca	37	66,1 [a]	± 5,35 p = 0,001
Productores con finca + cerdos en bosques pino-encino en áreas de la Empresa Forestal	12	21,4 [b]	
Productores sin finca + cerdos en bosques pino-encino en áreas de la Empresa Forestal	5	8,9 [bc]	
Productores con finca + cerdos en áreas de la finca sin bosques pino-encino	1	1,8 [c]	
No respondió	1	1,8 [c]	
Total	56	100	

[a,b y c] Letras distintas indican diferencias significativas para p < 0,05

La tabla 3 muestra que el 71,7 % de los productores utilizan una combinación de bosques pino-encino, forrajes y residuos de cosechas como base alimentaria. Además, se observa que un 10,7 % de los productores optan por el uso de bosques naturales de pino y encino complementado con el uso de residuo de cosecha en la dieta de los animales.

Tabla 3. *Distribución de la base alimentaria para la crianza porcina.*

Base alimentaria	No.	%	± EE y Significativas
Bosques pino-encino + forrajes+ residuos de cosechas	40	71,7[a]	± 4,68 p = 0,001
Bosques pino-encino + residuos de cosechas	6	10,7[b]	
Forrajes + residuos de cosechas	3	5,4[b]	
Bosques pino-encino + forrajes+ residuos de cosechas forrajes+ alimentos conservados	2	3,6[b]	
Residuos de cosechas	2	3,6[b]	
Bosques pino-encino+ forrajes	2	3,4[b]	
Bosques pino-encino	1	1,8[b]	
Total	56	100	

[a,b] Letras distintas indican diferencias significativas para p < 0,05

Los productores utilizan este tipo de base alimentaria como estrategia en la crianza porcina y como una forma sostenible del aprovechamiento de los recursos naturales. Las bellotas se producen en el último cuatrimestre del año y constituyen una fuente energética para los cerdos durante este período (Santana *et al.*, 2012). Asimismo, el desarrollo y engorde de los cerdos alimentados con bellotas produce una carne de características organolépticas de calidad. Desafortunadamente, en Cuba este cerdo, se comercializa sin ningún tipo de diferenciación por la calidad organoléptica de la carne o por su modo de producción (pastoreo en el bosque natural), aunque goza de la preferencia de los consumidores locales y es parte esencial en platos típicos de la cocina tradicional local.

En este sentido, en Europa La bellota *Quercus spp*. Forma parte importante de la dieta del jabalí de estilo de vida libre (*Sus scrofa s.*), en su hábitat natural (Mikulka *et al.*, 2018). Los productos cárnicos obtenidos en estas condiciones se comercializan a altos precios en el mercado, debido a su alto valor y especialmente por sus propiedades sensoriales, que son deseadas por los consumidores (Russo *et al.*, 2017). Estas características en la calidad de la carne se atribuyen principalmente al alto consumo de bellotas (Tejerina *et al.*, 2018; Flores-Ahumada *et al.*, 2020).

Existe disponibilidad de alimento para los cerdos durante el año. Los productores los alimentan con residuos de cosechas, frutas y los cerdos a su vez se alimentan con productos del bosque. A finales de agosto empieza a haber mayor disponibilidad de alimento, en especial de la bellota con la que los cerdos se alimentan desde septiembre a diciembre, logrando un efecto organoléptico diferente en los cerdos cosechados en diciembre que aquellos cosechados en el primer semestre del año.

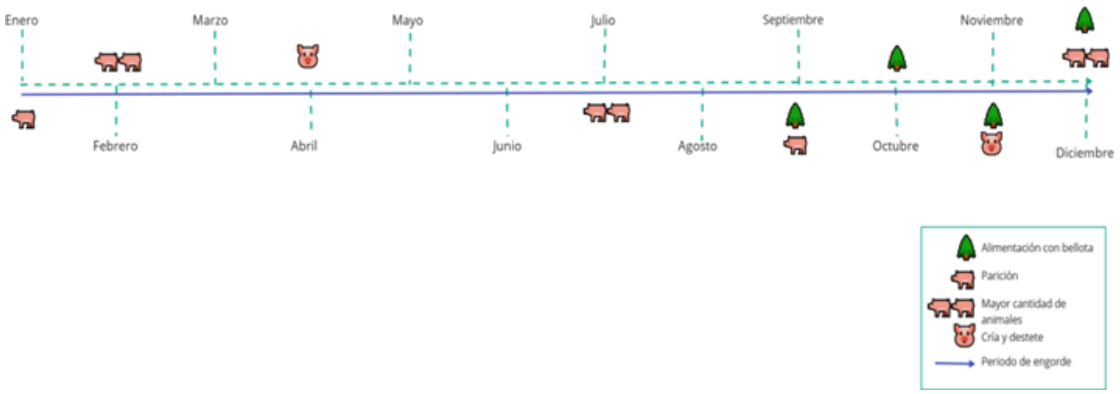


Figura 1. *Disponibilidad de alimento por meses del año.*

Por otra parte, se identificaron 49 especies en 36 familias, lo que evidencia la rica biodiversidad y el uso múltiple de las plantas en diversos sectores de la economía (anexo 4 y 5). En el caso de los frutales, se encuentran 8 especies pertenecientes a 7 familias distintas, lo que destaca la amplia variedad y el alto valor nutricional de estas especies para la alimentación humana (Tabla 4). Las maderables están representadas por 12 especies distribuidas en 9 familias, subrayando su importancia en la construcción y la fabricación de muebles. Los forrajes, con 7 especies en 5 familias, son cruciales para la ganadería. Los pastos, con 3 especies en 1 familia, son esenciales para la alimentación de los animales; mientas que las cercas vivas, con 1 especie en 1 familia. Por último, el alimento animal, con 15 especies en 10 familias, demuestra la diversidad de plantas utilizadas para la alimentación de los animales, reforzando su importancia en la producción de alimentos.

Tabla 4. *Agrupación de las familias según el uso de las especies.*

Especie	No. especies	Familia
Alimento animal	15	10
Maderables	12	9
Frutales	8	7
Forrajes	7	5
Pastos	3	1
Residuos de cosechas	3	3
Cercas vivas	1	1
Total	49	36

En cuanto a la dieta de los animales por lo general se maneja una mezcla de varias fuentes de alimentos. Primeramente, los animales se alimentan de productos disponibles en los bosques de pino y encino a partir de especies como icaco (*Ch. icaco*), palma real (*Roystonea regia* (HBK) O.F. Cook), guásima (*Guazuma tomentosa* HBK), algarrobo (*Samanea saman* (Jacq.) Merill), copey (*C. rosea*), así como las bellotas de los encinos (*Q. cubana)*.

Por otra parte, los cerdos también se alimentan de diferentes frutales de temporada como el mango (*Mangifera indica* L.) y la pomarrosa (*Jambosa vulgaris* DC). También se alimentan de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.), ya que el productor destina un área para sembrar y destinar para el alimento de estos animales; el boniato o camote (*Ipomoea batatas* (L.) Lam), la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) y el maíz (*Zea mays* L). Asimismo, los cerdos consumen lombrices, caracoles, otros artrópodos y larvas de insectos y moluscos; también vertebrados como ranas y peces. Según las entrevistas realizadas, se observa que un 71% de los productores tienen una dieta para los animales que combina la alimentación que existe en los bosques de pino encino, más forrajes que se tienen en las fincas y residuos de cosechas.

La base alimentaria de estos cerdos incluye suplementos alimenticios como las viandas y el maíz, lo cual procuran dar a los cerdos cada dos días. En cuanto a suplementos veterinarios, el 93% de las personas mencionó que no los utilizan en sus animales, debido a la escasez de estos productos en el país.

El 92,9 % de los productores no utilizan concentrados como suplementos alimenticios para la crianza porcina, ya que estos animales criollos se alimentan principalmente de lo que ofrece el sistema natural (Tabla 5). Solo un 7,1 % de los productores encuestados emplean concentrados como suplementos alimenticios para la crianza porcina en este tipo de finca (p = 0,001), lo cual sugiere que la mayoría de los criadores de cerdos belloteros en áreas de pino y encino utilizan en la alimentación los recursos que aportan el ecosistema para satisfacer las necesidades nutricionales de sus animales.

Tabla 5. Emplea *suplementos alimenticios para la crianza porcina.*

Suplemento alimenticio (concentrados)	No.	%	± EE y Significativas
Si	4	7,14	± 6,68 p = 0,001
No	52	92,86	
Total	56	100	

Estos resultados subrayan la importancia de comprender las prácticas de alimentación y manejo específicas de cada tipo de finca en la producción porcina, así como la valoración de las capacidades adaptativas de las razas criollas a su entorno natural. Esto puede tener implicaciones significativas en términos de sostenibilidad, eficiencia y bienestar animal en la producción porcina en sistemas agroforestales.

De acuerdo con los datos recopilados durante la fase de investigación y el análisis detallado de cada una de las etapas, así como lo descrito por Cifuentes (2011), se ha observado que la producción de carne de cerdo criollo en el municipio Viñales, Provincia de Pinar del Río sigue el modelo de cadena productiva y no de cadena de valor. Las razones principales que respaldan esta afirmación son:

- Los actores en la cadena son independientes y están organizados de forma individual, lo cual hace que las relaciones sean informales (no hay contratos de por medio).
- La orientación de la cadena está liderada por la oferta sin tomar en cuenta la demanda, donde el productor conoce sobre el proceso productivo y el manejo de los animales, pero a la hora de comercializar los productos solo se toma como factor el precio de compra y los animales se venden en pie a empresas o intermediarios que pagan un precio determinado.
- La información que se da entre los diferentes actores es poca o nula, lo cual limita la negociación y el productor vende al precio que el intermediario establezca. Por lo general, no existen canales de comunicación entre el productor y el consumidor final.
- La visión sobre la producción es cortoplacista, donde la única meta en la mayoría de los casos es vender sin generar un valor agregado o bien utilizar la carne para autoconsumo.

Las cadenas productivas reflejan el modelo convencional de un negocio, en el que los participantes realizan un sobreesfuerzo para tener éxito (en comparación con las cadenas de valor). En este contexto, los actores más poderosos son aquellos que tienen acceso a información, recursos y aliados estratégicos, lo que les permite obtener mayores ganancias económicas por sus actividades.

Si bien la presente investigación menciona cadena de valor, teniendo en cuenta los resultados nos referiremos de ahora en adelante como cadena productiva y en la sección de oportunidades se harán aquellas recomendaciones que podrían convertir esta cadena productiva en una cadena de valor. La figura 2, presenta el esquema de cadena productiva de la carne de cerdo criollo bellotero.

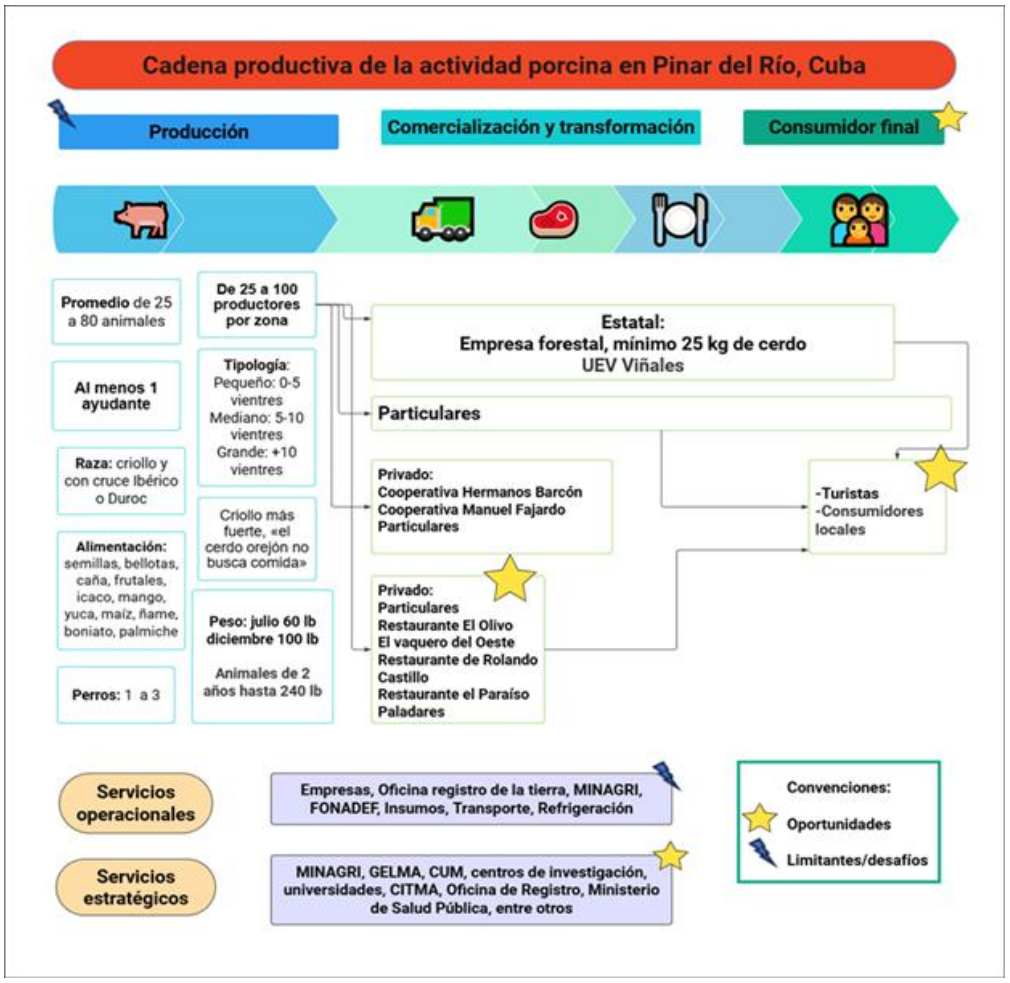


Figura 2. *Mapa de la cadena productiva de carne de cerdo criollo en el municipio de Viñales en la provincia de Pinar del Río, Cuba.*

CONCLUSIONES

- El sistema productivo de cerdos criollos en la región se caracteriza principalmente por un manejo extensivo en bosques de pino encino, donde el 64% de los productores mantiene sus hatos libres durante todo el año, aprovechando los recursos naturales disponibles.
- La base alimentaria es diversa y complementaria, combinando productos forestales (71%) con forrajes y residuos de cosechas, lo cual contribuye significativamente al desarrollo natural de los animales y la calidad distintiva del producto final.
- La comercialización se concentra principalmente en la UEB Forestal (67.9%) y la agroindustria (16.07%), sin presencia significativa en mercados agropecuarios ni venta directa en finca, lo cual sugiere oportunidades de mejora en la diversificación de canales comerciales.
- El período bellotero (septiembre-diciembre) genera diferencias organolépticas distintivas en los animales cosechados durante esta época, constituyendo un valor agregado importante para el producto final.

Bibliografía

Alimentación y agricultura del mundo - anuario estadístico 2023. 2023. FAO. https://doi.org/10.4060/cc8166en.

Benítez OW, Sánchez DM. 2001. Los cerdos criollos en América Latina. En: FAO (ed.) Los cerdos locales en los sistemas tradicionales de producción. Estudio FAO Producción y Sanidad Animal. 13-35. de Cuba. Ministerio de la Agricultura.

Cifuentes, W., Pérez, M. J., Gil-Casares, M. 2011. Metodología de análisis de cadenas productivas bajo el enfoque de cadena de valor. Estudio preliminar de un tipo de cerdo local en Cuba. El cerdo Criollo Pinareño criollo pinareño. In: Seminario Internacional de Porcicultura Tropical, La Habana,

Hernández, A. et. al. 1999. Nueva versión de clasificación genética de los suelos

Meyerhoff, A.A., Davitaya, F.F., Trusov, I.I. 1968. Los Recursos Climaticos de Cuba. Geographical review, 58(3), 499. https://doi.org/10.2307/212572

Mikulka, O., Zeman, J., Drimaj, J., Plhal, R., Adamec, Z., Kamler, J., Heroldová, M. 2018. The importance of natural food in wild boar (Sus scrofa) diet during autumn and winter. Folia Zoologica, 67(3-4), 165-172. https://doi.org/10.25225/fozo.v67.i3-4.a3.2018 [Links]

Núñez Rodríguez, A., Rodríguez Marín, S., Toro de la Cruz, M. 2022. Beneficios de la agricultura familiar cubana en la visión de soberanía alimentaria. Derecho y Realidad, 20 (39), 103-118.

Núñez, M. 1982. Viñales: paisaje y cultura. Letras cubanas.

Russo, C., Balloni, S., Altomonte, I., Martini, M., Nuvoloni, R., Cecchi, F., Profumo, A. 2017. Fatty acid and microbiological profile of the meat (Longissimus dorsi muscle) of wild boar (Sus *scropha scropha*) hunted in Tuscany. Italian Journal of Animal Science, 16(1), 1-8.

Santana, I., Abeledo, C.M., Pérez, Y. y Pimentel, J. 2012.

Tejerina, D., Torres, S.G., Tornero, E.M., Gordillo, A., Ortiz, A., de Oliveira, M.F., Romero, M.P. 2018. NIRS potential use for the determination of natural resources quality from dehesa (acorn and grass) in Montanera system for Iberian pigs. Archivos de zootecnia, (1), 71-73.





CV-08. Diagnóstico de fincas ganaderas y forestales del municipio Habana del Este para el establecimiento de sistemas silvopastoriles y forestería análoga

Diagnostic analysis of livestock and forest farms in the Habana del Este municipality for the establishment of silvopastoril systems and analogous forestry

O.M. Andérez Ramos[1]; M. Vega León[1]; G. Chon[2]; V. Leiva González[2] y A. Castellanos Quintero[2].*

[1] Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical "Alejandro de Humboldt" INIFAT.

[2] Asociación Cubana de Producción Animal ACPA Habana.

[*]Correspondencia a. aottomanuel@gmail.com

RESUMEN

Diagnosticar las principales limitantes para el establecimiento de los sistemas silvopastoriles y la forestería análoga en sistemas ganaderos del Consejo Popular Campo Florido y la UEB Forestal Guanabo respectivamente, fue clave. Durante el proceso, de tres fincas forestales y cuatro sistemas ganaderos de los Consejos Populares Guanabo y Campo Florido correspondientemente, se conoció el nivel de aplicación de prácticas conducentes a mejorar la gestión de los sistemas de producción ante el cambio climático. Predominan 14 prácticas de 38 identificadas, aplicadas en la totalidad de las fincas evaluadas. Se identificó la necesidad de reforestación y la diversificación de especies gramíneas y leguminosas para la alimentación animal. Fortalecer las capacidades técnicas para la implementación de la forestería análoga y el silvopastoreo en los sistemas forestales y ganaderos proporcionalmente. La implementación de estos sistemas tecnológicos permitió ampliar la masa ganadera. Se realizó en La Habana un diagnóstico en fincas para conocer el nivel de aplicación de la forestaría análoga y el silvopastoreo. Se identificó la necesidad de incrementar las acciones de comunicación. Se reconoció la inclusión de la mujer como líder de estas producciones y de profundizar en la formación de capacidades en igualdad de género. El municipio cuenta con una estrategia para la implementación de dos políticas locales que tributan a la Ley SSAN y a la Estrategia de Enfrentamiento al Cambio Climático, pero estas no se han validado donde se desarrollan los procesos agrícolas.

Palabras clave: *Limitantes de los sistemas ganaderos y forestales.*

ABSTRACT

Diagnose of the main constraints to the establishment of silvopastoril systems and analogous forestry in livestock systems in the Campo Florido People's Council and the Guanabo Forestry UEB, respectively, was a key. During the process on three forest farms and four livestock systems in the Guanabo and Campo Florido People's Councils, correspondingly, the level of application of practices aimed at improving the management of production systems in the face of climate change was determined. Overall, 14 of the 38 identified practices predominate and are applied on all the farms evaluated. The need for reforestation and the diversification of grass and legume species for animal feed was identified, strengthening technical capacities for the implementation of analogous forestry and silvopastoril systems in the forestry and livestock systems, in that order. It is believed that the implementation of analogous forestry and silvopastoril systems can increase livestock numbers. In Havana was doing on livestock and forest farms to determine the level of application of analogous forestry and silvopastoril systems. The need to increase communication efforts was identified. Likewise, the importance of including women as leaders in these productions and the need to deepen capacity building to work towards gender equality is recognized. Although the municipality has a strategy for implementing two local policies that contribute to the SSAN Law and the Strategy for Addressing Climate Change, these have not been validated in areas where agricultural processes are carried out.

Keywords: *Limitations of livestock and forestry systems.*

INTRODUCCIÓN

Los sistemas pastoriles devienen frágiles y de pobre resiliencia ambiental y económica por las malas prácticas que realiza el hombre en éstos. Como resultado se generan ecosistemas perturbados, con unas pocas especies vegetales arbustivas o herbáceas de interés para alimentar al ganado, que son obtenidas con un alto consumo de insumos externos para lograr la obtención de altos rendimientos. Esta fragilidad originada por la escasa biodiversidad vegetal exacerba la degradación de los suelos, la extinción de la biomasa vegetal ante condiciones climáticas extremas, interrumpe las cadenas simbióticas e incrementa la huella hídrica, entre algunas consecuencias.

Por su parte, los sistemas forestales excesivamente explotados, han generado la deforestación y como consecuencia un desequilibrio ecológico al provocar la erosión de los suelos, el cambio en su estructura y de su contenido de materia orgánica, la pérdida de enormes cantidades de carbono y la reducción de oxígeno disponible, entre otros efectos negativos (Toirac *et al.*, 2001).

Como solución a estas problemáticas pueden emplearse prácticas de silvopastoreo y forestería análoga para sistemas pastoriles y forestales respectivamente.

Los sistemas silvopastoriles pueden ser una alternativa en la gestión de los recursos naturales para revertir daños a ecosistemas perturbados por la actividad humana, en los que se establecieron ecosistemas de escasa biodiversidad vegetal y animal en la búsqueda de un rendimiento máximo (Karen, 2023).

A su vez la forestería análoga es una herramienta silvicultural para diseñar y crear ecosistemas estables que sostengan y aumenten los recursos naturales y los servicios ecológicos de un ecosistema dominado por árboles que sea análogo al ecosistema original en cuanto a su estructura arquitectónica y funciones ecológicas. El objetivo del presente estudio es diagnosticar las principales limitantes para el establecimiento de los sistemas silvopastoriles y la forestería análoga en sistemas ganaderos del Consejo Popular Campo Florido y la UEB Forestal Guanabo respectivamente.

MATERIALES Y MÉTODOS

El diagnóstico se realizó durante los meses de julio y septiembre del 2024.

Se elaboraron encuestas estructuradas y entrevistas a profundidad (anexos 1, 2, 3 y 4). Las variables evaluadas fueron la presencia de prácticas agroecológicas, estado de recursos, conocimiento institucional y la percepción climática, nutricional. El objetivo fue conocer el nivel de implementación de prácticas que contribuyan al establecimiento de los sistemas silvopastoriles y forestería análoga, así como para conocer la proyección del gobierno municipal en apoyo a la implementación de la Ley SSAN y su relación con el fortalecimiento de estos sistemas agrícolas, además de identificar a partir de las opiniones de los consumidores de la localidad, las acciones de comunicación local dirigidas al consumo de alimentos sanos.

Se aplicaron las encuestas en seis fincas en total, distribuidas en 3 Consejos Populares. Del total de las fincas, tres son forestales y tres ganaderas, además se aplicó la encuesta a los actores locales del gobierno, la UEB Forestal de Guanabo, al Órgano de Base de pequeños rumiantes, la CCS" Juan Manuel Márquez" de Campo Florido y a consumidores.

En la Tabla 1 se muestran las unidades de producción diagnosticadas que se ubican en dos Consejos Populares del Municipio Habana del Este

Tabla 1. *Fincas diagnosticadas sobre la base de los criterios de la forestaría análoga y el silvopastoreo.*

Consejo Popular	Unidad	Sistema de manejo	Finca/agricultor
Guanabo	Unidad Empresarial de Base Forestal de Habana del Este	Forestería análoga	Patio "La Loma". Agricultor Norberto Moreno Chacón
			Patio "La Daysi" Agricultora Daysi Sabuque Hernández
			Patio "Atocha" Agricultora Briggette Ferrer Trenchet
Campo Florido	Órgano de Base de pequeños rumiantes de Campo Florido	Silvopastoril	Finca "Ateje". Ramón de Jesús Díaz Batista
			Finca "El Paraíso" Héctor Cuello Machado
	CCS "Juan Manuel Márquez"		Área Colectiva

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Caracterización de las fincas: Se obtuvo que existe una producción diversificada de cultivos, árboles, pastos y ganado. El manejo es según el tipo de finca. Pues sucede que unas son de conservación forestal y otras de producción animal intensiva.

La participación comunitaria tiene predominancia de adultos mayores y baja representación femenina.

2. Producción y biodiversidad: Existe la presencia de gramíneas y leguminosas en sistemas ganaderos. Las fincas forestales son más diversas en especies vegetales y prácticas sostenibles. Existe potencial de integración silvopastoril.



3. Percepción del cambio climático: Las principales amenazas son la sequía, las altas temperaturas y los ciclones. Hay baja percepción del riesgo en algunas fincas. Así como poca conexión entre eventos extremos y la toma de decisiones técnicas.

4. Evaluación de prácticas agroecológicas: Se analizaron 38 prácticas en 5 ejes: diseño de finca, manejo del suelo, agua, biodiversidad, bienestar animal.

Los resultados son los siguientes: Las fincas forestales son las de mayor nivel de implementación. Las fincas ganaderas tienen un predominio de prácticas convencionales. La escala de implementación va de alto, medio, bajo, a inexistente.

5. Estado de recursos: Los equipos agrícolas son escasos y deteriorados. La superficie boscosa está en recuperación, pero es insuficiente. Existe una baja disponibilidad de especies mejoradas y alimentos para ganado.

6. Políticas públicas y género: Hay un alto desconocimiento sobre la Ley SSAN y estrategias de adaptación climática. Baja formación técnica y nula participación femenina en espacios de toma de decisión. Necesidad de que se pueda transversalizar el enfoque de género y difundir políticas locales.

A continuación, se presentan los detalles de los resultados tres y cuatro, percepción del cambio climático y evaluación de prácticas agroecológicas.

-Análisis de las prácticas que realizan para gestionar, prevenir o adaptarse al cambio climático.

En la Tabla 2 se muestran los resultados de la aplicación de la encuesta en lo relativo a las prácticas que aplican en sus fincas que le permiten gestionar, prevenir o adaptarse al cambio climático con enfoque de género en los sistemas forestales.

Tabla 2. *Número de Agricultores que aplican las prácticas para la gestión, prevención y adaptación al cambio climático con enfoque de género en los sistemas forestales.*

Prácticas	# de agricultores que la aplican
Cercas vivas perimetrales.	3
Cercas vivas internas.	3
Cortinas rompe vientos.	3
Linderos en la finca.	3
Arboledas o árboles en los cuartones.	3
Barreras vivas en terrenos inclinados (antierosivas).	3
Laboreo mínimo del suelo.	3
Protección de las radiaciones sobre la superficie del suelo.	2
Protección del suelo contra residuos	2
Uso de implementos que no inviertan el prisma.	1
Rotar cultivos de cobertura (canavalia, boniato).	1
Protección de fuentes de abasto.	1
Captación-almacenamiento de agua.	1
Sistema de almacenamiento de agua.	3
Sistema de conducción de agua eficiente.	1
Sistemas de riego y bebederos eficientes.	0
Uso de variedades y razas tolerantes al estrés hídrico.	2
Protección contra efluentes (evitar contaminación de aguas).	2
Uso de riego localizado eficiente.	0
Siembra en camellón con cobertura viva intercalada.	0
Siembra en el fondo del surco con cobertura temporal	0
Uso de la tracción animal.	2
Uso de biodigestores.	0
Uso de secador solar.	0
Diversidad de cultivos.	2
Diversidad de biopreparados.	0
Uso de especies y razas tradicionales.	1
Selección y uso de variedades y razas recomendadas.	0
Obtención de semillas y pies de cría	3
Conservación de semillas y pies de cría.	2
Poda de árboles.	3
Alimentación animal diversa y producida en la finca.	2
Diseño que garantice el bienestar animal.	3
Protección de animales contra ciclones.	3
Razas adaptadas a eventos extremos y no dependientes de alimento externo.	3
Potreros acuartonados.	3
Producción de materia orgánica.	2
Ovinos-caprinos semiestabulados.	0

En la Figura 1 se muestra porcentaje de prácticas que demuestran la capacidad en la gestión, prevención y adaptación al cambio climático con enfoque de género en las fincas de la UEB Forestal Guanabo (Atocha), según el nivel de implementación: 0 (no se aplica), 1(bajo nivel), 2 (nivel medio) y 3 (alto nivel de implementación).

1- De las 38 prácticas propuestas 14 (36.8 %) tienen un alto grado de aplicación ya que se implementan en todas las fincas estudiadas.
2- Nueve de las prácticas propuestas (23,7 %) tienen un nivel medio de aplicación ya que se utilizan en dos fincas estudiadas.
3- Seis (23,7 %) de las prácticas propuestas tienen un nivel bajo de aplicación ya que se utilizan en solo una finca estudiada.
4- Nueve (15.8 %) de las prácticas propuestas no son empleadas en ninguna de las fincas estudiadas.

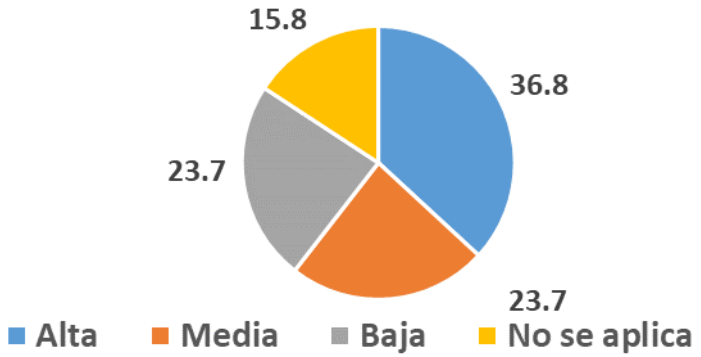


Figura 1 *Porcentaje de aplicación de las prácticas por los agricultores que demuestran la capacidad en la gestión, prevención y adaptación al cambio climático.*

Las 14 prácticas que se implementan en todas las fincas están asociadas a:

1- Diseño de los sistemas forestales.
2- Manejo conservacionista del suelo.
3- Biodiversidad.
4- Prácticas para prevención y recuperación ante eventos extremos.

Las prácticas intermedias se relacionan con:

1- Manejo conservacionista del suelo y protección de las aguas.
2- Protección del suelo.
3- Estructura de cultivos.
4- Conservación de recursos genéticos.
5- Fertilización de los cultivos.

Las prácticas con bajo nivel de implementación se asocian a:

1- Manejo conservacionista del suelo.
2- Uso eficiente, manejo y protección de las fuentes de abasto.
3- Biodiversidad referida al uso de variedades y especies tradicionales.

Las nueve prácticas no utilizadas en ninguna de las fincas encuestadas se asocian a:

1- Eficiencia en el uso del agua.
2- Uso de energías renovables.
3- Utilización de bioproductos para la atención de cultivos.
4- Uso de especies y razas recomendadas.
5- Sanidad animal.



Los programas de formación de capacidades deben considerar estas brechas de conocimiento para lograr que los agricultores puedan incrementar la capacidad en la gestión, prevención y adaptación al cambio climático.

En la Tabla 3 se muestra el número de agricultores que aplican las prácticas para la gestión, prevención y adaptación al cambio climático en los sistemas silvopastoriles del Consejo Popular Campo Florido.

Tabla 3. Número de Agricultores que aplican las prácticas para la gestión, prevención y adaptación al cambio climático con enfoque de género en los sistemas silvopastoriles.

Prácticas	# de agricultores que la aplican
Cercas vivas perimetrales.	3
Cercas vivas internas.	3
Cortinas rompe vientos.	1
Linderos en la finca.	2
Arboledas o árboles en los cuartones.	3
Barreras vivas en terrenos inclinados (antierosivas).	2
Laboreo mínimo del suelo.	3
Protección de las radiaciones sobre la superficie del suelo.	0
Protección del suelo contra residuos.	1
Uso de implementos que no inviertan el prisma.	1
Rotar cultivos de cobertura (canavalia, boniato).	3
Protección de fuentes de abasto.	1
Captación-almacenamiento de agua.	1
Sistema de almacenamiento de agua.	2
Sistema de conducción de agua eficiente.	1
Sistemas de riego y Bebederos eficientes.	0
Uso de variedades y razas tolerantes al estrés hídrico.	3
Protección contra efluentes (evitar contaminación de aguas).	1
Uso de riego localizado eficiente.	1
Siembra en camellón con cobertura viva intercalada.	1
Siembra en el fondo del surco con cobertura temporal.	2
Uso de la tracción animal.	0
Uso de biodigestores.	0
Uso de secador solar.	3
Diversidad de cultivos.	0
Diversidad de biopreparados.	3
Uso de especies y razas tradicionales.	2
Selección y uso de variedades y razas recomendadas.	2
Obtención de semillas y pies de cría.	3
Conservación de semillas y pies de cría.	2
Poda de árboles.	3
Alimentación animal diversa y producida en la finca.	3
Diseño que garantice el bienestar animal.	3
Protección de animales contra ciclones.	3
Razas adaptadas a eventos extremos y no dependientes de alimento externo.	2
Potreros acuartonados.	3
Producción de materia orgánica.	1
Ovinos-caprinos semiestabulados.	0

En la Figura 2 se muestra porcentaje de prácticas que demuestran la capacidad en la gestión, prevención y adaptación al cambio climático con enfoque de género en las fincas de Campo Florido, según el nivel de implementación: 0 (no se aplica), 1(bajo nivel), 2 (nivel medio) y 3 (alto nivel de implementación).

1- 14 de las prácticas propuestas (36.8 %) tienen un alto grado de aplicación ya que se implementan en las tres fincas encuestadas de los sistemas silvopastoriles.

2- Ocho de las prácticas propuestas el (21,1%) (tienen un nivel medio de aplicación ya que se utilizan en dos de las fincas encuestadas.

3- 10 de las prácticas propuestas (26,3 %) tienen un nivel bajo de aplicación ya que se utilizan en solo una o dos fincas diagnosticadas.

4- Seis de las prácticas propuestas (18.4 %) no son empleadas en ninguna de las fincas diagnosticadas.

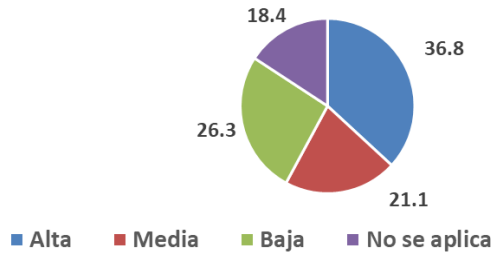


Figura 2. *Porcentaje de aplicación de las prácticas por los agricultores de Campo Florido que demuestran la capacidad en la gestión, prevención y adaptación al cambio climático.*

Las 14 prácticas que se implementan en todas las fincas están asociadas a:

1- Diseño del sistema ganadero y de cultivos.

2- Manejo conservacionista del suelo.

3- Enfrentamiento a la sequía.

4- Uso de energías renovable.

5- Medidas preparatorias ante eventos extremos.

Las ocho prácticas que tienen aplicación media están asociadas a:

1- Diseño de la finca.

2- Aprovechamiento del agua.

3- Uso de variedades y razas tradicionales y recomendadas.

4- Conservación de semillas y razas.

Las 10 prácticas que tienen un bajo nivel de implementación se asocian a:

1- Diseño de la finca.

2- Manejo conservacionista del suelo.

3- Manejo, uso y ahorro del agua.

Las seis prácticas que no son empleadas se relacionan con:

1- Protección del suelo.

2- Ahorro de agua.

3- Energía renovable.

4- Diversidad de cultivos.

5- Bienestar animal.

En la Tabla 4 se muestra la proporción de superficies boscosas y reforestadas respecto al total en los patios de las fincas de la UEB Forestal de Guanabo.

Tabla 4. *Proporción de superficies boscosas y reforestadas respecto al total en los patios de la Finca "Atocha" de la UEB Forestal de Guanabo.*

Patio	Superficie Total	Superficie boscosa	Superficie reforestada	Superficie boscosa	Superficie reforestada
	ha			Porcentaje	
"La Daysi"	47	5	0	10.6	0
"Atocha"	35	8	30	22.9	85.7
"La Loma"	74.5	9	30	12.1	40.3

En la Tabla 5 se muestran estos datos para las fincas del Consejo Popular Campo Florido, teniendo en cuenta que este elemento es importante para el diseño de los ecosistemas.

Tabla 5. *Fincas Agroforestales de Campo Florido y la proporción de superficies boscosas y reforestadas respecto al total.*

Forma productiva	Superficie Total	Superficie boscosa	Superficie reforestada	Superficie boscosa	Superficie reforestada
Área Colectiva CCS	ha		Porcentaje		
	1.7	0	0	0	0
Finca "Ateje"	8.09	3	6	37.08	74.16
Finca "El Paraíso"	3.76	0.52	0.52	13.8	13.8

El establecimiento de viveros permitirá incrementar las superficies reforestadas según se propone el indicador. Los datos contenidos en las Tablas 6 y 7 se obtuvieron a través de encuestas, ya que no se evidenció la existencia de un plan de reforestación; los especialistas alegan que estos planes no se encuentran actualizados debido a la carencia de financiamiento obtenido a través del Fondo Nacional de Desarrollo Forestal (FONADEF).

En la Tabla 6 se muestran las superficies sembradas o plantadas con gramíneas en las Fincas pertenecientes a la CCS "Juan Manuel Márquez" y la O/B de Pequeños Rumiantes.

Tabla 6. *Gramíneas y leguminosas sembradas o plantadas en las fincas ganaderas del Consejo Popular "Campo Florido".*

Fincas	Leguminosas	Gramíneas
	(ha)	
Área Colectiva de la CCS "Juan Manuel Márquez"	0	0
Finca "Ateje"	0	3 (caña)
	0	(4) King grass
Finca "El Paraíso"	Árboles dispersos de leucaena.	1 pasto

Por otra parte, en las Fincas de la UEB Forestal, se encontró que también se produce alimento animal en dos patios: "La Daysi" que dispone de 5000 m^2 de moringa en áreas de pastoreo y en "Atocha" 1 ha King Grass.

Las encuestas a los Especialistas de la Empresa Agroforestal arrojaron la siguiente información:

Existencia de un Plan de manejo de áreas protegidas (laguna Itabo-Cobre y la Coca y en todas las áreas de la UEB). Sin embargo, no se constata la existencia de un diseño para mejorar la adaptación basada en ecosistemas.

Estos elementos no se consideraron definitorios de un diseño para mejorar la adaptación basada en ecosistemas. No obstante, al revisar los planes de manejo de las áreas protegidas en la que se ubica la Finca "Atocha" se constató que no existen acciones conducentes a mejorar los sistemas agroforestales.

En la Finca "Atocha" se encuestaron cinco agricultores (tres mujeres y dos hombres). Solo una mujer conoce lo que es la forestaría análoga, argumentando que consiste en incrementar las especies en los bosques establecidos y que el sistema silvopastoril se refiere a que las áreas incrementan las especies de mejor alimentación animal (Figura 3).

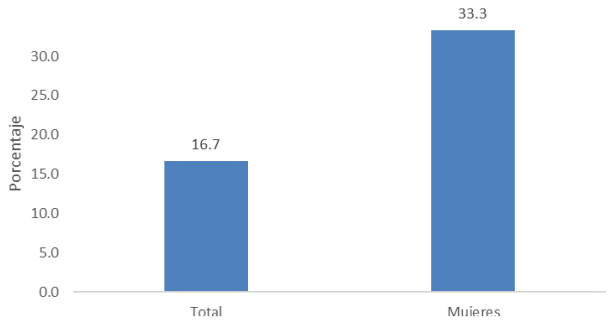


Figura 3. *Porcentaje de mujeres que tienen conocimiento sobre los sistemas silvopastoriles y forestería análoga en la Finca "Atocha"*

En los sistemas ganaderos del Consejo Popular "Campo Florido" De un total de 3 mujeres, ninguna conoce sobre la forestaría análoga, ni de sistemas silvopastoriles. El presidente de la CCS Juan Manuel Márquez, expresa que la forestería análoga hace referencia a la explotación eficiente de la tierra y la plantación.

Se plantea que no existen prácticas machistas; por lo que se debe profundizar con técnicas apropiadas en esta temática y lograr obtener un resultado coherente con lo que se sabe que existe en términos de género.

En la Tabla 7 se muestra la superficie reforestada en las fincas ganaderas de la CCS "Juan Manuel Márquez" y la O/B pequeños rumiantes.

Tabla 7. *Superficie reforestada.*

Fincas	Superficie reforestada (%)
Área Colectiva de la CCS "Juan Manuel Márquez"	0
Finca "Ateje"	74.16
Finca "El Paraíso"	13.8

En la Tabla 8 se muestran las especies de leguminosas y gramíneas presentes en las fincas del Área Colectiva de la CCS "Juan Manuel Márquez" y las fincas de la O/B pequeños rumiantes.

Tabla 8. *Variedades de especies de gramíneas y leguminosas presentes en las fincas silvopastoriles de Campo Florido.*

Fincas	Leguminosas	Gramíneas
Área Colectiva de la CCS "Juan Manuel Márquez"	0	0
Finca "Ateje"	0	2 (caña (Jaronú 65 y King Grass variedad CT-115)
Finca "El Paraíso"	Árboles dispersos de leucaena.	1 pasto (estrella)

En la CCS "Juan Manuel Márquez" que tiene 385,03 ha, de ellas 270 dedicadas a la ganadería (70%) de su superficie total, el alimento animal se dispone según la Tabla 8. Estos campos sirven de banco de semilla para las fincas que deben de incrementar la siembra de estas especies.

En la Finca "Ateje" se siembra para alimento animal la moringa, la Titonia y la leucaena además de las especies de gramíneas reflejadas en la Tabla 10.

La Finca "El Paraíso" además de los pastos naturales y la leucaena, moringa y Titonia (árboles proteicos no leguminosos) en áreas dispersas.



En la Tabla 9 se muestra el total de superficies dedicada al alimento animal en la CCS "Juan Manuel Márquez"

Tabla 9. *Existencia de superficies sembradas con alimento animal en la CCS "Juan Manuel Márquez"*

Cultivo	Superficie (ha)
Pastos naturales	247
King Grass	7
Caña de azúcar	13
Titonia y Morera	3

En la Tabla 10 se muestra el número de cabezas de ganado mayor y menor en las fincas ganaderas del Consejo Popular "Campo Florido".

Tabla 10. *Existencia de animales en las fincas ganaderas de la CCS" Juan Manuel Márquez" y en las fincas de la O/B pequeños rumiantes del Consejo Popular "Campo Florido".*

Fincas	Bovino	Ovino	Caprino
Área Colectiva de la CCS "Juan Manuel Márquez"		20 reproductoras 2 sementales	
Finca "Ateje" de Ramón de Jesús Díaz Batista	3 Toretes, 3 Añoja 4Reproductoras 4 ceba, 6 novillas	70 reproductoras 30hembras jóvenes 2 sementales	20 reproductoras 15 hembras jóvenes 3 semental
Finca "El Paraíso" Héctor Cuello Machado		40 de ellas 20 reproductoras 20 crías	40. de ellas 20 reproductoras 20 crías

En la Tabla 11 se muestra la superficie boscosa y reforestada y su contribución respecto al total de las fincas del Consejo Popular "Campo Florido".

Tabla 11. *Superficies boscosas y reforestadas y su relación con la superficie total en los sistemas ganaderos del Consejo Popular "Campo Florido".*

Forma productiva	Superficie Total	Superficie boscosa	Superficie reforestada	Superficie boscosa	Superficie reforestada
Área Colectiva de la CCS "Juan Manuel Márquez"	ha		Porcentaje		
	1.7	0	0	0	0
Finca "Ateje"	8.09	3	6	37.08	74.16
Finca "El Paraíso"	3.76	0.52	0.52	13.8	13.8

En la Tabla 12 se muestra la superficie boscosa y reforestada y su contribución respecto al total de las fincas del Consejo Popular "Guanabo".

Tabla 12. *Superficies boscosas y reforestadas y su relación con la superficie total en los sistemas ganaderos del Consejo Popular "Guanabo".*

Patio	Superficie Total	Superficie boscosa	Superficie reforestada	Superficie boscosa	Superficie reforestada
	ha			Porcentaje	
"La Daysi"	47	5	0	10.6	0
"Atocha"	35	8	30	22.9	85.7
"La Loma"	74.5	9	30	12.1	40.3

CONCLUSIONES

1. Existe un nivel medio de implementación de prácticas agroecológicas que permitan incrementar la capacidad de gestión, prevención y adaptación al cambio climático, ya que de un total de 38 prácticas evaluadas solo se implementan en todas las fincas 14. Otras prácticas se emplean en nivel medio, bajo o no se aplican.
2. Existe potencial para incrementar las superficies reforestadas por la disponibilidad de equipo técnico y de posturas de diferentes especies maderables disponibles.
3. Las dos políticas locales incluidas en la Estrategia de Desarrollo Municipal, que tributan a la Ley SSAN y a la estrategia de enfrentamiento ante el cambio climático deben ser validadas en los espacios de participación de productoras y productores.
4. Existe potencial para el desarrollo de sistemas silvopastoriles y forestería análoga, a partir de la formación de capacidades que pueden realizar los institutos de investigación.
5. Se debe profundizar en el tema de género ya que no se reconoce la existencia de prácticas machistas, lo que conlleva a la no comprensión del rol que puede tener la mujer en los sistemas forestales y silvopastoriles.
6. Es escasa la diversificación de alimento animal en las fincas en cuanto a presencia de más de una variedad de gramíneas, y la no presencia de leguminosas.
7. Se mantienen las limitaciones para la preparación de suelos y otras actividades agrícolas por la poca disponibilidad de combustible, equipos y el estado de deterioro de los existentes.
8. Según la percepción de los agricultores los eventos extremos que más afectan a la agricultura y forestería son las altas temperaturas, la sequía y los ciclones.
9. Se refuerza la importancia del desarrollo de una estrategia de comunicación que divulgue la importancia del consumo sano de alimentos y la Ley de Soberanía Alimentaria Seguridad Alimentaria y Nutricional para que la población local conozca y esté informada.

RECOMENDACIONES

1. Profundizar en la política local de enfrentamiento al cambio climático que dé respuesta a las problemáticas existentes en los sistemas silvopastoriles y forestales del municipio.
2. Profundizar en la dinamización de la Ley de Soberanía Alimentaria Seguridad Alimentaria y Nutricional para que todos los actores locales conozcan los mecanismos que favorecen y que dificultan su implementación y realicen planes de riesgo en función de garantizar las acciones que lo favorecen.
3. Profundizar en el tema de género para que se pueda evaluar el impacto de las mujeres en los sistemas silvopastoriles y forestales.
4. Complementar las acciones de formación de capacidades en forestería análoga y silvopastoreo, con el aprendizaje de buenas prácticas.

Bibliografía

Gaceta Oficial No. 51 Extraordinaria de 16 de noviembre de 2017. Ley no. 124/17.

Wilmer Toirac-Argüelles, Adalberto Matos-Leyva, Víctor Fuentes-Utrias, Eider Suárez Ramos, Víctor Silot-Sanam, Orlidia Hechavarría. 2011. Resultados preliminares de la forestería análoga en la provincia de Guantánamo. Revista Forestal Baracoa vol. 30 (2), julio-diciembre 2011 ISSN: 0138-6441 Artículo científico, pp. 51-59.

Karen Trejo-Arista, Enrique Cortés-Díaz., Pedro Arturo Martínez-Hernández y Maximino Huerta-Bravo. Sistemas Silvopastoriles: Una estrategia para la resiliencia ambiental en empresas ganaderas Laura. Pastos y Forrajes, Vol. 46, 2023.



CV-09. Diagnóstico integral de tres unidades lecheras del Instituto de Ciencia Animal

Integral diagnosis of three dairy farms of the Instituto de Ciencia Animal

A. Sosa Ceijas[*]*; R.J. García López; J. Alonso Lazo; A. Hernández Rodríguez; R.O. Martínez Zubiaur; D. Fortes González; R. Rodríguez Hernández; D. Valenciaga Gutiérrez; J. Galindo Blanco; I. Rodríguez García; T. Pérez Pérez; K. Díaz Gómez; M.A. Santana Gómez; M.R. González Medina y J.M. Rodríguez Mora.*

Instituto de Ciencia Animal, Carretera Central km 47½, San José de las Lajas, Mayabeque; Cuba.

[*]Correspondencia a: ariceijas@gmail.com

RESUMEN

La producción y calidad de leche no solo está determinada por los aspectos tecnológicos propios del sistema productivo, existe marcada influencia de elementos de inocuidad y aspectos medioambientales que influyen en la sostenibilidad de las producciones. En este sentido para la caracterización de las unidades lecheras es imprescindible contar con herramientas de diagnóstico robustas que abarquen estas temáticas y aporten información suficiente para la exhaustiva descripción de su estado actual. El presente trabajo tuvo como objetivo caracterizar las condiciones tecnológicas, medioambientales y de inocuidad para la producción de leche en tres unidades lecheras del Instituto de Ciencia Animal. Como herramientas de diagnóstico se diseñaron un modelo para la caracterización de la unidad, una encuesta ambiental y una metodología para el diagnóstico de inocuidad del proceso de obtención de leche cruda. Los resultados evidencian debilidades en capacitación, diversificación de la base alimentaria, manejo del suelo, uso del agua, manejo del estiércol y empleo de fuentes renovables de energía. Se observó incumplimiento de los requisitos sanitarios para la obtención de leche cruda, fundamentalmente en las etapas de alimentación del ganado y trazabilidad. Se concluye que las herramientas de diagnóstico diseñadas posibilitaron la caracterización de las condiciones tecnológicas, ambientales y de inocuidad de las unidades lecheras del Instituto de Ciencia Animal, identificando fortalezas y debilidades. La información que se genera constituye un insumo estratégico para la toma de decisiones y la orientación de acciones de capacitación, investigación y extensión.

Palabras clave: *producción primaria, leche cruda, gestión ambiental, inocuidad, calidad*

ABSTRACT

The production and quality of milk are not only determined by the technological aspects of the production system, but there is also a marked influence from safety elements and environmental aspects that affect the sustainability of productions. In this sense, for the characterization of dairy units, it is essential to have robust diagnostic tools that encompass these themes and provide sufficient information for a thorough description of their current state. The present work aimed to characterize the technological, environmental, and safety conditions for milk production in three dairy units of the Instituto de Ciencia Animal. As diagnostic tools, a model for characterizing the unit, an environmental survey, and a methodology for diagnosing the safety of the raw milk production process were designed. The results highlight weaknesses in training, diversification of the food base, soil management, water usage, manure handling, and the use of renewable energy sources. Non-compliance with safety requirements for the obtention of raw milk was observed, primarily in the stages of livestock feeding and traceability. It is concluded that the diagnostic tools designed enabled the characterization of the technological, environmental, and safety conditions of the dairy units of the Instituto de Ciencia Animal, identifying strengths and weaknesses. The information generated serves as a strategic input for decision-making and the direction of training, research, and extension actions.

Keywords: *primary production, raw milk, environmental management, safety, quality*

INTRODUCCIÓN

La ganadería actual enfrenta el reto de mejorar su desempeño ambiental y lograr la sostenibilidad de sus producciones. En varias de sus metas, se destaca la necesidad de información para la adopción de decisiones fundamentadas, promoviendo la obtención de datos oportunos, fiables, así como, la elaboración de indicadores que faciliten el diagnóstico y seguimiento (Marino 2023).

En el caso de la cadena lechera, la caracterización de la producción primaria ofrece un panorama de las estructuras y formas de trabajo para el mejoramiento de la producción de leche, a partir de tecnologías adecuadas para cada escenario (Molano-Bernal *et al.* 2021). Existen numerosos estudios relacionados con el diagnóstico de la cadena productiva de leche (Cuevas-Reyes *et al.* 2007, Londoño-Vélez *et al*. 2016, Molano-Bernal *et al.* 2021). Sin embargo, son menos los que caracterizan los aspectos ambientales presentes en este proceso.

Por otro lado, en la ganadería cubana es común encontrar deficiencias en cuanto a calidad e inocuidad a partir de la producción primaria de leche (Hernández-Rodríguez *et al.* 2020). En este sentido, en Cuba se ha trabajado en la evaluación del estado de aplicación de Buenas Prácticas Lecheras (Martínez *et al*. 2014 y Cuellar-Valero y Reyes 2023) consideradas en algunos casos como prerrequisitos para el Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (APPCC).

Como parte de este análisis, según establece la NC 136 (2017), es necesario el diagnóstico de los peligros que puedan afectar la inocuidad del producto alimenticio. A pesar de esto, hasta la actualidad, no se reporta en nuestro país la implementación del sistema de APPCC en la producción de leche cruda.

Teniendo en cuenta los antecedentes expuestos, la presente investigación tuvo como objetivo caracterizar las condiciones tecnológicas, medioambientales y de inocuidad de tres unidades lecheras del Instituto de Ciencia Animal.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en tres unidades lecheras del ICA, el cual está ubicado en la llanura Habana Matanzas, entre los 22º 53' latitud norte y 82º 02' longitud oeste, a una altura de 92 m sobre el nivel del mar. Situado en el municipio San José de las Lajas, provincia Mayabeque, Cuba. El área tiene un clima estacionario húmedo tropical con promedio de precipitaciones anual de1 320 mm y temperatura media anual de 25ºC (Herrera *et al.* 2018).

La investigación tuvo enfoque mixto, pues combinó métodos teóricos y empíricos. Dentro de los métodos teóricos se utilizó el análisis síntesis para la revisión de la literatura referente a diagnósticos tecnológicos, ambientales y de inocuidad de la producción de leche. Como método empírico se empleó la tormenta de ideas con la participación de 15 expertos en diferentes disciplinas como: producción de leche, nutrición, manejo agronómico, genética y gestión ambiental. Mediante esta técnica se identificaron los elementos que conformarían las herramientas de diagnóstico.

Se obtuvieron tres herramientas de diagnóstico para la caracterización integral de las unidades. La primera consistió en un modelo de diagnóstico que se estructuró en siete secciones correspondientes a: 1) datos del personal, 2) datos generales de la unidad, 3) base alimentaria para el ganado, 4) alimentación alternativa y suplementación, 5) manejo agronómico, 6) manejo zootécnico y salud animal y 7) indicadores productivos. Para la selección de los elementos que conformarían el modelo se tuvo en cuenta estudios previos de caracterización de la producción de leche (Cuevas-Reyes *et al.* 2007, Vélez *et al.* 2013, Londoño-Vélez *et al.* 2016, Molano-Bernal *et al.* 2021).

La encuesta ambiental para unidades lecheras, abarcó aspectos socioeconómicos, estado y uso de los recursos naturales y la energía y manejo de residuos y sustancias peligrosas, distribuidos en 52 preguntas. Se tomó como base la matriz de caracterización del componente ambiental en las diferentes fases de la cadena láctea diseñada por Dehaquiz y Zambrano (2012) y encuestas diseñadas por Vélez-Castro *et al.* (2014) y Salazar-Cárdenas (2015).

Para la identificación de los peligros que puedan afectar la inocuidad de la leche producida en las unidades lecheras del ICA se propuso una metodología que comprendió la revisión de los registros, observaciones directas de las diferentes partes del proceso de obtención de leche cruda y la aplicación de una encuesta a los trabajadores. Para la observación se elaboró una lista de chequeo que abarcó las diferentes partes del proceso de obtención de leche cruda como son: alimentación y agua para los animales, instalaciones, tratamiento médico y sanidad de los animales, ordeño, tanque de almacenamiento y trazabilidad de la leche. Se tomó como referencia los requisitos generales para la aplicación del sistema de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control según NC 136 (2017), los requisitos sanitarios para leche cruda según NC 1133 (2016) y la lista de chequeo elaborada por Cuellar-Valero y Reyes (2023) a partir de las indicaciones del PROCAL. Se diseñó una encuesta de 22 preguntas, que permitió apreciar el conocimiento de los trabajadores de las unidades acerca del proceso de obtención de la leche y los factores que influyen en su inocuidad. Para confirmar el rigor científico de los resultados desde el punto de vista cualitativo, se tomaron criterios de forma cruzada de la información obtenida en el análisis de documentos, la encuesta y la observación; con el objetivo de comprobar si las informaciones aportadas por una fuente son de alguna manera corroboradas por otra.

Para el análisis de las respuestas se realizó análisis de comparación de proporciones (chi-cuadrado), se utilizó el programa estadístico ComparPro versión 1 (Font *et al.* 2007). Se aplicó la dócima de Duncan (Duncan 1955) para $p<0,05$ en los casos necesarios.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Perfil de los encuestados

En las unidades lecheras se encontró una fuerza laboral relativamente joven, pero con bajo nivel de estabilidad. El 55,6% tiene menos de 5 años en la unidad. Predomina el nivel de escolaridad media, lo que podría afectar la adopción de prácticas sostenibles, lo que fue demostrado por Ojeda-Carrasco *et al.* (2020). Solo el 33% ha recibido capacitación en la labor que realizan. Menciona Gudiño (2018) citado en Roca Cedeño (2022) que todo tipo de actividades agropecuarias generan alteraciones a los bienes ambientales, a tal efecto, las capacitaciones hacia los productores forman pilares fundamentales para el desarrollo de buenas prácticas, estas ya sean, agrícolas, ambientales, sociales y de producción.

Ninguno de los trabajadores reside en la unidad y la mayoría (67%) ($p<0,05$) consideró que la vía de acceso es regular. Con relación a la motivación para trabajar en el sector el 78% ($p<0,001$) expresó que le gustaba la actividad y solo el 22% lo ve como una fuente de empleo.



Estado de las instalaciones

Las tres unidades disponen de energía eléctrica y acceso al agua. La existencia y estado de las instalaciones y construcciones de las unidades se describen a continuación. En ninguna existe vivienda. El número de naves está entre 3 y 5 y todas en estado constructivo regular, estas cuentan con saleros, comederos, bebederos y tanques de agua. Todas las unidades presentan una sala de ordeño, cepo y estercolero.

Con relación a los equipos y maquinarias presentes en las unidades podemos decir que estos son escasos. Todas las vaquerías tienen un equipo de ordeño y un tanque de frío. No poseen moledora de forraje, tractor, fumigadora, mezcladora ni bomba de agua.

Composición del rebaño

En las tres unidades los genotipos más representados son el Siboney de Cuba y los Mestizos de Siboney. El tipo de reproducción es por inseminación artificial en todas las unidades. La detección de celos es de manera visual. Los apareamientos que se realizan son dirigidos de manera que produzcan animales registrados, según los programas genéticos en ejecución. En la actualidad se insemina con semen de toros Siboney de Cuba registrados, y se verifica que la línea familiar de los sementales y las vacas no sea la misma para evitar los efectos dañinos de la consanguinidad.

El total de animales promedio por unidad es de 64.3. El promedio de vacas en ordeño es 24.33, de vacas secas 31.66 y de novillas incorporadas 4.66. El peso promedio para estas categorías es de 386.66 Kg, 390 Kg y 330 Kg, respectivamente. Como promedio hay 3 terneros por unidad. En ninguna de las unidades hay novillas no incorporadas, añojas, toros, toretes, bueyes, sementales, caballos ni otras especies.

Base alimentaria

La superficie total de cada una de las unidades es la siguiente: Vaquería B 73 Ha, Genético III 42 Ha y Genético IV 60 Ha. En dos de las unidades (Genético III y IV) predominan los pastos mejorados y en la Vaquería B existe predominio de pastos naturales. En ninguna unidad hay presencia de plantas proteicas y solo genético III cuenta con un sistema silvopastoril con *Leucaena leucocephala.* Solo en una de las unidades se producen semillas. En esta se aplica la tecnología del banco de biomasa con *Cenchrus purpureus* vc Cuba CT-115.

Manejo de recursos naturales

Se identificó uso extensivo del suelo sin prácticas de fertilización orgánica. El 33% de los trabajadores reportó mala calidad del agua, y en ningún caso se mide su consumo. Se identifican condiciones de sequía moderada y lluvias irregulares con influencia climática diferenciada entre unidades (tabla 1).

Este comportamiento se debe a la ubicación de las unidades, al estar distantes presentan microclimas diferentes. Las diferencias en los niveles de inundaciones están dadas por diferencias en el relieve y el tipo de suelo donde se localizan las unidades, debido a que han estado sometidos a constantes cambios en los últimos 30 años existiendo mayor escurrimiento en las dos primeras, de acuerdo con lo planteado por Álvarez *et al*. (2012).

Tabla 1. *Comportamiento del período poco lluvioso (PPLL), período lluvioso (PLL) y la ocurrencia de inundaciones 2019- 2024*

Área	PPLL (noviembre-abril)	PLL (mayo-octubre)	Inundaciones
Vaquería B	Moderada	Moderada	No presenta
Genético III	Ligera	Abundantes	No presenta
Genético IV	Moderada	Moderada	Moderada

Otro de los problemas ambientales que afecta las unidades en los últimos años son las afectaciones en la biodiversidad, indicando como principal causa las plantas invasoras. Por esta situación se deben considerar dentro de las medidas, la aplicación de programas de recuperación de tierras ociosas, lo que permitiría disponer de más área para el pastoreo y la producción de forrajes. Según Muñoz *et al*. (2013) citado en Acosta Gutiérrez *et al*. (2018) la presencia de especies invasoras afecta la productividad y calidad de los pastizales, al ocupar áreas dedicadas a este fin, además establecen competencia por el agua, la luz y los nutrientes, cuestiones necesarias para asegurar la eficiencia y sostenibilidad de los sistemas ganaderos.

Con relación al estado y uso de la energía, el 100% de los trabajadores de las unidades respondieron que cuentan con energía eléctrica en la unidad y que no utilizan fuentes renovables de energía. Según Rosas y Villasana (2022) la adopción de tecnologías en los sistemas de producción en el sector agroalimentario requiere del entendimiento del fenómeno con miras a una mejora de la eficacia de los procesos. Por otro lado, el factor económico influye en la toma de decisión para la implementación de la tecnología, según lo planteado por Cerón-Muñoz *et al.* (2022).

Gestión de residuos

El 66,7% de los desechos sólidos se quema, y los líquidos van al desagüe sin tratamiento. El 77,8% no maneja residuos peligrosos. Esta situación puede afectar la salud animal, con las consiguientes implicaciones en el ambiente humano. El vertimiento de los residuales puede provocar la contaminación de aguas superficiales y subterráneas, si se tiene en cuenta que estas unidades están ubicadas sobre la cuenca del rio Mayabeque. Por otro lado, la optimización del uso del estiércol animal es un objetivo importante en la gestión de nutrientes en los sistemas integrados ganadería-agricultura, especialmente si el objetivo final es la correcta utilización de los recursos que se disponen (Vera, 2011 citado en Pérez- Rodríguez *et al*. 2022).

Inocuidad

Como resultado de la aplicación de la lista de verificación se obtuvo el estado de cumplimiento de los requisitos sanitarios para cada etapa del proceso de obtención de leche cruda. En la figura 1 se presenta el porciento de cumplimiento por acápites.

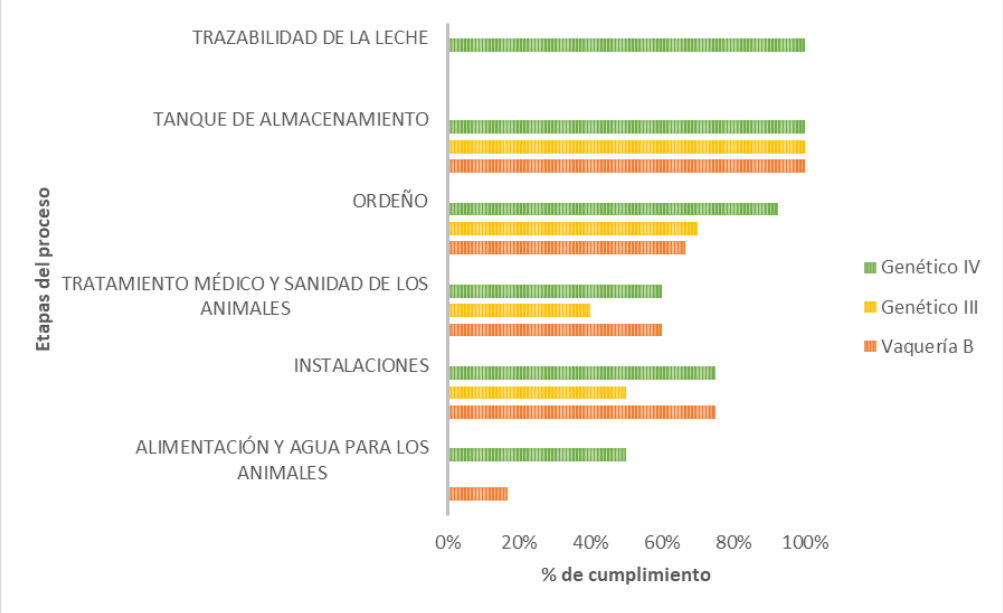


Figura 1. *Estado de cumplimiento de los requisitos sanitarios en diferentes etapas del proceso de obtención de leche cruda*

Los resultados observados se corroboraron con las encuestas a los trabajadores. Los principales problemas se detectaron en la etapa de alimentación y agua para los animales. Un aspecto común es que no se analiza el forraje ni el agua de consumo. Con relación a las instalaciones todas las unidades tienen un diseño adecuado de la nave de sombra. Sin embargo, no tiene programas de desinfección y desratización.

Otro aspecto importante en el proceso de obtención de leche cruda es el control de los animales con tratamiento médico. Tanto con la lista de chequeo como con las encuestas realizadas se corroboró que en las tres unidades se identifican los animales en tratamiento, aunque no existen registros.

La etapa de ordeño es la que mayor número de requisitos presenta. En las unidades objeto de estudio se comprobó el cumplimiento de las buenas prácticas de ordeño. Lo anterior coincide con lo observado en la encuesta a los trabajadores, donde el 100% afirmaron que tenían preparación para realizar la labor que desempeñan y que tenían conocimiento de buenas prácticas de ordeño.

Como último aspecto, en todas las unidades se comprobó que existen las condiciones adecuadas para el mantenimiento de la leche hasta el momento de su recogida.



CONCLUSIONES

Se concluye que las herramientas de diagnóstico diseñadas posibilitaron la caracterización de las condiciones tecnológicas, ambientales y de inocuidad de las unidades lecheras del Instituto de Ciencia Animal, identificando fortalezas y debilidades. La información que se genera constituye un insumo estratégico para la toma de decisiones y la orientación de acciones de capacitación, investigación y extensión.

BIBLIOGRAFÍA

Cuellar-Valero, E.C., Reyes R.D.R. 2023. Diagnóstico de buenas prácticas lecheras en vaquerías del Municipio de Cumanayagua, Cienfuegos. Revista Científica Agroecosistemas, 11(2), 6-15.

Cuevas-Reyes, V., Espinosa-García, J.A., Flores-Mendiola, A.B., Romero-Santillán, F., Vélez-Izquierdo, A., Jolalpa-Barrera, J.L., Vázquez-Gómez, R. 2007. Diagnóstico de la cadena productiva de leche de vaca en el estado de Hidalgo. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias, 45(1), 25-40

Dehaquiz, Y., Zambrano, S. 2012. Diagnóstico situacional y ambiental de la cadena láctea del Departamento de Boyacá. In Vestigium Ire, 5(1), 37-46. ISSN 2011-9836

Hernández-Rodríguez, R., Armenteros-Amaya, M., Silvera-Segura, K. 2020. Caracterización de la cadena de producción láctea en cuatro provincias de Cuba. I. Generalidades y descripción del contexto externo. Revista de Salud Animal. 42(1),1-10. ISSN: 2224-4700.

Londoño-Vélez, C.E., Carvajal G.H., Arguelles J.H. 2016. Diagnóstico tecnológico de los sistemas de producción de leche especializada en el trópico alto colombiano. Ciencia y Tecnología Ganadera, 10(3), 207-214

Marino, M.R. 2023. Encuesta Sectorial Lechera (ESL). EEA Pergamino, INTA. 92-98

Martínez, A., Villoch, A., Ribot, A., Ponce, P. 2014. Diagnóstico de Buenas Prácticas Lecheras en una cooperativa de producción. Revista de Salud Animal, 36 (1), 14-18

Molano-Bernal, L.C., Tibaduiza-Castañeda, L.P., Cañar-Serna, D.Y., Aguilera-Arango, G.A. 2021. Diagnóstico de la producción primaria en fincas lecheras del proyecto cadena de valor láctea en Boyacá y Nariño, Colombia. Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales, 8(1), 54-61. ISSN: 2518-6868. https://doi.org/10.53287/hcdz9769pa51u

NC 1133:2016. Leche cruda. Requisitos sanitarios generales

NC 136:2017. Sistema de análisis de peligros y puntos críticos de control.

Salazar-Cárdenas, O.L. 2015. Evaluación de la implementación de Buenas Prácticas Pecuarias en la producción de ovinos y caprinos en la zona metropolitana de los municipios de Bucaramanga y Lebrija. Tesis presentada para optar al título de Magister en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente. Facultad de Ciencias Contables Económicas y Administrativas, Universidad de Manizales, Manizales, Colombia.

CV-10. Gestión ambiental sostenible: una propuesta de indicadores de evaluación a tres unidades lecheras del Instituto de Ciencia Animal

Sustainable environmental management: a proposal for evaluation indicators for three dairy units of the Instituto de Ciencia Animal

K. Díaz Gómez[1]; A. Sosa Ceijas[1] y B. Garea Moreda[2]*

[1]Instituto de Ciencia Animal, Carretera Central km 47½, San José de las Lajas, Mayabeque; Cuba.

[2]Instituto de Tecnologías y Ciencias Aplicadas, Ministerio de Educación Superior, La Habana, Cuba.

[*]Correspondencia a: katiuki.alito@gmail.com

RESUMEN

La producción lechera institucional en Cuba enfrenta desafíos ambientales crecientes vinculados al uso ineficiente de recursos, prácticas inadecuadas de manejo y limitaciones estructurales. Este estudio aplicó el modelo Fuerzas Motrices–Presión–Estado–Impacto–Respuesta (FMPEIR), adaptado al contexto local, para identificar indicadores ambientales clave en tres unidades de producción lechera del Instituto de Ciencia Animal. La metodología se basó en encuestas, análisis de campo, reuniones técnicas y revisión documental, integrando el enfoque GEO del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Los resultados evidencian presiones críticas asociadas a deficiencias en la gestión de residuos, degradación de suelos, contaminación hídrica, desigualdades sociales y efectos del cambio climático. A partir del diagnóstico se proponen respuestas sostenibles fundamentadas en servicios ecosistémicos, que incluyen la implementación de biodigestores, sistemas silvopastoriles, energías renovables, programas de capacitación y monitoreo ambiental. Se concluye que el modelo FMPEIR demostró ser una herramienta útil para evaluar la sostenibilidad ambiental en unidades lecheras institucionales. Se identificaron múltiples factores de presión que deterioran el estado del medio ambiente y afectan la productividad. Las propuestas de respuesta incluyen tecnologías limpias, mejor gestión de residuos, capacitación ambiental y monitoreo con indicadores. La integración de servicios ecosistémicos fortalece la alineación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible y ofrece una base sólida para el diseño de políticas institucionales orientadas al desarrollo agropecuario sostenible.

Palabras clave: *producción de leche, sostenibilidad, modelo FMPIER*

ABSTRACT

Institutional dairy production in Cuba faces growing environmental challenges linked to inefficient resource use, inadequate management practices, and structural limitations. The dairy units of the Institute of Animal Science are not exempt from these issues, so identifying the impacts of this activity will help establish sustainability measures, demonstrating that productivity and conservation can coexist. This study applied the Driving Forces–Pressure–State–Impact–Response (DPSIR) model, adapted to the local context, to identify key environmental indicators in three dairy production units of the institution. The methodology was based on surveys, field analysis, technical meetings, and document review, integrating the GEO approach of the United Nations Environment Programme (UNEP). The results reveal critical pressures associated with waste management deficiencies, soil degradation, water pollution, social inequalities, and the effects of climate change. Based on the diagnosis, sustainable responses grounded in ecosystem services are proposed, including the implementation of biodigesters, silvopastoral systems, renewable energy, training programs, and productive environmental monitoring. The institutionalization of these practices will set a precedent for the Cuban agricultural sector. It is concluded that the DPSIR model proved to be a useful tool for evaluating environmental sustainability in institutional dairy units. Multiple pressure factors that deteriorate the state of the environment and affect productivity were identified. The proposed responses include clean technologies, better waste management, environmental training, and monitoring with indicators. The integration of ecosystem services strengthens alignment with the Sustainable Development Goals and offers a solid basis for designing institutional policies aimed at sustainable agricultural development.

Keywords: *milk production, sustainability, model DPSIR*

INTRODUCCIÓN

La sostenibilidad ambiental ha cobrado una importancia creciente en los sistemas agropecuarios, en particular en aquellos vinculados a la producción de alimentos de alto impacto como la leche. A medida que se profundizan los efectos del cambio climático y se intensifican las demandas de eficiencia, el equilibrio entre productividad y conservación de los recursos naturales se convierte en una prioridad estratégica. La producción lechera, aunque esencial para la seguridad alimentaria y la economía local, genera impactos ambientales significativos, especialmente cuando se desarrollan prácticas de manejo inadecuadas o se opera con tecnologías obsoletas.



En este contexto, el uso de indicadores ambientales permite medir, interpretar y gestionar los efectos que las actividades agropecuarias ejercen sobre los sistemas naturales y sociales. Diversos autores coinciden en que estos indicadores pueden ser cuantitativos, cualitativos o descriptivos, y deben reflejar dimensiones físicas, biológicas, económicas y sociales. Una de las herramientas más completas para organizar estos indicadores es el modelo Fuerzas Motrices–Presión–Estado–Impacto–Respuesta (FMPEIR), utilizado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) como marco de referencia para sus Evaluaciones Ambientales Integrales (EAI). Este modelo ofrece una visión sistémica y relacional que facilita la identificación de causas profundas, presiones inmediatas, cambios observables y posibles acciones correctivas (Portillo, 2020; Segarra, 2022; Medical, 2024).

El Instituto de Ciencia Animal (ICA), como centro nacional de referencia, opera unidades de producción lechera que también cumplen funciones experimentales. Sin embargo, en estas unidades se presentan signos evidentes de deterioro ambiental, insuficiencia en la gestión de residuos, vulnerabilidad climática, baja capacitación técnica y desigualdades sociales persistentes. Frente a este escenario, se impone la necesidad de construir una línea base de sostenibilidad que permita orientar políticas, inversiones y acciones de mejora.

El presente estudio tiene como objetivo aplicar el modelo FMPEIR para identificar indicadores ambientales clave en tres unidades lecheras del ICA, contribuyendo así a la formulación de estrategias de gestión ambiental sostenible que integren enfoques ecosistémicos, climáticos y sociales.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación empleó el enfoque metodológico del Global Environment Outlook (GEO), propuesto por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), que se articula mediante el modelo analítico FMPEIR (Fuerzas Motrices–Presión–Estado–Impacto–Respuesta). Este modelo permitió estructurar un análisis causal y sistémico de las problemáticas ambientales presentes en tres unidades de producción lechera del Instituto de Ciencia Animal.

Para la recolección de datos se utilizaron métodos empíricos y participativos. Se aplicaron dos encuestas diferenciadas: una dirigida al personal operativo (trabajadores) y otra a directivos y expertos vinculados a la gestión ambiental y productiva. Estas encuestas fueron diseñadas para captar información sobre prácticas de manejo, percepción de riesgos ambientales, condiciones laborales, género, uso de recursos naturales y aplicación de normativas.

Asimismo, se realizaron reuniones técnicas con especialistas del proyecto institucional "Fortalecimiento de la cadena de valor de la leche y sus derivados a partir de alternativas tecnológicas y producciones cooperadas". Estas sesiones permitieron validar los resultados preliminares y profundizar el análisis de presiones e impactos. Se revisó documentación técnica institucional y estudios previos sobre calidad del agua, suelos, residuos y estado de la infraestructura.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las unidades de estudio estuvieron constituidas por tres vaquerías pertenecientes al Instituto de Ciencia Animal (vaquería B, genético III y genético IV). Estas unidades se seleccionan por su representatividad institucional, diversidad de condiciones productivas y relevancia estratégica en la investigación agropecuaria nacional. Como primer resultado se identificaron las siguientes **fuerzas motrices** que responden a la interrogante: ¿qué le está sucediendo a las unidades lecheras del Instituto de Ciencia Animal?

- Demanda de productos lácteos. La producción está influenciada por necesidades nacionales de autosuficiencia alimentaria. Sin embargo, los trabajadores desconocen el costo de producción (solo el 33% conoce el precio de venta), lo que limita la eficiencia económica.
- Políticas institucionales. Existencia de una estrategia ambiental en la institución (conocida por el 84% de los directivos y expertos), pero con bajo impacto en la operatividad de las unidades. Además, de la falta de financiamiento para tecnologías sostenibles.
- Avances tecnológicos. La falta de capacitación dificulta la adopción de tecnología. Existe dependencia de energía eléctrica generada por el SEN a pesar del potencial solar y de otras Fuentes Renovables de Energía.
- Factores económicos. La falta de incentivos y la lejanía a los servicios básicos provocan la inestabilidad del personal que labora en las unidades.
- Factores sociales. Existe desigualdad de género y poca cultura ambiental.

Las fuerzas motrices se generan por factores externos e internos que impulsan las actividades en las unidades. Acostupa *et al.* (2017) también identificaron como fuerzas motrices en el humedal Lucre Huacarpay de Perú la variabilidad climática y las políticas públicas, haciendo énfasis en dos estaciones bien marcadas al año y la implementación de normas, planes y proyectos que gestionen de forma integrar los recursos naturales. En la entidad objeto de estudio, las fuerzas motrices revelan desarticulación entre políticas, recursos y prácticas, con brechas críticas en gestión climática, capital humano y equidad.

A partir de las fuerzas motrices se identificaron las **presiones**, relacionadas con la pregunta: ¿Por qué está ocurriendo la degradación ambiental? Las intervenciones humanas y naturales que generan estrés en el sistema productivo lechero del ICA se describen en la tabla 1.

Como puntos fuertes del modelo FMPEIR destaca Díaz (2015) citado en Navarro, *et al*. (2020), que este comunica de manera sencilla los factores incluidos dentro de una temática ambiental concreta; permite valorar cuantitativa y cualitativamente elementos intrínsecos de determinada dinámica; y es una herramienta de fácil implementación y eficaz en el reconocimiento de las relaciones causa-efecto que se producen entre factores vinculados en la gestión de áreas complejas. En el presente estudio las presiones combinadas antrópicas y naturales generan degradación acelerada de suelos y agua, y perdida de eficiencia productiva. Estos resultados coinciden con estudios realizados por León *et al*. (2022) en la cuenca hidrográfica Altamira-Durán de Cuba, donde se identificaron como presiones la presencia de plantas invasoras y contaminación de las aguas superficiales del rio, destacando que estos elementos provocan escasez de cobertura boscosa y pérdida de la diversidad biológica.

Tabla 1. *Presiones que generan la degradación ambiental en las unidades lecheras del ICA*

Presiones antrópicas	
1. Manejo inadecuado de residuos	Vertido directo de desechos líquidos al desagüe y quema de desechos sólidos (excepto en una unidad que los reutiliza). Falta de clasificación de residuos peligrosos.
2. Uso ineficiente de recursos	Consumo de agua no medido y falta de sistemas de riego optimizados. Dependencia de energía no renovable (el 100% no usa fuentes renovables).
3. Manejo inadecuado del suelo	Pastoreo intensivo sin rotación de cuartones en 2/3 unidades. Ausencia de fertilización orgánica o manejo fitosanitario.
4. Falta de capacitación	Solo 1 unidad recibió capacitación ambiental; desconocimiento de normativa y soluciones tecnológicas.
5. Desigualdad de género	Percepción limitada del rol de la mujer (asociado solo al ordeño).
6. Inadecuadas condiciones laborales	Lejanía a servicios básicos (salud, educación), transporte en bicicleta (56%) y vías de acceso en mal estado.
7. Baja implementación de la estrategia ambiental	Directivos con conocimiento limitado en gestión ambiental. Baja priorización de recursos financieros para proyectos ambientales.
Factores naturales	
8. Cambio climático	Sequías moderadas en el periodo poco lluvioso y alteración en los patrones de lluvia.
9. Plantas invasoras	*Dichrostachys cinérea* (marabú), *Vachellia farnesiana* (Aroma), *Albizia lebbeck* y *Weiler* Reducen la productividad en los pastizales, aumentan los costos de control y manejo y generan riesgos de lesiones o intoxicaciones en el ganado

Autora: elaboración propia

Las presiones provocan cambios en el **estado** del medio ambiente que se suman a aquellos que son consecuencia de los procesos naturales. Este estado en el modelo utilizado responde a ¿Qué está ocurriendo en las unidades lecheras? El diagnóstico revela que las unidades lecheras del Instituto de Ciencia Animal presentan heterogeneidad crítica (tabla 2).

La unidad genética IV muestra mejores indicadores (rotación de pastos y reuso de estiércol). También predominan puntos críticos teniendo en cuenta que la vaquería B presenta suelos degradados (+19 % perdida MO vs. Genético IV) y contaminación hídrica generalizada (DBO5 excede normas en 3/3 unidades) (Informe de estudio de aguas residuales del ICA, 2014). Estas condiciones afectan los servicios ambientales como la disponibilidad de aire y agua limpios, de alimentos y de protección de la radiación ultravioleta, y como resultado se afecta el bienestar humano (Jäger *et al*., 2010).



Tabla 2. *Estado identificado en las unidades lecheras*

Estado de los suelos	Los suelos son fértiles para el desarrollo de la agricultura. Presencia de ferralíticos rojos y pardos carbonatados. La degradación es moderada por sobrepastoreo. Compactación. 40% mayor resistencia a la penetración en áreas de pastoreo continuo vs. Rotación.
Estado de los recursos hídricos	No se mide el consumo de agua. Contaminación de los cuerpos de agua cercanos por descarga de efluentes.
Estado de la biodiversidad	Deterioro de los hábitats naturales debido a su sobreexplotación causada por las prácticas de manejo.
Estado de la calidad del aire	Presencia de partículas por quema de residuos y emisiones de GEI (fermentación entérica + estiércol).
Entorno de vida	Los trabajadores no residen en las unidades. Utilizan como medio de transporte la bicicleta. Lejanía de los servicios básicos.
Estado de infraestructura y equipamiento	En ninguna de las unidades existe vivienda. El estado constructivo de las naves es regular. Todas las unidades presentan una sala de ordeño, en una el estado es regular, en las otras dos es malo. Las tres vaquerías cuentan con un cepo, en dos está regular y en una en mal estado. Solo el Genético IV cuenta con un pozo y 8 abrevaderos, el resto de las unidades se alimentan del pozo central del Instituto y no tienen abrevaderos. Solo la vaquería B cuenta con 4 cuneros en estado regular. Las tres unidades tienen un estercolero, dos en estado regular y una en mal estado. Con relación a los equipos y maquinarias presentes en las unidades podemos decir que estos son escasos. Todas las vaquerías tienen un equipo de ordeño y un tanque de frío. No poseen moledora de forraje, tractor, fumigadora, mezcladora, ni bomba de agua.
Estado del sistema productivo	Las unidades lecheras utilizan sistemas y métodos de producción obsoletos.

Autora: elaboración propia

Los **impactos** son otro indicador que se refiere a los efectos en los sistemas naturales y sociales, que resultan de los cambios en el estado del medio ambiente, contribuyendo a su vulnerabilidad. En las vaquerías del ICA se identificaron los impactos que se muestran en la tabla 3.

Señala Bizikova, *et al.* (2010) que "La vulnerabilidad ante los impactos ambientales varía de un sistema a otro, según sus condiciones geográficas, económicas y sociales, su exposición al cambio y su capacidad para mitigar o adaptarse a este". La estrategia ambiental del ICA contribuye en gran medida al enfrentamiento a estos impactos. Sin embargo, es necesaria la identificación de nuevas acciones dirigidas a lograr mayor efectividad en su implementación.

Tabla 3. *Impactos generados en las unidades lecheras del ICA*

Impactos ambientales	Degradación de suelos. Perdida de la fertilidad: reducción del 18-20% en contenido de materia orgánica en unidades con pastoreo extensivo (comparado con genético IV). Erosión: aumento de cárcavas en vaquería B por falta de cobertura vegetal. Contaminación hídrica. Carga orgánica: vertido de estiércol líquido eleva DB05 en 45mg/L (umbral crítico: 30mg/L según NC 27:2012). Metales pesados: trazas de Zinc (Zn) y cobre (Cu) en pozos cercanos a genético III (por acumulación histórica de desechos). Emisiones de GEI. Estimado de 89 kg CH_4/vaca/año (supera promedio anual de 72 kg). Pérdida de la biodiversidad. Especies invasoras compiten con pastizales, afectando la productividad. Cambios en ecosistema. Alteración de microclimas locales debido a deforestación y prácticas agrícolas.
Impactos productivos	Reducción en la calidad y cantidad de leche por degradación del suelo y estrés animal Rotación alta de personal. Pérdidas por mal manejo de recursos y falta de energías renovables.
Impactos sociales	Riesgo de enfermedades por contaminación del agua (ej.: coliformes fecales). Brecha de género en roles productivos y falta de empoderamiento femenino.

Autora: elaboración propia

Como último indicador "**las respuestas**" incluyen acciones de la sociedad, usualmente de los responsables de la toma de decisiones, que pueden modificar o reemplazar las fuerzas motrices, reducir o prevenir presiones, restaurar o influir en los estados y mitigar o reducir los impactos (Jäger *et al.*, 2010). En el presente estudio se identificaron las siguientes respuestas:

Gestión de residuos. La implementación de sistemas de compostaje y biodigestores para estiércol reduce las emisiones de metano y produce biofertilizantes, mejorando la fertilidad del suelo.

Energías renovables. Promover paneles solares para ordeño mecanizado y cercas eléctricas (ya identificados como prioritarios por directivos), enfriamiento de la leche, iluminación y obtención de bioenergía. Además, de molinos de viento para el bombeo de agua.

Sostenibilidad agrícola. La adopción de sistemas silvopastoriles mejora la productividad del ganado y secuestra carbono. Además, el uso de forrajes tolerantes a sequias reduce la vulnerabilidad climática.

Inclusión social. Programas de capacitación para trabajadores y la integración de mujeres y jóvenes en la gestión lechera fomentan equidad y desarrollo local, además de diversificar roles en la producción lechera.

Monitoreo ambiental productivo. Establecer indicadores de calidad de agua y suelo y residuos e indicadores productivo que permitan valorar la interconexión entre ellos.

Cada una de estas respuestas están en sinergia con medidas de sostenibilidad ante al cambio climático. Según Aguirre-Villegas *et al.* (2021), la digestión anaerobia disminuye hasta un 60% la huella de carbono en granjas lecheras. El uso de energías renovables disminuye la dependencia de combustible fósiles, cubriendo hasta el 40% de la energía requerida (Uddin *et al.* 2022). Además, el biogás obtenido del estiércol reduce costos operativos. De manera general, la incorporación del enfoque de servicios ecosistémicos en la planificación ambiental se torna imperativo para alcanzar los objetivos de desarrollo sostenible (Avendaño-Leadem *et al.* 2020 citado en León *et al.* 2022).

A partir de la información obtenida se genera una matriz de indicadores FMPEIR que resume las fuerzas motrices, las presiones ambientales identificadas, el estado actual de los recursos, los impactos observados y las respuestas recomendadas (tabla 4).

Tabla 4. *Matriz presión-estado-impacto-respuesta con enfoque GEO*

Fuerzas Motrices	Presiones	Estado	Impactos	Respuestas
Alta demanda de leche y presión por eficiencia	Manejo inadecuado de residuos Pastoreo intensivo sin rotación Sequías moderadas en el periodo poco lluvioso Plantas invasoras	Degradación moderada de suelos Deterioro de hábitats naturales Perdida de cobertura vegetal	Reducción en la cantidad y calidad de leche Pérdida de biodiversidad	Sistemas silvopastoriles Pastos y forrajes tolerantes a sequias Sistemas de compostaje y biodigestores
Políticas institucionales	Baja implementación de estrategia ambiental Falta de capacitación y tecnologías limpias	Infraestructura deteriorada Contaminación de cuerpos de agua y de la atmósfera	Riesgo de enfermedades por contaminación del agua Emisiones de CH□	Programas de formación y monitoreo ambiental y productivo
Dependencia energética	Uso ineficiente de recursos	No se utilizan fuentes de energía renovable	Pérdidas por mal manejo de recursos y falta de energías renovables	Energía solar, eólica y biogás
Inestabilidad laboral y limitada equidad de género	Inadecuadas condiciones laborales Percepción limitada del rol de la mujer	Métodos de producción obsoletos Falta de equipamiento Lejanía de los servicios básicos	Rotación alta de personal Brecha de género en roles productivos y falta de empoderamiento femenino	Fomento de la equidad y desarrollo local

Autora: elaboración propia



A continuación, se detallan las implicaciones prácticas y los pasos sugeridos para institucionalizar las respuestas propuestas (tabla 5). La transición hacia unidades lecheras sostenibles no es solo un imperativo ambiental, sino una ventaja competitiva que puede mejorar la rentabilidad, reputación y resiliencia del ICA.

Tabla 5. *Institucionalización de prácticas sostenibles en unidades lecheras del ICA*

Área	Implicaciones prácticas	Pasos sugeridos
Gestión de residuos	Reducción de olores y emisiones de metano. Autosuficiencia energética (biogás para calefacción/eléctrica). Menor costo de fertilizantes químicos.	Biodigestores para estiércol. Compostaje de residuos orgánicos para abono. Sistema de segregación de plásticos.
Energías renovables	Disminución de costos eléctricos. Huella de carbono neutra en procesos claves. Ejemplo demostrativo para productores locales.	Instalación de paneles solares para ordeño y refrigeración de la leche. Uso de biogás para energía térmica. Bombas de agua solares para pastoreo eficiente.
Sostenibilidad agrícola	Mayor productividad del pasto y bienestar animal. Adaptación a sequías (suelos más resilientes). Reducción de dependencia de insumos externos.	Pastoreo rotacional para evitar degradación de suelos. Silvopastoreo (arboles+ pastos) para biodiversidad y sombra. Uso de biofertilizantes derivado del compostaje.
Inclusión social	Fortalecimiento de capacidades locales. Valoración social del ICA como referente. Impacto directo en seguridad alimentaria.	Capacitación a trabajadores y comunidades aledañas en tecnologías sostenibles. Vinculación de estudiantes/pasantes en proyectos del ICA. Programa de leche sociales para poblaciones vulnerables.
Monitoreo ambiental productivo	Datos para optimizar procesos. Certificaciones ambientales. Atracción de financiamiento verde.	Sensores IoT para medir emisiones de metano, calidad del agua y suelo. Métodos manuales, registros sistemáticos, indicadores indirectos. Indicadores de huella hídrica y de carbono por litro de leche. Publicación de informes anuales de sostenibilidad.

Autora: Elaboración propia

CONCLUSIONES

El modelo FMPEIR demostró ser una herramienta útil para evaluar la sostenibilidad ambiental en unidades lecheras institucionales. Se identificaron múltiples factores de presión que deterioran el estado del medio ambiente y afectan la productividad. Las propuestas de respuesta incluyen tecnologías limpias, mejor gestión de residuos, capacitación ambiental y monitoreo con indicadores. La integración de servicios ecosistémicos fortalece la alineación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible y ofrece una base sólida para el diseño de políticas institucionales orientadas al desarrollo agropecuario sostenible.

Bibliografía

Acostupa, Y., Aréstegui, D., Castro, E., Choquevilca, W., Guzmán, G., Sánchez, P. 2017. Aplicación de la metodología FPEIR al diagnóstico ambiental del Humedal Lucre-Huacarpay. Revista de Investigación Universidad Andina del Cusco.

Aguirre Villegas, H.A., Passos- Fonseca, T.H., Reinemann, D.J., Larson, R. 2021. Life cycle assessmentof dairy manure management: A review. Journal of cleaner Production. 315. http://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128137

Avendaño-Leadem, D.F., Cedeño-Montoya, B.C., Arroyo-Celedón, M.S. 2020. Integrando el concepto de servicios ecosistémicos en el ordenamiento territorial. Revista Geográfica de América Central. 63-90. Disponible en: scielo.sa.cr

Bizikova, L., Bellali, J., Habtezion, Z., Diakhite, M., Pinter, L. 2010. EAI Manual de Capacitación. Evaluaciones de vulnerabilidad e impacto para la adaptación al Cambio climático (Módulo EVI). Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Volumen 2. Pp 69.

Díaz, D. 2015. Aplicación de las metodologías DPSIR, ANP y ARS en el manejo y conservación del Parque Nacional Waraira Repano, Venezuela (Doctoral dissertation, Universidad politécnica de Valencia, Spain).

Jäger, J., Arreola, M.E., Chenje, M., Pintér, L., Raibhandari, P., Garea, B., Fernández, L. 2010. Manual de capacitación para evaluación ambiental integral y elaboración de informes. Módulo de capacitación 1 El enfoque GEO para la realización de evaluaciones ambientales integrales. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Inteernational Institute for Sustentable Development. Pp

León Rodríguez, M.M., Díaz Varona, L., Lao Ramos, B., García, T. 2022. Evaluación ambiental integral de la biodiversidad ante el cambio climático, cuenca hidrográfica Altamira-Durán, Cuba. Revista Acta Botánica Cubana. Vol. 221.

Medical, U. 2024. Descubre los indicadores clave de sostenibilidad ambiental -Union Medical. Union Medical. https://um.com.co/blog

Navarro, Sousa, S., Estruch-Guitart, V., García, C. 2020. Use of causeeffect indicators for the diagnosis of water sustainability in the Balearic Islands (Spain). Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles, 85, 2833, 1–48. https://doi.org/10.21138/bage.2833

Osorno, M.M. 2015. Minería en Colombia: un asunto a analizar desde el modelo de fuerzas motrices. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 531-538.

PNUMA-Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. 2012. Evaluaciones Ambientales Integrales. Disponible en: http://www.pnuma.org

Portillo, S.R. 2020. Indicadores ambientales: qué son, tipos y ejemplos. https://www.ecologiaverde.com

Segarra, E. 2022. Importancia de la sostenibilidad ambiental y sus pilares en el siglo XXI desde un enfoque ecológico. Green World Journal. 5(2). https://doi.org/10.53313/gwj52025

Uddin, M.N., Siddiki, S.Y., Mofijur, M. 2022. Sustainable energy generation from dairy waste: A techno- economic analysis of biogas production. Renewable Energy. 189. 454- 465. http://doi.org/101016/j.renene.2022.03.015





CV-11. Análisis de peligros y puntos críticos de control para la leche producida en las vaquerías del Instituto de Ciencia Animal.

Hazard and critical control points analysis for milk produced on Instituto de Ciencia Animal dairy farms

M.A. Santana Gómez[1]; A. Sosa Ceijas[1]; A. Peláez Casas [2] y M. González Rosa[2]*

[1]Instituto de Ciencia Animal. CP 32700. Mayabeque. Cuba

[2]Universidad Agraria de la Habana. CP 32700. Mayabeque. Cuba

[*]Correspondencia a: santamaria6519@gmail.com

RESUMEN

La leche y sus derivados se encuentran entre los alimentos más consumidos en el mundo, principalmente por sectores vulnerables, por ello debe contener los requisitos de calidad e inocuidad establecidos desde la producción primaria. A diferencia de los métodos de inspección tradicionales que se utilizan para evaluar la calidad e inocuidad del proceso de producción de alimentos que se centran en probar productos terminados, el análisis de peligros y puntos críticos de control (APPCC) cambia el enfoque hacia la prevención proactiva, analizando cada paso para identificar, evaluar y controlar los posibles peligros biológicos, químicos y físicos. El objetivo de este trabajo es identificar los peligros que puedan afectar la inocuidad de la leche producida en las vaquerías del Instituto de Ciencia Animal y determinar los puntos críticos de control. Se diseñaron y aplicaron una lista de observación y una encuesta como herramientas de diagnóstico para la identificación de los peligros asociados a la producción de leche. Se utilizó un árbol de decisiones para identificar los puntos críticos de control en las unidades de producción, para cada peligro identificado. Como resultados se identificaron los peligros en las diferentes etapas del proceso, se propusieron medidas preventivas para cada peligro y se determinaron los puntos críticos de control. Se concluye que en el proceso de obtención de leche cruda en las vaquerías del Instituto de Ciencia Animal los principales peligros están asociados a la multiplicación de microorganismos, y en menor medida, a la presencia de productos químicos. La determinación de 14 PCC a lo largo del proceso, garantiza el control en cada una de las etapas, evitando la incidencia de los peligros en el producto final.

Palabras clave: *producción primaria, leche cruda, inocuidad, calidad de la leche, ordeño*

ABSTRACT

Milk and its derivatives are among the most consumed foods in the world, mainly by vulnerable sectors, so it must contain the quality and safety requirements established from primary production. Unlike traditional inspection methods used to assess the quality and safety of the food production process that focus on testing finished products, hazard and critical control point analysis (HACCP) shifts the focus to prevention, analyzing each step to identify, evaluate and control potential biological, chemical and physical. This work aims to identify the hazards that may affect the safety of milk produced in Institute of Animal Sciences dairy farms and determine the critical control points. An observation list and survey were developed and applied as diagnostic tools to identify the hazards associated with milk production. A decision tree for each identified hazard was used to identify critical control points in production units. As results the hazards in the different stages were identified, preventive measures are proposed to be applied for each hazard and the critical control points were determined. It's concluded that in the process of obtaining raw milk in Institute of Animal Science dairy farms the main hazards are associated with microbial multiplication and, to a lesser extent, the presence of chemicals. The determination of 14 critical points through the process, ensure control at each stage, avoiding the incidence of hazards in the final product.

Keywords: *primary production, raw milk, safety, milk quality, milking*

INTRODUCCIÓN

La leche y sus derivados se encuentran entre los alimentos más consumidos en el mundo, principalmente por sectores vulnerables como los niños, los enfermos y los ancianos por ello debe contener los requisitos de calidad e inocuidad establecidos desde la producción primaria (Jurado-Gámez *et al.,* 2019), por lo cual, debe asegurarse que sea producida a partir de animales sanos, bajo condiciones de manejo aceptables y en equilibrio con el ambiente. Es un alimento de alto valor nutricional, pero también vehículo potencial de transmisión de agentes patógenos cuando no se aplican adecuadamente buenas prácticas Díaz y Pacheco (2025).

Adicionalmente, la leche es un producto muy perecedero, que debe conservarse a bajas temperaturas y ser distribuida o transformada rápidamente, especialmente debido a los peligros que la pueden afectar, que además de los microbiológicos, como se cita anteriormente, puede afectarse por otros como alteración físico-química de sus componentes; absorción de olores extraños y contaminación con sustancias químicas, tales como: pesticidas, antibióticos, metales, detergentes y desinfectantes. Estos tipos de contaminación, ya sea en forma aislada o en conjunto, afectan, en forma negativa, la calidad higiénica y nutricional del producto y, consecuentemente, se vuelven un peligro para la salud pública y la economía de cualquier país. Por estas razones, se debe garantizar su calidad desde la producción primaria hasta el consumidor (Ding *et al.*, 2019).

A diferencia de los métodos de inspección tradicionales que se utilizan para evaluar la calidad e inocuidad del proceso de producción de alimentos que se centran en probar productos terminados, el análisis de peligros y puntos críticos de control (APPCC) cambia el enfoque hacia la prevención proactiva. Al analizar cada paso del proceso de producción de alimentos para identificar, evaluar y controlar los posibles peligros biológicos, químicos y físicos, el APPCC garantiza que los riesgos se gestionen antes de que puedan representar una amenaza para los consumidores. Para que el sistema APPCC se aplique correctamente hay que realizar 7 tareas, también llamados principios (ONN 2017). Los dos primeros principios se basan en el análisis de peligros y la determinación de los Puntos Críticos de Control (PCC). El primero consiste en la identificación de todos los peligros asociados en cada etapa del proceso que pueden esperarse razonablemente que ocurran, y de las medidas preventivas para el control de dichos peligros. Los peligros pueden ser biológicos, químicos y físicos. El análisis continúa con la determinación de los PCC utilizando el árbol de decisiones. Se define un punto crítico de control como un procedimiento en el que se puede aplicar un control para prevenir o suprimir el peligro para la inocuidad de los alimentos.

El objetivo de este trabajo es identificar los peligros que puedan afectar la inocuidad de la leche producida en las vaquerías del ICA y determinar los puntos críticos de control.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en tres vaquerías del Instituto de Ciencias Animal, el cual está ubicado en la llanura Habana Matanzas, entre los 22º 53' latitud norte y 82º 02' longitud oeste, a una altura de 92 m sobre el nivel del mar. Situado en el municipio San José de las Lajas, provincia Mayabeque, Cuba. El área tiene un clima estacionario húmedo tropical con promedio de precipitaciones anual de1 320 mm y temperatura media anual de 25ºC (Herrera *et al.* 2018).

En la primera etapa del trabajo se elaboraron las herramientas de diagnóstico, para ello se utilizó el método de análisis - síntesis, que comprendió el estudio de publicaciones reportadas en Google Scholar, se recogieron recomendaciones de los documentos revisados y algunos criterios de expertos. Se elaboró una lista de observación tomando como referencia los requisitos generales para la aplicación del Sistema de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control según NC 136:2017 (ONN 2017), los requisitos sanitarios para leche cruda según NC 1133:2016 (ONN 2016) y la lista de chequeo elaborada por Cuellar *et al.*, (2023) a partir de las indicaciones PROCAL. Esta lista abarcó las diferentes partes del proceso de obtención de leche cruda como son: alimentación y agua para los animales, las instalaciones, tratamiento de los animales, ordeño, tanque de almacenamiento y trazabilidad de la leche. Además, se elaboró y aplicó una encuesta de 24 preguntas, para evaluar el conocimiento de los trabajadores de las vaquerías acerca del proceso de obtención de la leche y los factores que influyen en su inocuidad.

En la segunda etapa se aplicaron las herramientas de diagnóstico para identificar los peligros potenciales presentes en cada etapa del proceso que pueden causar disminución de la calidad e inocuidad de la leche.

Para identificar los PCC en las unidades de producción se utilizó un árbol de decisiones teniendo en cuenta la NC 136:2017 (ONN 2017), para cada peligro identificado en el principio 1, en cada una de las etapas de producción de la leche.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como resultado de la observación del proceso y la encuesta realizada a los trabajadores, se elaboró el flujograma de obtención de leche cruda, describiendo adecuadamente cada una de sus operaciones (figura 1).

Con la aplicación de las herramientas de diagnóstico, y la ayuda del diagrama de flujo se identificaron todos los peligros potenciales asociados a la producción de la leche cruda. En la tabla 1, se describen los peligros identificados en cada etapa, las medidas preventivas a aplicar para cada peligro y los puntos críticos de control.

La identificación de los PCC permite determinar las etapas dentro del proceso en el que se puede aplicar una medida de control y un peligro puede ser evitado, eliminado o reducido a un nivel aceptable. Los peligros identificados se clasificaron en: biológicos y químicos. No se consideraron peligros físicos, aunque es probable que los residuos de heces y tierra puedan llegar a la leche, pero estos son retenidos en el filtrado antes de ingresar al tanque de enfriamiento. Con relación a los peligros biológicos, Díaz y Pacheco (2025) al evaluar la presencia y caracterización microbiológica de peligros biológicos en leche, observaron alta carga microbiana destacando la presencia de *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* y *Listeria monocytogenes*.

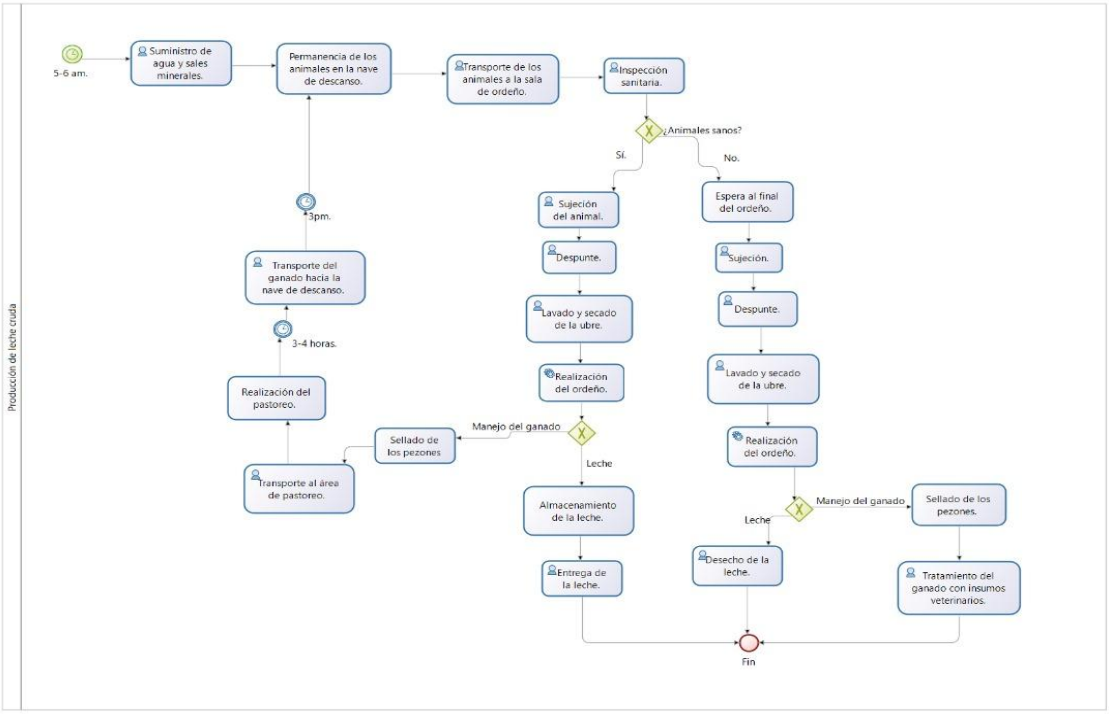


Figura 1. *Diagrama de flujo para la obtención de leche cruda.*

Tabla 1: *Peligros potenciales asociados a la producción de la leche cruda, medidas preventivas a aplicar y puntos críticos de control.*

Etapa del proceso	Peligro	Medidas preventivas	PCC
ALIMENTACIÓN Y AGUA PARA LOS ANIMALES			
Origen de los alimentos	Presencia de fitosanitarios y abonos	Uso correcto de fitosanitarios y abonos, respetar los períodos de supresión.	NO
Limpieza de bebederos y comederos	Introducción y multiplicación de microorganismos.	Situados alejados de fuentes de contaminación. Limpieza diaria para eliminar restos de comida	PCC1
Agua (de bebida y/o limpieza)	Introducción y transmisión de microorganismos. Aumento del recuento bacteriano (RB) en el tanque	Realizar analíticas periódicas del agua. Potabilización. Proteger pozos, situados alejados de fosa y desagües.	PCC2
Instalaciones			
Nave de sombra			
Ventilación/ Iluminación	Multiplicación de microorganismos.	Diseño adecuado de instalaciones con suficiente iluminación y ventilación.	NO
Limpieza/Programa de desinfección, desinsectación y desratización	Multiplicación de microorganismos.	Limpieza de pasillos diaria Sellado de agujeros y grietas. Desinfección mínima semestral de la nave.	NO
Cubículos y camas			
Diseño y número	Multiplicación de microorganismos.	Un cubículo por vaca en lactación. Tamaño suficiente para evitar que defequen en el interior. Pendiente adecuada para favorecer drenaje.	NO
Arreglo Renovación	Multiplicación de microorganismos.	Mantener cubículos secos, limpios y drenados. Reposición periódica del material. Retirada de heces y alisado de cama diario.	PCC3

Patios				
Salida a pastos / patios		Residuos de fitosanitarios Introducción de microorganismos.	Períodos de supresión tras uso de fitosanitarios o aplicación de purines. Evitar salida de animales a pastos en mal estado y acceso de animales silvestres. Limpieza diaria de patios.	PCC4
Tratamiento				
Identificación de animales		Presencia de residuos de medicamentos	Identificar a los animales en tratamiento y/o tener información visible.	PCC5
Período de supresión			Norma correcta según receta/prospecto (dosis, vía, duración). Registro de tratamientos (fecha de tratamiento y periodo de espera), archivo de recetas.	PCC6
Retirada de la leche			Ordeño separado o en lugar aparte. Eliminar la leche.	PCC7
Ordeño				
Condiciones del ordeñador		Transmisión de microorganismos. Presencia de inhibidores en el tanque	Capacitación específica del personal que ordeña. Seguir normas básicas de higiene: usar ropa limpia y de uso exclusivo para el ordeño, uñas recortadas, no padecer de enfermedades, mantener la higiene de las manos, no fumar ni comer durante el ordeño.	NO
Rutina				
Orden de ordeño		Transmisión de microorganismos.	Establecer orden de ordeño según Californian mastitis test (CMT)	PCC8
Manejo pre-ordeño	Despuntado e higienización	Introducción y transmisión de microorganismos. Aumento del recuento bacteriano Presencia de inhibidores	Eliminar primeros chorros en recipiente oscuro. Limpieza correcta de ubres y pezones con paños individuales, productos adecuados. Secar bien los pezones antes de colocar pezoneras. Evitar mojar ubre.	PCC9
	Colocación de pezoneras		Tiempo entre estimulación y colocación pezoneras 60-90 segundos. Colocación de pezoneras evitando entrada de aire	NO
Fase de ordeño		Introducción de microorganismos a la ubre	Controlar el nivel de vacío durante ordeño y funcionamiento de pulsadores.	NO
Manejo post ordeño		Retirada de pezoneras	Retirada inmediata de pezoneras tras finalizar ordeño, cortando el vacío.	PCC10
		Baño pezones	Baño de pezones cubre mínimo 75% superficie.	
		Control de vacas	Evitar que los animales se tumben.	
Equipo de ordeño				
Local de ordeño		Multiplicación de microorganismos.	Limpiar tras el ordeño, paredes y suelos lavables, drenaje correcto. Iluminación y ventilación suficiente. Diseño adecuado, fácil acceso y salida, no comunicación directa con fuentes de contaminación.	NO
Limpieza del equipo de ordeño		Aumento de microorganismos. Presencia de residuos de detergentes	Limpieza y desinfección interior correcta tras ordeño con dosis apropiada de detergentes,	PCC11



		agua tibia y enjuague adecuados.	
		Limpieza exterior del equipo de ordeño.	NO
Funcionamiento	Introducción de microorganismos en ubre	Evitar fluctuaciones de vacío durante ordeño. Revisión y mantenimiento periódicos del equipo. Cambio de elementos según recomendaciones del fabricante.	PCC12
Tanque de almacenamiento			
Capacidad / Funcionamiento	Aumento del recuento bacteriano y otros microorganismos.	Revisiones y mantenimiento periódicos. Capacidad adecuada al volumen producido y frecuencia de recogida de leche. Colocación de un termómetro.	PCC13
Limpieza	Aumento del RB y microorganismos. Presencia de detergentes	Limpieza y desinfección correcta tras vaciado, con dosis de detergentes. Temperatura adecuada del agua y enjuagues adecuados.	PCC14

Los puntos críticos de control identificados en la etapa de alimentación estuvieron relacionados con limpieza de los comederos y bebederos y el agua utilizada en la instalación (PCC-1 y PCC-2, respectivamente). En estas áreas, si no se realizan de manera adecuada las buenas prácticas, se favorecerá la introducción en el rebaño de microorganismos causantes de mastitis ambientales, patógenos zoonóticos y bacterias saprofitas. Por otro lado, el agua utilizada en el proceso debe tener la calidad necesaria para evitar que se introduzcan contaminantes en la leche según la FAO/IDF (2012).

Al analizar las instalaciones, el PCC-3 se relacionó con el arreglo de cubículos y camas. El mantenimiento inadecuado de estos es uno de los principales factores causantes de mastitis ambientales. En esta zona el contacto entre las ubres de los animales y el ambiente es directo, favoreciendo el establecimiento de microorganismos patógenos zoonóticos y bacterias saprofitas en los animales. La salida de los animales a patios y áreas de pastoreo se identificó como el PCC-4. Si las vacas salen a cuartones y patios que están en malas condiciones, la probabilidad de introducción de patógenos mamarios y zoonóticos aumentará. De igual manera, el riesgo de residuos fitosanitarios aumentará si salen tras la aplicación de estos productos.

Con relación al tratamiento de los animales se identificaron PCC en la identificación de animales, el período de supresión y la retirada de la leche (PCC-5, PCC-6 y PCC-7, respectivamente). La presencia de residuos químicos en alimentos es, desde hace tiempo, una de las mayores preocupaciones de productores, técnicos, científicos, autoridades y, especialmente, los consumidores. La leche es uno de los alimentos con mayor riesgo de contaminación (Thomas *et al.* 2018). Una de las causas más probables de aparición de residuos de medicamentos en la leche del tanque se produce cuando no se realiza o se hace de manera incorrecta la identificación de las vacas tratadas. Los animales tratados deben entran últimos a la sala de ordeño y la leche ordeñada en un balde y se elimina o destina al consumo de los terneros.

Por otro lado, si no se siguen los requerimientos de administración indicadas en el prospecto del medicamento, el período de supresión puede no conocerse con seguridad. Hay factores de riesgo asociados al manejo de drogas veterinarias en los establecimientos de producción de leche (Thomas *et al.* 2018), entre ellos se destacan la identificación de los animales (marcar los animales tratados) y llevar registros adecuados de los tratamientos realizados.

No ordeñar las vacas en puntos separados del equipo y no eliminar la leche de todos los cuartos mamarios, independientemente de haberlos tratado todos o no, facilita la llegada de estos residuos de medicamentos a la leche.

El ordeño fue la etapa en la que se identificó el mayor número de PCC. Especial interés se debe prestar a la rutina de ordeño. La prueba de california es un método económico y rápido con una buena correlación hacia el contenido de células somáticas. Por lo tanto, es recomendable su uso para evaluar el estado de inocuidad de la ubre de vacas lecheras y a partir de este resultado seguir un orden de ordeño (PCC-8), importante para evitar el contagio de mastitis y la transmisión de patógenos zoonóticos entre animales mediante las pezoneras, las manos del ordeñador y el ambiente.

Al momento del ordeño, la ubre puede estar contaminada con lodo, estiércol, por poca higiene del área de ordeño o si existen malos hábitos de limpieza en el personal a cargo del ordeño (Vinay *et al.* 2024). Se reporta presencia de Salmonella spp. en la leche cruda debido a contaminación cruzada con heces durante el ordeño (Ortega-Paredes *et al.*, 2020). Por esa razón de debe realizar la higienización correcta del pezón (PCC-9) para evitar la transmisión de bacterias entre animales y el aumento del RB. Por otro lado, el despuntado es una manera precoz de detectar mastitis clínicas y mejorar la calidad bacteriana de la leche. Además, la detección temprana de mastitis permite minimizar el uso de drogas veterinarias (Thomas *et al.* 2018). Antes de colocar las pezoneras se debe de observan los animales, la ubre y los pezones y extraer los primeros chorros para observar la leche.

El PCC-10 se relaciona con el manejo post-ordeño. Se debe evitar el sobreordeño porque dañará las defensas mecánicas del animal frente a nuevas infecciones y que las vacas se tumben tras finalizar el ordeño puesto que facilitará la entrada de nuevas infecciones en la ubre.

Otros aspectos importantes son la limpieza y funcionamiento del equipo de ordeño (PCC-11 y PCC-12, respectivamente). La inadecuada limpieza del equipo de ordeño provoca aumento significativo del RB en tanque, Ortega-Paredes *et al.* (2020) reporta presencia de microorganismos por deficiencias en la desinfección del equipo, e incluso la presencia de residuos de detergentes si el enjuague no es completo.

Las rugosidades en las gomas de las pezoneras pueden actuar como reservorio de patógenos mamarios y zoonóticos. Las fluctuaciones de vacío en el extremo del pezón facilitan la entrada de bacterias y junto con el mal funcionamiento de los pulsadores alteran la barrera defensiva del pezón frente a las infecciones mamarias.

Por último, para el tanque de refrigeración y el almacenamiento se determinaron los PCC-13 y PCC-14: el tanque debe funcionar correctamente porque en caso contrario provocará aumentos en el RB y la presencia de patógenos zoonóticos. Debe ser higienizado correctamente tras su vaciado para evitar la presencia de inhibidores como residuos de detergentes.

El tiempo de enfriamiento y la temperatura de almacenamiento está directamente relacionada con la calidad e inocuidad de la leche, debido a que el sistema de enfriamiento ayuda a que la carga microbiana no aumente y se mantenga dentro de los rangos aceptables como indica la norma técnica (ONN 2016).

CONCLUSIONES

Se concluye que en el proceso de obtención de leche cruda en las vaquerías del Instituto de Ciencia Animal los principales peligros están asociados a la multiplicación de microorganismos, y en menor medida, a la presencia de productos químicos. La determinación de 14 PCC a lo largo del proceso, garantiza el control en cada una de las etapas, evitando la incidencia de los peligros en el producto final.

Bibliografía

Cuellar-Valero, E. C., Reina Reyes, R.D. 2023. Diagnóstico de buenas prácticas lecheras en vaquerías del Municipio de Cumanayagua, Cienfuegos. Revista Científica Agroecosistemas, 11(2), 6-15.

Diaz, J, Pacheco A. Presencia de Peligros Biológicos en Leche de Bovinos: Evaluación Microbiológica y Propuesta de Buenas Prácticas Pecuarias en una Unidad Productiva de Michoacán, México. Brazilian Journal of Animal and Environmental Research, Curitiba, v.8, n.2, p. 1-10, 2025.

Ding, H., Fu, Y., Zheng, L., & Yan, Z. Determinants of the competitive advantage of dairy supply chains: Evidence from the Chinese dairy industry. International Journal of Production Economics, 29, 360-373. 2019.

Herrera RS, García M, Cruz AM, Romero A. 2018. Estudio del régimen de precipitaciones pluviales en dos áreas del Instituto de Ciencia Animal. Av Investig Agropecu. 22(1), 7-17.

Jurado-Gámez, H., Muñoz-Domínguez, L., Quitiaquez-Montenegro, D., Fajardo-Argoti, C., Insuasty-Santácruz, E. 2019. Evaluación de la calidad composicional, microbiológica y sanitaria de la leche cruda en el segundo tercio de lactancia en vacas lecheras. Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia, 66(1), 53-66. http://dx.doi.org/10.15446/rfmvz.v66n1.79402

Martínez, A., Villoch, A., Ribot, A., Ponce, P. 2014. Diagnóstico de Buenas Prácticas Lecheras en una cooperativa de producción. Revista Salud Animal, 36 (1).

OFICINA NACIONAL DE NORMALIZACIÓN (ONN). 2017. NC 136:2017 Sistema de Análisis de Peligros y de Puntos Críticos de Control (APPCC/HACCP) Requisitos. La Habana. Cuba.

OFICINA NACIONAL DE NORMALIZACIÓN (ONN). 2016. NC 1133: 2016. Leche cruda. Requisitos sanitarios generales. La Habana. Cuba.

OFICINA NACIONAL DE NORMALIZACIÓN. 2015. NC ISO/TS 22002/3:2015. Programas de prerrequisitos de inocuidad de los alimentos ☐Parte 3: Agricultura. La Habana. Cuba.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura / Federación Internacional de la Leche. FAO/IDF. 2012. Guía de buenas prácticas en explotaciones lecheras. FAO Producción y Sanidad Animal. Directrices. Roma, 6-7. ISBN 978-92-5-306957-6.

Ortega-Paredes, D., Barba, P., Zurita, J., et al. 2020.Peligros biológicos en la leche: una revisión sistemática. Revista Científica Agropecuaria, 23(2), 145–160.

Thomas, J.A., Pedley, M.H., Weidmann, P., Weidmann, R., Boggio, J.C. 2008. Análisis de riesgo (HACCP) antimicrobianos en leche cruda. Revista Argentina de Producción Animal, 28 (2), 99-110.

Vinay J, Herrera M, Piña B. 2024. Resultados de la implementación del sistema Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (HACCP) en un hato productor de leche en un sistema tropical. Brazilian Journal of Animal and Environmental Research, Curitiba, 7(4), 1-12.

Zumbado, L., Romero, J. 2015. Conceptos sobre inocuidad en la producción primaria de la leche. Rev. Ciencias Veterinarias, 33 (2), 51-66.



CV-12. Desenvolvimento de procedimento ETL automatizado para análise temporal e espacial de sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta no Brasil

Development of an automated ETL procedure for temporal and spatial analysis of Integrated Crop-Livestock-Forestry systems in Brazil

G. E. Marcatti[1]; F. K. Q. Bonatti; G. M. Ataíde[1]; R. V. O. Castro[1]; R. L. Oliveira[1] y E. C. Teixeira[1].*

[1]Federal University of São João del-Rei – UFSJ, Sete Lagoas, MG, Brazil.

[*]Correspondencia a: gustavomarcatti@ufsj.edu.br

RESUMO

Os sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) representam uma estratégia fundamental para o desenvolvimento sustentável da agricultura brasileira, alinhada com as metas do Programa ABC/ABC+. Este trabalho desenvolveu e implementou um procedimento automático ETL (extract-transform-load) para análise temporal e espacial de sistemas ILPF no Brasil, utilizando dados de crédito rural do Sistema de Operações do Crédito Rural (SICOR) do Banco Central do Brasil. O procedimento incluiu download automatizado de dados tabulares e espaciais, filtragem por tipos de integração específicos (códigos 3 a 7), validação e correção de dados, e criação de uma base de dados espacial consistente. A análise integrada de resultados e discussão revelou uma evolução temporal significativa na adoção de sistemas ILPF entre 2013 e 2025, com 39.030 operações de crédito analisadas. Os Sistemas Agroflorestais representaram 46,8% do total, seguidos pela Lavoura-Pecuária (35,1%) e Lavoura-Pecuária-Floresta (13,8%), demonstrando padrões distintos de adoção ao longo do tempo. O procedimento demonstrou alta eficiência computacional e pode servir como base para políticas públicas direcionadas e treinamento de modelos de machine learning para monitoramento destes sistemas através de sensoriamento remoto.

Palavras-chave: *Integração Lavoura-Pecuária-Floresta, crédito rural, análise espacial, SICOR, agricultura sustentável, machine learning*

ABSTRACT

Integrated Crop-Livestock-Forestry (ICLF) systems represent a fundamental strategy for the sustainable development of Brazilian agriculture, aligned with the goals of the ABC/ABC+ Program. This work developed and implemented an automated ETL (extract-transform-load) procedure for temporal and spatial analysis of ICLF systems in Brazil, using rural credit data from the Rural Credit Operations System (SICOR) of the Central Bank of Brazil. The procedure included automated download of tabular and spatial data, filtering by specific integration types (codes 3 to 7), data validation and correction, and creation of a consistent spatial database. The integrated analysis of results and discussion revealed a significant temporal evolution in the adoption of ICLF systems between 2013 and 2025, with 39,030 credit operations analyzed. Agroforestry Systems represented 46.8% of the total, followed by Crop-Livestock (35.1%) and Crop-Livestock-Forestry (13.8%), demonstrating distinct adoption patterns over time. The procedure demonstrated high computational efficiency and can serve as a basis for targeted public policies and training of machine learning models for monitoring these systems through remote sensing.

Keywords: *Integrated Crop-Livestock-Forestry, rural credit, spatial analysis, SICOR, sustainable agriculture, machine learning*

INTRODUÇÃO

Os sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) emergem como uma das estratégias mais promissoras para conciliar produção agrícola com conservação ambiental no Brasil (Balbino *et al.*, 2011; Lemaire *et al.*, 2014). Estes sistemas integrados oferecem múltiplos benefícios, incluindo a recuperação de áreas degradadas, aumento da produtividade por unidade de área, diversificação da renda rural e mitigação dos efeitos das mudanças climáticas através do sequestro de carbono e redução das emissões de gases de efeito estufa (Carvalho *et al.*, 2010; Franzluebbers *et al.*, 2014). A relevância destes sistemas é reconhecida nacionalmente, sendo parte fundamental das metas estabelecidas pelo Programa ABC (Agricultura de Baixo Carbono) e sua continuidade no ABC+, que visam promover práticas agrícolas sustentáveis e reduzir a intensidade de carbono na agricultura brasileira.

O monitoramento temporal e espacial da adoção de sistemas ILPF é imprescindível para avaliar o progresso em direção às metas estabelecidas pelo Programa ABC/ABC+ e para orientar políticas públicas eficazes (Gil *et al.*, 2018; Garrett *et al.*, 2017). A disponibilidade de dados precisos sobre a distribuição geográfica e evolução temporal destes sistemas permite identificar regiões com maior potencial de expansão, avaliar a efetividade de incentivos governamentais e direcionar recursos de forma mais estratégica. No entanto, a obtenção destes dados representa um desafio significativo, pois as informações sobre sistemas ILPF são frequentemente fragmentadas e de difícil acesso (Mbow *et al.*, 2014). Neste contexto, os dados de crédito rural do Sistema de Operações do Crédito Rural (SICOR) do Banco Central do Brasil emergem como uma excelente alternativa, oferecendo informações detalhadas sobre operações de financiamento que incluem coordenadas geográficas e tipos de integração específicos.

Os dados do SICOR estão disponíveis publicamente através do portal do Banco Central, mas seu acesso e processamento requerem considerável esforço manual. O sistema disponibiliza múltiplas planilhas com dados tabulares contendo informações sobre operações de crédito rural, bem como arquivos espaciais com as coordenadas das glebas financiadas. A extração destes dados envolve o download de diversos arquivos, cada um contendo informações específicas por período, seguido de processos de limpeza, validação e integração entre dados tabulares e espaciais. Esta complexidade torna inviável a análise manual para grandes volumes de dados, destacando a necessidade de automação computacional para viabilizar análises abrangentes e atualizadas.

A automação do processo de extração e processamento destes dados oferece múltiplos benefícios, incluindo a possibilidade de análises em tempo real, redução de erros humanos, padronização dos procedimentos de análise e capacidade de processamento de grandes volumes de dados (Wickham & Grolemund, 2016). Além disso, uma base de dados espacial consistente e atualizada pode servir como insumo valioso para o desenvolvimento de modelos de machine learning voltados à identificação e monitoramento de sistemas ILPF através de sensoriamento remoto (Weiss *et al.*, 2020), bem como para a formulação de políticas públicas baseadas em evidências. Diante destas considerações, o objetivo deste trabalho é desenvolver e implementar um procedimento automático ETL (extract-transform-load) para análise temporal e espacial de sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta no Brasil, utilizando dados de crédito rural como fonte de informação.

MATERIAIS E MÉTODOS

Fonte de Dados

Os dados utilizados neste estudo foram obtidos do Sistema de Operações do Crédito Rural (SICOR) do Banco Central do Brasil, que disponibiliza informações detalhadas sobre operações de crédito rural no país. O SICOR contém dados tabulares com informações sobre operações de crédito, incluindo identificadores únicos, valores financiados, tipos de integração e coordenadas geográficas das glebas financiadas. Esta abordagem de utilização de dados administrativos para análise de políticas públicas tem sido amplamente reconhecida na literatura (Card *et al.*, 2010; Angrist & Pischke, 2008).

Procedimento ETL (Extract-Transform-Load)

O procedimento automatizado desenvolvido seguiu a metodologia ETL (Extract-Transform-Load), estruturado nas seguintes etapas:

Extract (Extração)

Download de dados tabulares: Extração automática de arquivos CSV contendo operações de crédito rural do portal do Banco Central, com filtragem específica para tipos de integração de interesse (códigos 3 a 7, correspondentes aos diferentes sistemas ILPF: Lavoura-Pecuária, Sistemas Agroflorestais, Lavoura-Pecuária-Floresta, Lavoura-Floresta e Pecuária-Floresta).

Download de dados espaciais: Obtenção de arquivos com coordenadas geográficas das glebas financiadas, organizados por período anual, contendo informações sobre a localização espacial das propriedades rurais.

Transform (Transformação)

Limpeza e validação de dados: Correção de inconsistências nos dados tabulares, validação de coordenadas geográficas, tratamento de valores ausentes e padronização de formatos.

Decodificação de tipos de integração: Conversão dos códigos numéricos para nomes descritivos dos sistemas ILPF, facilitando a interpretação e análise dos dados.

Filtragem e seleção: Aplicação de filtros para manter apenas registros relevantes aos sistemas ILPF, eliminando operações de crédito não relacionadas aos objetivos do estudo.

Load (Carregamento)

Integração espacial: Join entre dados tabulares e espaciais utilizando identificadores únicos (#REF_BACEN e NU_ORDEM), considerando que uma apólice pode ter múltiplas glebas identificadas pela coluna NU_INDICE.

Criação da base de dados final: Consolidação dos dados processados em formato espacial (GeoPackage) para análises subsequentes, garantindo a integridade referencial e a consistência dos dados.

Validação da qualidade: Verificação da taxa de sucesso no join entre dados tabulares e espaciais, análise de cobertura temporal e espacial, e identificação de possíveis limitações dos dados.



Análise Descritiva

A análise descritiva incluiu:

Análise temporal: Evolução da quantidade de operações de crédito por tipo de integração ao longo do período 2013-2025, apresentada através de gráfico de barras.

Análise espacial: Distribuição geográfica das operações por ano e tipo de integração, visualizada através de mapas temáticos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Eficiência e Eficácia do Procedimento

O procedimento automatizado demonstrou alta eficiência computacional, processando com sucesso dados de múltiplos anos e tipos de integração. A automação permitiu processar grandes volumes de dados de forma consistente e reproduzível, eliminando a necessidade de trabalho manual intensivo e reduzindo a possibilidade de erros humanos. Esta abordagem segue as melhores práticas estabelecidas para processamento de dados espaciais em larga escala (Rey & Anselin, 2006; Lovelace *et al.*, 2019). A taxa de sucesso no join entre dados tabulares e espaciais foi de aproximadamente 62.6%, com variações significativas entre anos e tipos de integração. Com maiores perda de dados espaciais em operações pré 2019. Esta taxa de sucesso é considerada aceitável dado o volume de dados processados e as limitações inerentes aos dados de crédito rural.

Análise Temporal e Padrões de Adoção

Os resultados revelaram uma evolução temporal significativa na adoção de sistemas ILPF no Brasil entre 2013 e 2025, com um total de 39.030 operações de crédito analisadas. A análise por tipo de integração mostrou padrões distintos e reveladores (Figura 1):

Sistemas Agroflorestais: Representou o tipo mais expressivo com 18.259 operações (46,8% do total), demonstrando crescimento notável a partir de 2018, com pico de 5.674 operações em 2019. Este padrão sugere forte adesão aos sistemas agroflorestais como estratégia de diversificação produtiva, alinhado com os benefícios ambientais e econômicos documentados na literatura (Balbino *et al.*, 2011; Lemaire *et al.*, 2014).

Lavoura-Pecuária: Segundo tipo mais representativo com 13.712 operações (35,1% do total), apresentou crescimento consistente ao longo do período, com destaque para os anos de 2018-2019, quando registrou mais de 2.000 operações anuais. Este sistema demonstra maturidade e ampla aceitação pelos produtores, refletindo sua simplicidade de implementação e benefícios comprovados (Carvalho *et al.*, 2010; Franzluebbers *et al.*, 2014).

Lavoura-Pecuária-Floresta: Com 5.376 operações (13,8% do total), mostrou crescimento mais recente e acelerado, especialmente a partir de 2021, quando registrou 1.812 operações. Este padrão reflete o interesse crescente em sistemas mais complexos e integrados, que oferecem maior diversificação e sustentabilidade (Garrett *et al.*, 2017).

Lavoura-Floresta: Representou 705 operações (1,8% do total), iniciando timidamente em 2013 com apenas 2 operações e alcançando seu pico em 2019 com 331 operações. Apesar do volume menor, demonstra crescimento constante, indicando potencial de expansão futura.

Pecuária-Floresta: Com 978 operações (2,5% do total), apresentou padrão mais irregular, com concentração de operações entre 2017-2019, período em que registrou mais de 60% de suas operações totais.

A análise temporal revela três fases distintas: período inicial de baixa adoção (2013-2017), fase de expansão acelerada (2018-2020) e período de consolidação (2021-2025), com variações significativas entre os diferentes tipos de integração. Esta evolução está alinhada com o desenvolvimento do Programa ABC/ABC+ e o crescente reconhecimento dos benefícios dos sistemas ILPF (Gil *et al.*, 2018).

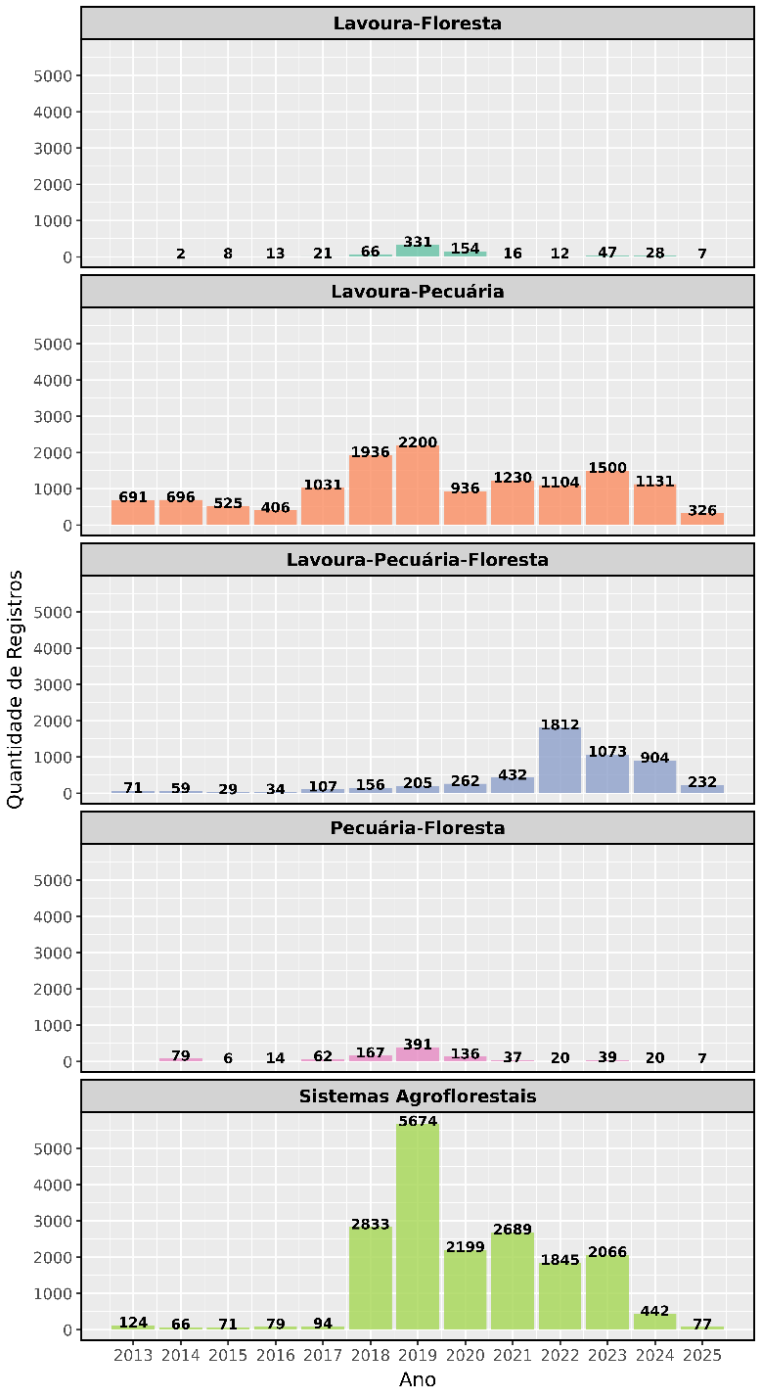


Figura 1. *Evolução temporal das operações de crédito rural por tipo de integração ILPF no Brasil (2013-2025).*

Análise Espacial e Distribuição Regional

A distribuição espacial das operações de crédito revelou concentrações regionais importantes, com variações significativas entre diferentes tipos de integração. As análises espaciais permitiram identificar (Figura 2):

- Regiões com maior adoção de sistemas ILPF
- Padrões de concentração geográfica por tipo de integração
- Evolução temporal da distribuição espacial
- Correlações entre características regionais e tipos de integração preferidos

O diagnóstico da cobertura de dados revelou que os dados espaciais são mais escassos nos anos 2013-2019, com melhoria significativa a partir de 2020. Identificaram-se também duplicações nos anos mais recentes e variações importantes na cobertura por tipo de integração, com ILF e Sistemas Silvipastoris apresentando menor cobertura espacial.

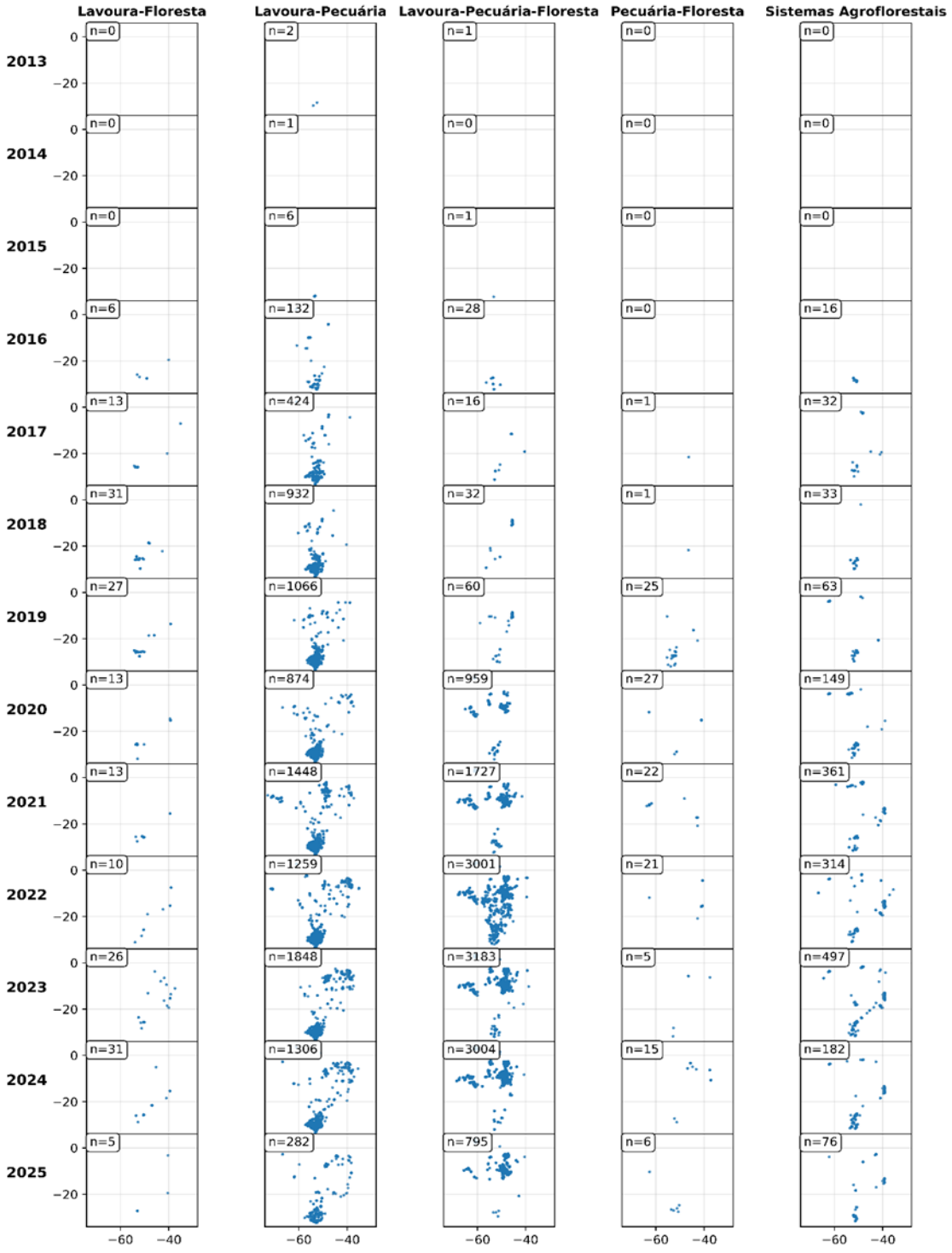


Figura 2. *Distribuição temporal e espacial das operações de crédito rural por tipo de integração ILPF no Brasil (2013-2025).*

Implicações para Políticas Públicas e Aplicações Futuras

Os resultados obtidos fornecem informações valiosas para o direcionamento de políticas públicas relacionadas ao Programa ABC/ABC+. A identificação de padrões temporais e espaciais na adoção de sistemas ILPF permite:

- Direcionar recursos de forma mais eficiente para regiões com maior potencial de expansão
- Avaliar a efetividade de incentivos governamentais existentes
- Identificar barreiras regionais à adoção de sistemas ILPF
- Planejar ações de capacitação e assistência técnica direcionadas

A base de dados espacial criada representa um recurso valioso para o treinamento de modelos de machine learning voltados à identificação e monitoramento de sistemas ILPF através de sensoriamento remoto (Gorelick *et al.*, 2017; Zhu *et al.*, 2017). A disponibilidade de dados de referência com coordenadas geográficas precisas permite:

- Desenvolver algoritmos de classificação de uso e cobertura da terra
- Criar modelos de detecção automática de sistemas ILPF
- Estabelecer bases de comparação para validação de produtos de sensoriamento remoto
- Desenvolver sistemas de monitoramento contínuo

Esta abordagem está alinhada com as tendências atuais de utilização de machine learning para monitoramento agrícola e ambiental (Reichstein *et al.*, 2019; Rolnick *et al.*, 2019).

CONCLUSÕES

O procedimento automatizado desenvolvido foi efetivo e eficiente computacionalmente para buscar dados de crédito rural na internet, executar as transformações e correções necessárias e criar uma base de dados espacial consistente para análise de sistemas ILPF no Brasil.

A base de dados resultante demonstra ser um recurso valioso para múltiplas aplicações. Em termos de políticas públicas, os dados podem orientar o direcionamento de recursos do Programa ABC/ABC+, permitindo identificar regiões prioritárias para investimentos, avaliar a efetividade de incentivos existentes e planejar ações de capacitação técnica direcionadas. A análise temporal e espacial revelou padrões importantes na adoção de sistemas ILPF que podem informar estratégias de expansão e consolidação destes sistemas.

Além disso, a base de dados espacial criada pode ser utilizada como unidades de amostra para treinamento de modelos de machine learning voltados à identificação e monitoramento de sistemas ILPF através de sensoriamento remoto. A disponibilidade de dados de referência com coordenadas geográficas precisas representa um recurso fundamental para o desenvolvimento de algoritmos de classificação automática e sistemas de monitoramento contínuo, contribuindo para o avanço das tecnologias de observação da Terra aplicadas à agricultura sustentável.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Universidade Federal de São João del-Rei pelo apoio financeiro, técnico e estrutural ao desenvolvimento desta pesquisa.

Bibliografia

Balbino, L.C., Barcellos, A.O., Stone, L.F. 2011. Marco referencial: integração lavoura-pecuária-floresta. Embrapa.

Card, D., Chetty, R., Weber, A. 2010. Active vs. passive decisions and crowd-out in retirement savings accounts: Evidence from Denmark. The Quarterly Journal of Economics, 125(4), 1635-1671.

Carvalho, P.C.F., Anghinoni, I., de Moraes, A., de Souza, E.D., Sulc, R.M., Lang, C.R., ... Lopes, M.L.T. 2010. Managing grazing animals to achieve nutrient cycling and soil improvement in no-till integrated systems. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 88(2), 259-273.

Franzluebbers, A.J., Lemaire, G., de Faccio Carvalho, P.C., Sulc, R.M., Dedieu, B. 2014. Toward agricultural sustainability through integrated crop–livestock systems: Environmental outcomes. Agriculture, Ecosystems & Environment, 190, 1-3.

Garrett, R.D., Niles, M.T., Gil, J.D.B., Gaudin, A., Chaplin-Kramer, R., Assmann, A., ... Valentim, J.F. 2017. Social and ecological analysis of commercial integrated crop livestock systems: Current knowledge and remaining uncertainty. Agricultural Systems, 155, 136-146.



Gil, J., Siebold, M., Berger, T. 2018. Adoption and development of integrated crop–livestock–forestry systems in Mato Grosso, Brazil. Agriculture, Ecosystems & Environment, 199, 394-406.

Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., Moore, R. 2017. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. Remote Sensing of Environment, 202, 18-27.

Lemaire, G., Franzluebbers, A., de Faccio Carvalho, P.C., Dedieu, B. 2014. Integrated crop–livestock systems: Strategies to achieve synergy between agricultural production and environmental quality. Agriculture, Ecosystems & Environment, 190, 4-8.

Lovelace, R., Nowosad, J., Muenchow, J. 2019. Geocomputation with R. CRC Press.

Mbow, C., Van Noordwijk, M., Luedeling, E., Neufeldt, H., Minang, P.A., Kowero, G. 2014. Agroforestry solutions to address food security and climate change challenges in Africa. Current Opinion in Environmental Sustainability, 6, 61-67.

Reichstein, M., Camps-Valls, G., Stevens, B., Jung, M., Denzler, J., Carvalhais, N., Prabhat. 2019. Deep learning and process understanding for data-driven Earth system science. Nature, 566(7743), 195-204.

Rey, S.J., Anselin, L. 2006. PySAL: A Python library of spatial analytical methods. Review of Regional Studies, 37(1), 5-27.

Rolnick, D., Donti, P.L., Kaack, L.H., Kochanski, K., Lacoste, A., Sankaran, K., ... Bengio, Y. 2019. Tackling climate change with machine learning. arXiv preprint arXiv:1906.05433.

Weiss, M., Jacob, F., Duveiller, G. 2020. Remote sensing for agricultural applications: A meta-review. Remote Sensing of Environment, 236, 111402.

Wickham, H., Grolemund, G. 2016. R for data science: import, tidy, transform, visualize, and model data. O'Reilly Media, Inc.

Zhu, X.X., Tuia, D., Mou, L., Xia, G.S., Zhang, L., Xu, F., Fraundorfer, F. 2017. Deep learning in remote sensing: A comprehensive review and list of resources. IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine, 5(4), 8-36.

CV-13. Percepción de los consumidores de productos derivados de sistemas silvopastorales: El caso del cerdo ibérico en España

Consumer perception of products derived from silvopastoral systems: The case of the Iberian pig in Spain

*P. Gaspar [*1]; C. Díaz-Caro [2]; I. del Puerto [3]; A. Ortiz [4]; D. Tejerina [4] y M. Escribano [1]*

[1]Departamento de Producción Animal y Ciencia de los Alimentos, Escuela de Ingenierías Agrarias, Universidad de Extremadura, Avda. Adolfo Suarez, s/n, Badajoz, 06007, España

[2.] Departamento de Contabilidad y Finanzas, Facultad de Empresa, Finanzas y Turismo, Universidad de Extremadura, Avda. de la Universidad s/n, Cáceres, 10071, España

[3.] Departamento de Matemáticas, Facultad de Ciencias, Universidad de Extremadura, Avda. Elvas, s/n, Badajoz, 06006, España

[4.] Área de Calidad de la Carne, Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Extremadura (CICYTEX-La Orden), Junta de Extremadura, Badajoz, 06187, España

[*]Correspondencia a: pgaspar@unex.es

RESUMEN

Este trabajo aborda el estudio de los consumidores españoles sobre productos animales derivados de sistemas silvopastorales, centrándose en el caso paradigmático del cerdo ibérico y su producción en los sistemas de la dehesa. Se analiza cómo las nuevas demandas de la sociedad, que van más allá de la calidad sensorial y nutricional para incluir aspectos como el bienestar animal, la sostenibilidad ambiental y la ética productiva, están transformando las preferencias de los consumidores. Se examina la importancia de la Norma de Calidad del Ibérico como herramienta para la transparencia y diferenciación, así como el potencial de las tecnologías de trazabilidad (códigos QR) y las certificaciones de sostenibilidad para añadir valor y satisfacer estas demandas crecientes. Los resultados de estudios con consumidores españoles revelan la valoración de atributos específicos del modelo de producción en sistemas extensivos basados en alimentación a partir de recursos del pastoreo y la disposición a pagar por ellos, destacando la necesidad de mecanismos de regulación obligatoria que garantizan la calidad de los productos, la transparencia en el etiquetado y que protegen a los productores que mantienen estos valiosos ecosistemas. Se concluye con recomendaciones para fortalecer la equidad y la sostenibilidad de estas cadenas de valor de productos asociados a los sistemas silvopastorales de dehesa.

Palabras clave: *dehesa, bienestar animal, trazabilidad, políticas públicas, cadena de valor.*

ABSTRACT

This research explores Spanish consumer perceptions of animal products derived from silvopastoral systems, focusing on the paradigmatic case of Iberian pigs and their production in dehesa systems. It analyzes how evolving societal demands—beyond sensory and nutritional quality to include animal welfare, environmental sustainability, and ethical production—are transforming consumer preferences. The study examines the importance of the Iberian Quality Standard as a tool for transparency and product differentiation, as well as the potential of traceability technologies (such as QR codes) and sustainability certifications to add value and meet these growing demands. Findings from studies with Spanish consumers reveal an appreciation for specific attributes of extensive production systems based on pasture-fed resources and a willingness to pay for them, highlighting the need for mandatory regulatory mechanisms to ensure product quality, transparent labeling, and protection for producers who maintain these valuable ecosystems. The work concludes with recommendations to strengthen equity and sustainability in value chains associated with dehesa-based silvopastoral systems.

Keywords: *dehesa, animal welfare, traceability, public policies, value chain.*

INTRODUCCIÓN

Se prevé que el crecimiento del consumo mundial de proteínas cárnicas durante la próxima década aumente un 14% para 2030 en comparación con la media del periodo base de 2018-2020. Esto se verá impulsado en gran medida por el crecimiento de los ingresos y de la población (OCDE/FAO, 2021) y provocará una mayor expansión e intensificación de la producción animal. Esta tendencia mundial a una mayor demanda de productos alimentarios de origen animal está siendo cuestionada debido a (i) su impacto sobre el medio ambiente, es decir, el impacto sobre el clima, la contribución a la eutrofización de los ecosistemas y el uso intensivo de recursos, (ii) cuestiones éticas, con una mayor preocupación social por el bienestar de los animales, incluidas las condiciones de producción, transporte y sacrificio, y (iii) consideraciones de salud humana, por las que los altos niveles de consumo de carne se han asociado con un mayor riesgo de ciertas enfermedades crónicas (OCDE/FAO 2021). De hecho, por razones sanitarias y medioambientales, la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), recomiendan reducir la proporción de alimentos de origen animal en la dieta humana.



Por otro lado, no se puede obviar que la producción ganadera contribuye al uso de tierras no cultivables para la producción de alimentos, a la conversión de fuentes de energía y proteínas que no pueden ser utilizadas por los seres humanos en alimentos de origen animal altamente nutritivos y al apoyo a los medios de subsistencia de cientos de millones de personas en todo el mundo. Aumentar la sostenibilidad, la viabilidad y la resiliencia de una producción agrícola respetuosa con el clima son objetivos clave de la estrategia "De la granja al tenedor" de la Unión Europea (UE) y es totalmente coherente con las cuatro apuestas, de una mejor producción, una mejor nutrición, un mejor medio ambiente y una vida mejor, sin dejar a nadie atrás, conceptualizadas por la FAO (2021).

En Europa, el sector ganadero contribuye sustancialmente a su economía y el consumo de productos de origen animal, sin embargo, se está estancando o reduciendo (salvo en el caso de las aves de corral). Esta tendencia a consumir menos productos animales va acompañada en Europa de una creciente demanda en términos de "calidad" junto a consideraciones éticas y medioambientales vinculadas a la cría de animales.

Hay que considerar que la evolución de las preferencias de los consumidores en relación con las prácticas respetuosas con el bienestar animal, la naturalidad, los productos sanos, los ingresos de los ganaderos y las repercusiones medioambientales puede incentivar la modificación de las prácticas actuales y la adopción de prácticas ganaderas innovadoras. Éstas podrían incluir, el aumento de la cría y el pastoreo al aire libre y de las prácticas naturales y de mejora de la biodiversidad. Muchos ciudadanos ya no consideran aceptable la producción ganadera intensiva "industrial".

Sin embargo, estas tendencias y estrategias emergentes siguen careciendo de pruebas científicas sistemáticas sobre la sostenibilidad y la calidad de los productos resultantes de los diversos sistemas de producción que coexisten en Europa. Para expresar sus preferencias y elegir con conocimiento de causa productos alimentarios de origen animal, los consumidores necesitan información fiable sobre la seguridad, el valor nutricional y el impacto ambiental de los productos obtenidos a partir de diversos sistemas de cría, según indiquen sus propiedades de sostenibilidad y ética (Prache *et al.*, 2022). El debate actual sobre los impactos positivos o negativos, las externalidades y los valores de la producción animal se basa en abundantes datos contradictorios y refleja las dificultades para cuantificar los procesos naturales vinculados a la producción agrícola y al uso de la tierra.

La dehesa y el cerdo ibérico

En Europa, la dehesa es el sistema agroforestal más extendido y concretamente la península ibérica cuenta con alrededor de 5,5 millones de hectáreas en España y 1,2 millones de hectáreas en Portugal (den Herder *et al.*, 2017). En España, Extremadura es la región con las mayores áreas de dehesas (Gaspar *et al.*, 2008)[6].

El cerdo ibérico es una raza autóctona de la Península Ibérica, pero su producción está ligada tradicionalmente al ecosistema dehesa (Tejerina *et al.*, 2012). El binomio cerdo ibérico-dehesa permite un régimen de explotación de carácter extensivo, con los cerdos en plena libertad, alimentándose a partir de recursos naturales, principalmente de bellotas y pasto durante su última fase de engorde. Este sistema es conocido como Montanera, y da lugar, a los productos conocidos como "de bellota".

Tradicionalmente, los productos curados del cerdo ibérico son los más aceptados por los mercados internacionales, como se pone de manifiesto en los datos relativos a la exportación de jamones y paletas curados del cerdo Ibérico, que muestran un crecimiento superior al 140% en los últimos diez años y el consumo de carne fresca muestran también un aumento de un 35% en los últimos 5 años (ICEX, 2019).

La gran aceptación y demanda de estos productos (Lorido *et al.*, 2029) ha permitido un amplio desarrollo en el sector y su industria transformadora, aunque aún con grandes problemas pendientes derivados de la gran variabilidad de factores asociados a los diferentes eslabones de la cadena de producción, dando lugar a una diversidad de modelos productivos y por tanto diferencias en la calidad final de los productos (Bonneau y Lebret, 2010). Entre éstos se encuentran la base racial del animal (Ramírez y Cava, 2007), el sistema de manejo (Daza *et al.*, 2005), tipo de alimentación suministrada al animal, especialmente durante la fase final de cebo (Tejerina *et al.*, 2012) así como edad y peso tanto al comienzo de la fase de cebo (Daza *et al.*, 2007) y en el momento del sacrificio (Hanusová *et al.*, 2007; Čandek-Potokar *et al.*, 1998). Además, esta gran variabilidad a la que están sujetos los productos derivados del cerdo ibérico dificulta la situación para detectar los fraudes cometidos en el sector (Espárrago *et al.*, 2001). En este contexto surgió en 2001 la Norma de Calidad para el jamón, paleta y caña de lomo ibérico elaborados en España, donde su principal objetivo era garantizar y definir las características de la calidad y control de los productos ibéricos desde la explotación de los animales hasta la puesta de éstos en el mercado.

La Norma de Calidad actualmente en vigor aprobada en el Real Decreto 4/2014–denominada *Norma de calidad para la carne, el jamón, la paleta y la caña de lomo ibérico*- pretende clarificar y dar transparencia al sector, así como lograr una percepción más sencilla de los productos sujetos a compra y de sus calidades, agrupando en un nuevo sistema de etiquetado la variabilidad de los diferentes factores de producción.

[6]Área de formaciones adehesadas en España. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/biodiversidad/servicios/banco-datos-naturaleza/34Dehesas_tcm30-138194.jpg

Así, se definen cuatro categorías (etiquetas) comerciales; *negra* (cerdos 100% de raza ibérica alimentados con bellota.), *roja* (cerdos de al menos 50% de raza ibérica criados con bellota), *verde* (cerdos de al menos 50%, criados en la dehesa y alimentados con piensos y hierba) y *blanca* (cerdos de al menos 50%, criados en confinamiento y alimentados exclusivamente con pienso).

Para cada una de ellas son definidos los requisitos necesarios a lo largo del proceso de producción de los animales y procesado de los productos derivados, lo cuales están resumidos en la figura 1.

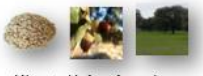
Factores de producción Norma de Calidad	Etiqueta comercial			
	 Etiqueta negra	 Etiqueta Roja	 Etiqueta verde	 Etiqueta Blanca
Raza (100%, 75% y 50% Ibérico), siempre que la hembra sea 100% Ibérica y el macho sea de raza Duroc, ambos inscritos en libro genealógico	 100%	 75%, 50%	 100%, 75%, 50%	 100%, 75%, 50%
Sistema de Manejo (Los animales pueden ser explotados bajo diferentes niveles de intensividad)	  Extensivo		 semi-intensivo	 Intensivo
	(0,25-1,25 animales/ha) en función de la superficie arbolada y disponibilidad de bellotas		Como mínimo 100 m ²/animal cuando supere el P.V. de 110 Kg	Como mínimo 2 m ²/animal cuando supere el P.V. de 110 Kg
Peso y tiempo mínimo de reposición durante la fase de acabado	46 kg durante más de 60 días		Al menos 60 días previos al sacrificio	
Edad mínima al sacrificio	14 meses		12 meses	10 meses
Alimentación permitida durante la fase de acabado en cada categoría	  Alimentación basada en el aprovechamiento exclusivo de bellota, hierba y otros recursos naturales de la dehesa "montanera"		 Alimentación basada en pienso procedentes de cereales y leguminosas, sin perjuicio de que puedan aprovechar total o parcialmente la "montanera"	 Pienso procedentes de cereales y leguminosas
Peso mínimo canal	115 kg, excepto para los animales 100% ibéricos que será de 108 kg			

Figura 1. *Requisitos en los factores productivos de las distintas categorías de productos ibéricos y tiempos mínimos de elaboración de acuerdo con Norma de Calidad del ibérico.*

Como puede observarse de la interpretación de la norma, los productos derivados del cerdo ibérico se asocian a la dehesa por una gran parte los consumidores, sin embargo, existen otras categorías comerciales para productos procedentes de otros sistemas productivos y en función del % racial del animal. Por tanto, los productos de etiqueta negra y roja sólo pueden proceder de cerdos criados en las zonas geográficas con superficie de dehesa, a diferencia del resto, que pueden ser producidos en otras zonas y beneficiarse de la denominación "ibérico".

Esta diversidad de etiquetas de calidad genera incertidumbre en los consumidores, que además cada vez consumen basándose en su decisión de compra en criterios relacionados con el sistema de producción en extensivo y alimentación a partir de los recursos naturales, ya que los consumidores lo asocian a una mayor preservación del medio ambiente, y por tanto una mayor sostenibilidad (Hölker *et al.*, 2019), producción ética (Trícia *et al.*, 2019) y bienestar animal (García-Gudiño *et al.*, 2021).

Para paliar esta desinformación y como control de calidad adicional, el sector ha avanzado en la incorporación de nuevas herramientas de información para el consumidor, como el desarrollo de una app para dispositivos móviles, que aporta información sobre la trazabilidad de los productos a partir de códigos QR, entre otras.

En este contexto se plantea este trabajo, que tiene como objetivo conocer la influencia de factores como el origen, las condiciones de producción del animal y la presencia de esquemas de certificación obligatorios en España en el comportamiento de compra de los consumidores de productos derivado del cerdo ibérico. Como complemento se pretende valorar el potencial de uso de códigos QR en el etiquetado como fuente de información transparencia.

MATERIAL Y MÉTODOS

Selección de la muestra y diseño del cuestionario

Los datos analizados en este trabajo se obtuvieron a través de una encuesta on-line mediante un panel profesional (certificado con el estándar ISO 263629) realizada en ocho comunidades autónomas españolas durante el mes de octubre de 2019. La muestra final válida fue de 1.501 consumidores, representativa en términos de género y edad. Para determinar el área de estudio, se optó por la regionalización en función de los hábitos de consumo de jamón ibérico (MAPA, 2014), estableciéndose tres zonas de muestreo (zonas de consumo alto, medio y bajo) en las que el error muestral fue inferior al 5% con un 95% de nivel de confianza.

El cuestionario incluyó, entre otros aspectos, características sociodemográficas del entrevistado y un experimento de elección. En la parte final también se incluyó una pregunta relativa a la utilización de los códigos QR como herramienta para informar sobre la trazabilidad del producto.

Experimento de elección

Los experimentos de elección permiten analizar las preferencias de los consumidores y su uso en el caso de productos agroalimentarios, más concretamente en los productos cárnicos del cerdo ibérico, ha generado numerosos trabajos de investigación (Díaz-Caro *et al.*, 2019; Mesías *et al.*, 2009; Ortiz *et al.*, 2020; A. Sahelices *et al.*, 2017b). El experimento de elección llevado a cabo en este trabajo permite elegir a los consumidores entre tres alternativas: dos jamones ibéricos y la opción de no compra. La figura 2 muestra los atributos y los diferentes niveles considerados en este trabajo

Atributos	Descripción	Niveles
Norma de calidad	Precinto obligatorio que hace referencia a la raza del animal y sistema productivo. Negro y rojo vinculados a la dehesa, verde con acceso exterior y blanco intensivo	4 niveles: Negro/Rojo/Verde/Blanco 
Ofigen geográfico	Información sobre el área geográfica de procedencia del jamón recogida en el texto del etiquetado	2 niveles: Zonas tradicionales del ibérico/Resto de España 
Etiqueta de calidad	Atributo referente la certificación del jamón por algún esquema relacionado con la sostenibilidad, el impacto ambiental que genera el producto, el bienestar animal o la calidad diferenciada por esquemas relacionados con el origen	5 niveles: Ecológico / Huella de carbono / Bienestar animal /PDO / Ninguno 
Codigo de trazabilidad	Código QR que al escanearlo abre una app que incluye información de trazabilidad del producto: lugar de crianza, lugar de procesado, condiciones de producción etc.	2: Código QR presente o ausente 
Precio	Precio de venta del producto, expresado tanto por kg de producto, como por pieza completa de 7 kg (formato habitual de venta).	9 niveles a intervalos de 5 euros desde 20 €/kg hasta 60 €/kg 

Figura 2. *Atributos y los diferentes niveles utilizados en el experimento de elección.*

La selección de los atributos y sus niveles se ha basado en la revisión de artículos que analizan las preferencias de los consumidores en productos de alimentación y en productos del cerdo ibérico. En particular, el primer atributo hace referencia a la norma de calidad del cerdo ibérico. El segundo atributo es el origen, considerando las zonas tradicionales de producción del ibérico y otras zonas. El tercero las etiquetas de calidad como son la producción de tipo ecológico, la inclusión o no de la huella de carbono, la denominación de origen del producto y la certificación de bienestar animal. El cuarto atributo ha sido el código de trazabilidad, es un atributo que recientemente incorporado y finalmente, el precio ha sido incorporado como atributo para poder estimar la disposición a pagar.

Los diferentes niveles han sido obtenidos a partir de valores de mercado de diferentes piezas de jamón ibérico. Se realizaron finalmente 20 versiones, que fueron aleatoriamente distribuidas entre los 1501 encuestados. Cada versión incluía 10 preguntas de elección entre dos jamones y una opción de no compra. Antes de iniciar la encuesta con el experimento de elección, a los consumidores se le presentó un texto a modo introductorio y para situar al consumidor en la escena de compra más cercana.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del experimento de elección muestran que el atributo "precinto de la norma de calidad" presenta una clara preferencia de los consumidores hacía jamones con precinto negro, ya que la utilidad reportada es positiva, junto con el precito rojo. La tabla 1 presenta los valores de la utilidad otorgada a cada atributo y nivel.

Tabla 1. *Resultados del modelo jerárquico bayesiano (HB) con covariable de zona. Valor medio de los part-worths y desviación estándar.*

Atributo	Nivel	Total	SD
Precinto Norma de Calidad	Negro	1.92***	1.72
	Rojo	0.45***	0.86
	Verde	-0.42***	0.73
	Blanco	-1.95***	1.84
Origen geográfico	Zonas tradicionales de Ibérico	0.64***	0.56
	Resto de España	-0.64***	0.56
Etiqueta calidad	Ecológico	0.67***	0.71
	Huella de carbono	-0.20***	0.71
	Bienestar animal	1.00***	0.97
	DOP	-0.01	0.58
	Ninguna	-1.46***	0.97
Código trazabilidad	Presente	0.64***	0.67
	Ausente	-0.64***	0.67
Precio	Pieza de 140€ (20 €/kg)	0.34****	2.13
	Pieza de 175€ (25€/kg)	0.59***	1.87
	Pieza de 210€ (30€/kg)	0.29***	0.80
	Pieza de 245€ (35€/kg)	0.19***	0.48
	Pieza de 280€ (40€/kg)	0.25***	0.63
	Pieza de 315€ (45€/kg)	-0.07**	0.76
	Pieza de 350€ (50€/kg)	-0.40***	1.00
	Pieza de 385€ (55€/kg)	-0.42***	1.36
	Pieza de 420€ (60€/kg)	-0.76***	1.97
	Ninguna opción	-8.07***	5.96

*Indica que el valor de t está por encima de 1.96 (valores absolutos) y que por lo tanto muestra significación al 95% de confianza- T test con niveles de significación *p<0,05, **p<0,01, ***p<0,001



Por su parte, el precinto verde y blanco presentan utilidades negativas. Es destacable que tanto el precinto negro como el precinto blanco tienen una variabilidad superior al de los precinto rojo y verde. Por otro lado, la utilidad que se obtiene por zonas geográficas marca una tendencia similar en cada una de las zonas analizadas, si bien los valores de las utilidades presentan ligeras diferencias, tanto el orden de preferencia como la utilidad positiva o negativa es muy similar en todas las zonas. Destaca sin embargo la zona de mayor consumo en la que se observa una menor variación entre la utilidad de los distintos niveles (negro-blanco).

Por su parte, el atributo origen muestra que las zonas tradicionales de ibérico reportan una utilidad positiva en comparación al resto de España (en la zona de consumo alto están representadas dos de las comunidades autónomas de mayor producción de porcino ibérico). En el atributo etiquetas de calidad, los diferentes niveles presentan diferentes utilidades, en concreto, destaca la utilidad positiva presentada por la etiqueta relativa al bienestar animal en contraposición de no tener ninguna etiqueta de calidad, pauta que se repite en las tres zonas analizadas. También presenta una utilidad positiva la etiqueta de calidad ecológico. Por el contrario, la única etiqueta de calidad que reporta una utilidad negativa es la referida a la huella de carbono, también presente en tres zonas. García-Gudiño *et al.*, (2021) sugirieron que la mayoría de los consumidores creen que los sistemas de producción de cerdo ibérico son menos intensivos, a la vez que más respetuosos con el medio ambiente, que los aplicados en la industria producción de rumiantes. Dicha percepción podría sesgar a los consumidores a percibir la etiqueta de la huella de carbono como poco informativa. Las investigaciones anteriores (Apostolidis y McLeay, 2016; Gadema y Oglethorpe, 2011) apoyan esta idea, ya que la etiqueta de la huella de carbono demostró ser ineficaz para influir en el comportamiento de los consumidores. Finalmente, la etiqueta de calidad referida a la DOP presenta una utilidad positiva, aunque es relativamente pequeña.

La incorporación del código de trazabilidad como atributo presentan una utilidad positiva y con una variabilidad similar tanto a nivel total como en cada una de las diferentes zonas. Finalmente, el atributo precio presenta una tendencia decreciente, como cabría esperar, desde una utilidad positiva para niveles de precios comprendidos entre los 20 €/kg hasta los 40€/kg para posteriormente observarse utilidades negativas por encima de los 45€/kg. Por zonas geográficas, si bien los resultados son similares, se observa que para niveles superiores de precio, la utilidad es muy negativa en zonas de bajo consumo, y sin embargo no lo es tanto en zonas de mayor consumo.

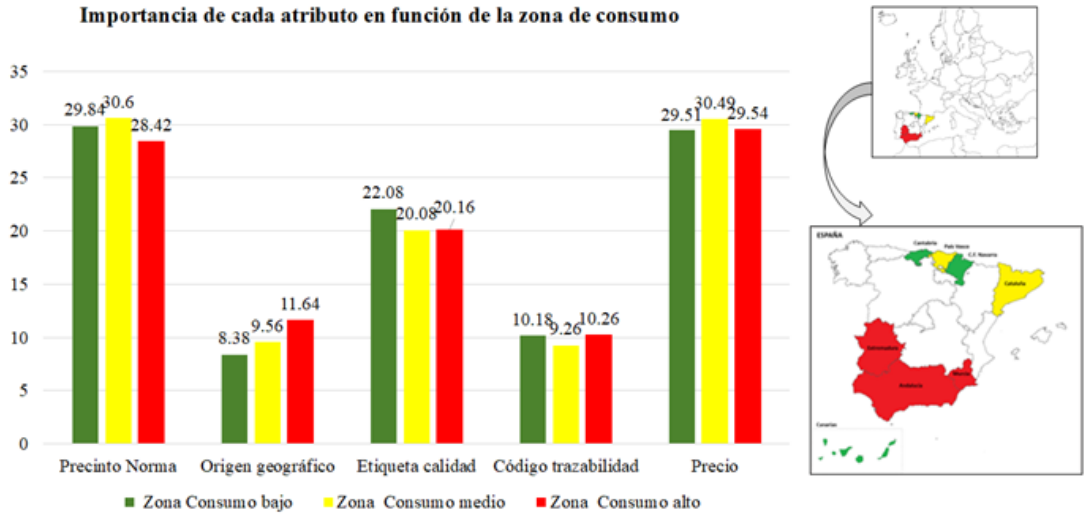


Figura 3. *Importancia otorgada a cada atributo por zona de consumo.*

Una vez el encuestado completó el experimento de elección se le planteó la posibilidad de utilizar la hipotética app de acceso a través del código QR valorado en el experimento de elección. Se preguntó sobre la información que tendría más utilidad para el/ella al utilizar esa app. Los resultados de esta pregunta aparecen en la figura 4.

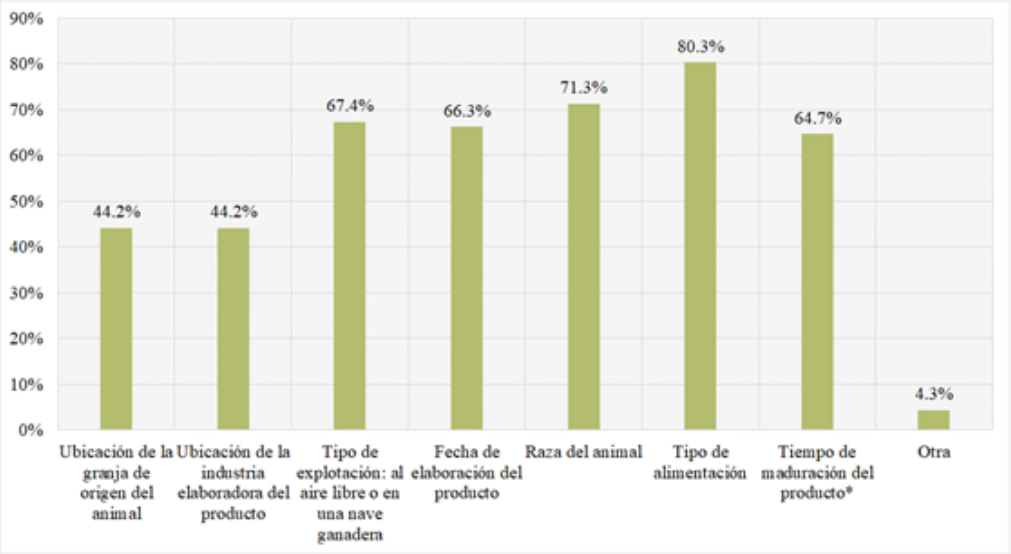


Figura 4. *Respuestas a la pregunta: "El código QR de trazabilidad permite acceder, a través de una aplicación móvil, a numerosa información sobre el origen del producto ¿qué información te gustaría encontrar en esa aplicación? Selecciona todas las que correspondan"*

Puede observarse que la información que más valor les aporta a los consumidores es la relacionada con el tipo de alimentación del animal y con la raza. Estos dos aspectos hacen referencia a información que ya está presente en el precinto obligatorio de la norma, por lo que al comprar el producto esa información ya está disponible para el consumidor implícitamente al ver el color del precinto. Otra información que sin embargo no está recogida en la información del precinto pero que si sería deseable para los consumidores es el tipo de explotación (aire libre/nave ganadera). Información relativa a la fecha de elaboración del jamón o al tiempo de maduración es información interesante para los consumidores como para que se incluyera en la app, aunque si bien es cierto que, al ver el producto, el consumidor puede comprobar en qué momento entró el producto en la industria (es obligatorio poner la semana de procesado estampada en el jamón), sin embargo, valoraría positivamente poder conocer este tiempo de forma rápida con el código QR. Por último, información que podría incorporase a la app relativa a la ubicación tanto de industria elaboradores como de la explotación (por ejemplo, a través de localizaciones en mapas) aunque obtuvo algunas respuestas, fue en porcentajes menores al resto de opciones. Si bien la utilización de un código QR y una app móvil es un atributo relativamente nuevo no estudiado en productos cárnicos curados, los consumidores han otorgado una importancia relativa baja de este atributo. Para otros productos si que la información sobre trazabilidad es valorada positivamente (Violino *et al.*, 2019) sobre todo para aquellos que tiene mayores riesgos de contaminaciones higiénico-sanitarias, por lo que es posible que la demanda de información sobre trazabilidad aumente.

CONCLUSIONES

Los consumidores cada vez conocen más los atributos propios del sistema de producción de uno de los productos más paradigmáticos de la dehesa como es el jamón ibérico, valorándolos en consonancia, como son los atributos relacionados con el porcentaje de raza ibérica y la alimentación a base de bellota. Estos aspectos se evidencian en los productos gracias a los precintos rojos y negros de la norma de calidad, precintos a los que los consumidores han dado mayor utilidad. En aquellas zonas tradicionalmente productoras de cerdo ibérico los consumidores valoran muy positivamente aspectos relacionados con la producción de los animales. Estos resultados muestran que un mayor conocimiento y una mejor valoración de los productos ibéricos gracias a la implantación de la norma y dado el tiempo que lleva ya aplicándose, puede considerarse que su efecto ha sido positivo.

Otros atributos que pueden dar valor añadido a los productos curados ibéricos son los relacionados con la sostenibilidad. Las tres certificaciones consideradas de sostenibilidad en este estudio tienen opciones de desarrollarse al amparo de las nuevas políticas europeas, y los productos ibéricos y más concretamente el jamón, tienen opciones de aprovecharse de estas tendencias e implantar estos sistemas de certificación que incrementarían el valor del producto y además podría satisfacer nuevas demandas de consumidores.

La trazabilidad de los productos gracias a la utilización de códigos y su implementación de aplicaciones móviles también es una oportunidad que el sector puede aprovechar para satisfacer las nuevas demandas de los consumidores, sobre todo si éstas incluyen de forma clara los aspectos regulados en la norma de calidad como son la alimentación de los animales y su sistema de cría.



AGRADECIMIENTOS

Esta investigación ha sido financiada por el INIA-AEI (Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias y Alimentarias-Agencia Estatal de Investigación) y los Fondos Europeos de Desarrollo Regional, proyecto RTA2015-00002-C04-0. 3 y por las Ayudas para la ejecución de actuaciones orientadas al desarrollo y mejora de las capacidades científica y tecnológicas de los Grupos de Investigación de Extremadura. Juta de Extremadura. Referencia. GR24147.

Bibliografía

Apostolidis, C., McLeay, F. 2016. Should we stop meating like this? Reducing meat consumption through substitution. Food Policy, 65, 74–89. https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2016.11.002

Bahelka, I., Hanusová, E., Peskovicova, D., Demo, P. 2007. The effect of sex and slaughter weight on intramuscular fat content and its relationship to carcass traits of pigs. Czech Journal of Animal Science, 52(5), 122.

Bonneau, M., Lebret, B. 2010. Production systems and influence on eating quality of pork. Meat science, 84(2), 293-300. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.03.013

Čandek-Potokar, M., Žlender, B., Lefaucheur, L., Bonneau, M. 1998. Effects of age and/or weight at slaughter on longissimus dorsi muscle: Biochemical traits and sensory quality in pigs. Meat science, 48(3-4), 287-300.

Daza, A., Lopez-Bote, C.J., Olivares, A., Menoyo, D., Ruiz, J. 2007. Age at the beginning of the fattening period of Iberian pigs under free-range conditions affects growth, carcass characteristics and the fatty acid profile of lipids. Animal Feed Science and Technology, 139(1-2), 81-91. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2007.01.003

Daza, A., Rey, A.I., Ruiz, J., Lopez-Bote, C.J. 2005. Effects of feeding in free-range conditions or in confinement with different dietary MUFA/PUFA ratios and α-tocopheryl acetate, on antioxidants accumulation and oxidative stability in Iberian pigs. Meat Science, 69(1), 151-163. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2004.06.017

den Herder, M., Moreno, G., Mosquera-Losada, R. M., Palma, J.H.N., Sidiropoulou, A., Santiago Freijanes, J.J., … Burgess, P.J. 2017. Current extent and stratification of agroforestry in the European Union. Agriculture, Ecosystems and Environment, 241, 121–132. https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.03.005

Díaz-Caro, C., García-Torres, S., Elghannam, A., Tejerina, D., Mesias, F.J., Ortiz, A. 2019. Is production system a relevant attribute in consumers' food preferences? The case of Iberian dry-cured ham in Spain. Meat Science, 158, 107908. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.107908

Espárrago, F. Cabeza de Vaca, F. and R. Molina. 2001. Censos y precios de porcino ibérico 1986-1999, Solo cerdo Ibérico, vol. 2, pp. 113–122.

FAO. 2021. Strategic Framework 2022-31. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome

Gadema, Z., Oglethorpe, D. 2011. The use and usefulness of carbon labelling food: A policy perspective from a survey of UK supermarket shoppers. Food Policy, 36(6), 815–822. https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2011.08.001

García-Gudiño, J., Blanco-Penedo, I., Gispert, M., Brun, A., Perea, J., Font-i-Furnols, M. 2021. Understanding consumers' perceptions towards Iberian pig production and animal welfare. Meat Science, 172, 108317. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108317

Gaspar, P., Escribano, M., Mesías, F.J., de Ledesma, A.R., Pulido, F. 2008. Sheep farms in the Spanish rangelands (dehesas): Typologies according to livestock management and economic indicators. Small Ruminant Research, 74(1-3), 52-63. https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2007.03.013

Hölker, S., von Meyer-Höfer, M., Spiller, A. 2019. Animal ethics and eating animals: Consumer segmentation based on domain-specific values. Sustainability, 11(14). https://doi.org/10.3390/su11143907

ICEX. 2019. España Exportación e Inversiones. Ministerio de industria, comercio y turismo.

Lorido, L., Pizarro, E., Estévez, M., Ventanas, S. 2019. Emotional responses to the consumption of dry-cured hams by Spanish consumers: A temporal approach. Meat Science, 149, 126-133. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.11.015

MAPA. 2014. El consumo de jamón ibérico en hogares por Comunidades autónomas 2008/2013. Ministerio de Agrlicultura, Pesca y Alimentación. Madrid, Spain.

Mesías, F.J., Gaspar, P., Pulido, Á.F., Escribano, M., Pulido, F. 2009. Consumers' preferences for Iberian dry-cured ham and the influence of mast feeding: An application of conjoint analysis in Spain. Meat Science. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.08.004

Mesías, F.J., Pulido, F., Escribano, M., Gaspar, P., Pulido, Á.F., Escribano, A., Rodríguez□Ledesma, A. 2013. Evaluation of New Packaging Formats for Dry□Cured Meat Products Using Conjoint Analysis: An Application to Dry□Cured I berian Ham. Journal of Sensory Studies, 28(3), 238-247. https://doi.org/10.1111/joss.12040

OECD/FAO. 2021. OECD-FAO Agricultural Outlook 2021-2030, FAO, Rome/OECD Publishing, Paris.

Ortiz, A., Tejerina, D., Díaz□Caro, C., Elghannam, A., García□Torres, S., Mesías, F.J., Crespo□Cebada, E. 2020. Is packaging affecting consumers' preferences for meat products? A study of modified atmosphere packaging and vacuum packaging in Iberian dry□cured ham. Journal of Sensory Studies, 35, e12575. https://doi.org/10.1111/joss.12575

Prache, S., Adamiec, C., Astruc, T., Baéza-Campone, E., Bouillot, P.E., Clinquart, A., ... Santé-Lhoutellier, V. 2022. Review: Quality of animal-source foods. Animal, 16, 100376. https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100376

Ramírez, R., Cava, R. 2007. The crossbreeding of different Duroc lines with the Iberian pig affects colour and oxidative stability of meat during storage. Meat science, 77(3), 339-347. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.04.002

RD 4/2014, Real Decreto por el que se aprueba la norma de calidad para la carne, el jamón, la paleta y la caña de lomo ibérico, (2014). Spanish Ministry of Agriculture, Food and Environment. Madrid, Spain

Sahelices, A., Mesías, F.J., Escribano, M., Gaspar, P., Elghannam, A. 2017. Are quality regulations displacing PDOs? A choice experiment study on Iberian meat products in Spain. Italian Journal of Animal Science, 16(1), 9–13. https://doi.org/10.1080/1828051X.2016.1266704

Tejerina, D., García-Torres, S., Cabeza De Vaca, M., Vázquez, F.M., Cava, R. 2012a. Effect of production system (Montanera vs. Recebo) on antioxidant composition of Psoas mayor and Latissimus dorsi from Iberian pigs. 11o Encontro de Química Dos Alimentos. Qualidade dos Alimentos: novos desafios. Sociedade Portuguesa de Química. Divisão de Química Alimentar. Instituto Politécnico de Bragança16 a 19 de Setembro de 2012.

Tejerina, D., García-Torres, S., De Vaca, M.C., Vázquez, F.M., Cava, R. 2012. Effect of production system on physical–chemical, antioxidant and fatty acids composition of Longissimus dorsi and Serratus ventralis muscles from Ibeian pig. Food Chemistry, 133(2), 293-299. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.01.025

Trícia, A.N., Monteiro, R., Wilfart, E., Utzeri, V., Luka CD, Ur, N.B., Zin, T., … Garcia-Launay, F. 2019. Environmental impacts of pig production systems using European local breeds: The contribution of carbon sequestration and emissions from grazing. Journal of Cleaner Production, 237, 117843. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117843

Violino, S., Antonucci, F., Pallottino, F., Cecchini, C., Figorilli, S., Costa, C. 2019. Food traceability: a term map analysis basic review. European Food Research and Technology, 245(10), 2089–2099. https://doi.org/10.1007/s00217-019-03321-0





CV-14. Huella de carbono y preferencias de los consumidores por la carne de vacuno en España

Carbon footprint and consumer preferences for beef in Spain

J. M. Martínez- Paz[1]; O. Lamí[2]; F. J. Mesías[2]; C. Balas[2]; C. Díaz[2]; M. Escribano[2] y A. Horrillo[2]*

[1]Departamento de Economía Aplicada, Campus de Espinardo, Universidad de Murcia, 30100 Murcia, España.

[2]Departamento de Economía, Universidad de Extremadura, Badajoz, España.

[*]Correspondencia a: jmpaz@um.es

RESUMEN

La huella de carbono se ha consolidado como un indicador clave para medir el impacto ambiental de la producción de alimentos. Cada vez más, las regulaciones nacionales e internacionales exigen avanzar hacia sistemas de producción agrarios con una huella de carbono reducida, con el fin de mitigar los efectos del cambio climático. En este contexto, analizar las preferencias de los consumidores y valorar los productos considerando su huella de carbono resulta fundamental para impulsar una economía verde y circular. Este trabajo se centró en analizar la preferencia y la disposición a pagar de los consumidores por carne de vacuno que incluyera la huella de carbono como atributo en su etiquetado. Para ello se planteó un experimento de elección aplicado a una muestra de 362 consumidores españoles, cuyo diseño incluyó los atributos de sistema y tipo de producción, origen, huella de carbono y precio. Los resultados pusieron de manifiesto las preferencias de los consumidores por la carne de vacuno procedente de sistemas de producción extensivos, locales y orgánicos y con bajas emisiones de carbono. El etiquetado de la Huella de Carbono se muestra como un atributo que es percibido por los consumidores como un valor añadido a la información sobre la sostenibilidad del producto, premiando con un sobreprecio la carne con bajos niveles de emisiones en su producción.

Palabras clave: *experimento de elección, impacto ambiental, etiquetado, España, disposición a pagar.*

ABSTRACT

The carbon footprint has established itself as a key indicator for measuring the environmental impact of food production. Increasingly, national and international regulations are demanding a move towards agrarian production systems with a reduced carbon footprint to mitigate the effects of climate change. In this context, analyzing consumer preferences and assessing products in terms of their carbon footprint is key to driving a green and circular economy. This study focused on analyzing consumers' preference and willingness to pay for beef that includes carbon footprint as an attribute in its labeling. For this purpose, a choice experiment was applied to a sample of 362 Spanish consumers, whose design included the attributes of production system and type of production, origin, carbon footprint and price. The results revealed preferences for the consumption of beef from extensive, local, organic and low-carbon production systems. Carbon Footprint labeling is shown as an attribute that is perceived by consumers as an added value to the information on the sustainability of production, rewarding meat with low levels of emissions in its production with a price premium.

Keywords: *choice experiment, environment impact, labelling, Spain, willingness to pay*.

INTRODUCCIÓN

Las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) se han incrementado exponencialmente en el último siglo, debido en gran parte a la intensificación de muchos modelos de producción y consumo. Este incremento de los GEI ha contribuido al cambio climático actual, donde el sector agrícola y la producción de alimentos están jugando un papel crucial (Eldesouky *et al*., 2018). Los alimentos de origen animal pueden ser considerados poco sostenibles cuando su modelo de producción implique un uso intensivo de recursos y consumo de energías fósiles, con importantes impactos medioambientales, siendo responsable el sector ganadero a no menos del 16 % de las emisiones de GEI totales (Twine, 2021).

Muchos trabajos y estudios informan de cómo el tipo de producción tiene un impacto claro sobre el nivel de emisiones de GEI. De hecho, una de las propuestas de la Unión Europea (UE) para paliar el incremento de emisiones GEI es llegar al objetivo de que el 25% de la superficie agraria de la UE tenga una conversión hacia la producción ecológica antes del año 2030. Junto a este objetivo la UE ha propuesto la reducción de fertilizantes, de pesticidas peligrosos o que el 30% de la superficie europea goce de figuras de protección ambiental (European Commission, 2020).

De otro lado la falta de diferenciación de los sistemas de producción ganadera en los mercados ha cuestionado de manera global el consumo de productos cárnicos, sin tener en cuenta su origen o modelo de producción. Esto ha llevado a que la industria alimentaria comience a desarrollar nuevos alimentos sustitutivos, que aporten nutrientes y posibles beneficios para la salud de los consumidores (Weinrich y Elshiewy, 2019) junto con menores impactos ambientales, lo cual puede ser perjudicial para el sector cárnico sino toma medidas para revertir la situación (Tobler *et al*., 2011).

En este contexto, para alcanzar el objetivo de menos emisiones es necesario un compromiso conjunto que abarque tanto al sector productivo como a los ciudadanos. La implantación de sistemas de etiquetado de huella de carbono es una opción para que los consumidores actúen de forma informada a la hora de decidir su modelo de consumo (Onozaka *et al*., 2016). Los etiquetados de huella de carbono constituyen "una medida de la emisión total de dióxido de carbono

que englobase otros gases de efecto invernadero como óxido nitroso y el metano (Thøgersen y Nielsen, 2016), siendo utilizados en la actualidad por numeras empresas de todo en multitud de sectores, Aunque existen estudios que abordan el papel del etiquetado de la Huella de Carbono en el comportamiento y las preferencias alimentarias de los consumidores, como por ejemplo los trabajos de Rondoni y Grasso, (2021), Canavari y Coderoni (2020) o Echeverría *et al.*, (2014) son poco abundantes para el caso de los productos ganaderos.

El objetivo central de este trabajo es, y mediante un caso de estudio, analizar como el etiquetado de la huella de carbono pueden influenciar sobre el comportamiento y las opciones de compra de los consumidores en el caso de la carne. En concreto, se ha elegido la carne de vacuno por tratarse de un tipo de carne muy consumida en España, sólo por detrás del pollo y del cerdo (MAPA, 2024).

MATERIAL Y MÉTODOS

El experimento de elección

Los métodos de preferencias declaradas incluyen técnicas de valoración recomendadas cuando los consumidores deben hacer elecciones en situaciones que requieren de mercados hipotéticos (Jaeger y Rose, 2008). Dentro de las mimas los experimentos de elección son una herramienta apropiada por su versatilidad y potencial y han sido ampliamente utilizado en el sector agroalimentario para el estudio de las características preferidas por los consumidores (Mauracher *et al.*, 2013).

Un experimento de elección se basa en la idea de que un bien o servicio puede ser descrito en función de los atributos que lo componen y que los consumidores toman decisiones de compra en base los niveles de estos atributos (Steenkamp, 1987). El experimento de elección se caracteriza por que el consumidor se enfrenta a varias opciones de un mismo producto, formadas por las combinaciones de diferentes atributos (y de sus niveles respectivos), y debe seleccionar la opción que mejor refleje sus preferencias.

Los atributos y niveles en un experimento de elección deben definir el producto analizado y reflejar aquellas características de este que tienen mayor importancia para el consumidor durante su proceso de compra, cuidando la no omisión de atributos relevantes (Cattin y Wittink, 1982). En este caso, y para el producto de carne fileteada de vacuno se han seleccionado los atributos y niveles que se muestran en la tabla 1 en función de las características del producto elegido y de la revisión previa de la literatura.

Tabla 1. *Atributos y niveles del experimento de elección*

Atributos	Niveles
Sistema de producción	• Extensivo
	• Intensivo
Origen	• Local
	• Nacional
	• Importado (EU)
Huella de carbono kg CO_2/kg de producto	• 8 kg
	• 18 kg
	• 28 kg
Producción Ecológica	• Sí
	• No
Precio	• 10 €/kg
	• 15 €/kg
	• 20 €/kg

El conjunto total de productos hipotéticos que pueden crearse combinando los atributos/niveles seleccionados asciende a 108, lo que resulta inmanejable para un proceso de consulta a población. Para reducir el número de opciones sin perder información se utilizó un diseño fraccional (Zabala *et al*, 2021), resultando seis conjuntos de selección, cada uno con 2 opciones más el statu quo, que se presentaron a los consumidores para que eligieran la opción que preferían en cada uno de los conjuntos. La tabla 2 muestra uno de los conjuntos de elección utilizados.



Tabla 2. *Ejemplo de conjunto de elección*

Atributos	Opción 1	Opción 2	Opción 3
Sistema de producción	Intensivo	Extensivo	No comprar el producto
Origen	Nacional	Importado (EU)	
Huella de carbono	8	18	
Producción Ecológica	Si	No	
Precio (€/kg)	20	10 €/kg	
Elección	□	□	□

Modelización de las elecciones

Los experimentos de elección tienen su base en de los modelos de utilidad aleatoria (McFadden, 1973), en los que se asume que la función de utilidad de cada individuo es la suma de dos términos, una parte determinística que puede describirse como una función de los factores que influyen en la utilidad de los individuos y otra aleatoria, no observada, y que es considerada estocástica.

La estimación de dicha función de utilidad, y de la probabilidad de elección asociada, se realizó en este trabajo mediante un modelo logit condicional (Revelt y Train, 1998). Se fijaron los niveles base para cada atributo a los que se les asigna utilidad "0". Los valores base seleccionados fueron "Intensivo" (para el atributo sistema de producción), "importado (EU)" (para el origen); "huella 8 kg" (para la huella de carbono), "no ecológico" (para ecológico). La forma funcional de la U_{njt} derivada del individuo n para la alternativa j en el conjunto de elección t puede definirse tal y como sigue, siendo ASC el valor de la alternativa nula o status quo (opción 3):

$$U_{njt} = \beta_0 ASC + \beta_1 EXT_{njt} + \beta_2 LOC_{njt} + \beta_3 NAT_{njt} + \beta_4 FOOT_2_{njt} + \beta_5 FOOT_3_{njt} + \beta_6 ECOLOGICAL_{njt} + \beta_7 PRICE_{njt} + \varepsilon_{njt}$$

A partir de este modelo se puede estimar la disposición a pagar (WTP) para cada uno de los atributos, obteniendo así la valoración monetaria que los consumidores otorgan a un nivel concreto de cada atributo en comparación al nivel base de ese mismo atributo. En concreto, la disposición a pagar de un nivel de un atributo WTP_k es calculada dividiendo el parámetro del nivel de cada atributo β_k, entre el parámetro correspondiente al precio β_{PRICE} con el signo cambiado, siguiendo:

$$WTP_k = -\frac{\beta_k}{\beta_{PRICE}}$$

Origen de datos

El cuestionario utilizado para la obtención de información primaria de los consumidores y sus elecciones se compone de cuatro partes. La primera recoge los hábitos de consumo, para ello se les preguntó sobre la frecuencia de consumo, lugar de compra y los factores más relevantes a la hora de realizar la compra entre otras cuestiones. En la segunda parte se les pregunta sobre su conocimiento y opinión sobre la huella de carbono en la producción de alimentos y el cambio climático. La tercera parte del cuestionario desarrolla el experimento de elección para analizar la influencia de la huella de carbono en las preferencias de los consumidores sobre la carne de vacuno fileteada. Finalmente, la cuarta parte contiene la información socioeconómica del encuestado.

El número total de cuestionarios válidos obtenidos asciende a 362 siendo el error máximo obtenido del 4.6% con un 95% de nivel de confianza para una variable binaria.

La tabla 3 muestra el perfil sociodemográfico de la muestra, que resulta representativa de la población española en términos de edad, sexo, renta y nivel de estudios.

Tabla 3. *Perfil sociodemográfico de los encuestados*

	Variable	%
Sexo	• Hombre • Mujer	42,3 57,7
Edad	• 19-34 • 35-50 • >50	24,9 27,6 47,5
Renta mensual (€/mes)	• < 1.200 • 1.201-2.400 • 2.401-3.600 • >3.600 • No contesta	39,9 24,6 9,6 24,2 1,7
Estudios	• Sin estudios. • Estudios básicos. • Medios y superiores.	1,6 8,1 90,3

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 4 presenta los resultados de la estimación del modelo logit de elección condicional para el conjunto de la muestra. El signo del coeficiente de cada nivel indica la utilidad para el consumidor que la presencia de ese nivel añade (signo positivo) o resta (signo negativo) con respecto al nivel de referencia.

Tabla 4. *Resultados del modelo logit*

Atributo/ Nivel	Coeficiente	z-value	p-value
ASC	-0,1173	-0,76	0,1593
Precio	-0,0873	-5,76	0,0153
Extensivo	0,4561	7,20	0,0633
Local	1,2516	14,60	0,0857
Nacional	0,7929	11,34	0,0699
Footprint_2	-0,5139	-5,21	0,0985
Footprint_3	-0,5667	-7,39	0,0761
Ecológica	0,4916	6,39	0,0773
Loglikehood	-2085,14		

Los resultados muestran, en primer lugar y en base al signo de los coeficientes, el impacto de los atributos/niveles en la utilidad de los consumidores. Así, los resultados para el "Origen" indican que los consumidores obtienen más utilidad al elegir carne de vacuno producida localmente o en el país frente a la importada. Algo similar ocurre con el "Sistema de producción", prefiriéndose el extensivo frente al intensivo. La producción "Ecológica" tiene un impacto positivo en las preferencias de los encuestados frente a la producida de manera convencional. Como es de esperar, el precio tiene un impacto negativo en la utilidad, al igual que los mayores niveles de huella ecológica.

Estos resultados están en consonancia con investigaciones anteriores, como la de Hoffmann (2000) que constató que los consumidores prefieren los productos alimenticios locales a los importados o la de (Lim *et al.*, 2014) que demostraron que el país de origen era uno de los principales aspectos que influían en las preferencias de los consumidores por los alimentos. En cuanto a la carne de vacuno, Bernués *et al.* (2003) indicaron que el origen era el dato más importante demandado por los consumidores europeos, mientras que García-Torres *et al* (2016) constataron que el origen era uno de los atributos más importantes en las preferencias de los consumidores por la carne de vacuno.



En cuanto al atributo ecológico, Borgogno *et al*. (2015) encontraron que la producción ecológica era muy relevante a la hora de comprar carne, mientras que García-Torres *et al*. (2016) y Napolitano *et al*., (2010) observaron que los consumidores preferían la carne de vacuno ecológica a la producida de forma convencional.

Además, el signo negativo para el atributo precio es consistente con el comportamiento habitual de la demanda y está de acuerdo con otras investigaciones sobre preferencias por la carne (Díaz *et al*., 2013; Gracia y De-Magistris, 2013).

Por último, los coeficientes de la huella de carbono reflejan la creciente preocupación de los consumidores por la influencia de la producción animal en el medio ambiente a través de la deforestación y las emisiones de GEI (Eldesouky *et al*., 2018), relación también constatada por Apostolidis y McLeay, (2019) para los consumidores del Reino Unido.

Tabla 5. *Disposición a pagar por los distintos atributos respecto al nivel de referencia.*

Referencia / Nivel	Media (€/kg)	Intervalo 95%
Intensivo / Extensivo	5,22	3,34; 7,10
Importado / Local	14,33	9,60; 19,06
Importado / Nacional	9,08	5,39; 12,77
Huella (8 kg CO2/kg de carne) / Huella (18 kg CO2/kg)	-5,88	-7,29; -4,47
Huella (8 kg CO2/kg de carne /Huella (28 kg CO2/kg)	-6,49	-8,89; - 3,99
No ecológica / ecológica	5,63	4,14; 7,11

La tabla 5 muestra que los consumidores presentan una mayor disposición a pagar por el atributo origen, principalmente por el nivel local, seguido del nivel nacional. A continuación, los diferentes niveles del atributo de huella de carbono presentan disposiciones a pagar negativas, siendo más altas cuanto más altos son los niveles de huella de carbono. El sistema de producción se sitúa de manera intermedia en cuanto a su disposición a pagar entre los diferentes niveles de la huella de carbono. Finalmente, los atributos del sistema y producción (ecológico y extensivo) encuentra en los últimos lugares en cuanto a su valoración de utilidad para el consumidor.

Así en el caso de los etiquetados medioambientales como el de la huella de carbono, se observa una sensibilización de los consumidores premiando de manera negativa en el precio un mayor nivel de emisiones de gases de efecto invernadero. Esto es debido sin duda al creciente interés de los consumidores por el impacto de los métodos de producción en el medio ambiente (Asdrubali *et al*., 2013) y el efecto de los alimentos en la salud (Forsman-Hugg *et al*., 2008). En este sentido, la Huella de Carbono como indicador de las emisiones de GEI se ha vuelto cada vez más popular debido a la preocupación social por reducir emisiones para mitigar el cambio climático y ser una referencia para su evaluación y medir los impactos sobre el medio (Aschemann-Witzel *et al*., 2019)

En cuanto al origen local de la carne, esta mayor disposición al pago sin lugar a duda está también ligada a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero de las producciones de cercanía o locales, premiando la producción de proximidad. Aparte de este carácter ambiental el concepto de proximidad se asocia a efectos positivos económicos y de desarrollo local, siendo estos aspectos cada día más importantes para los consumidores (Dobrenova *et al*., 2015).

Finalmente, es importante señalar que a la hora de la disposición al pago por determinados atributos de carácter medioambiental es necesario contar con un etiquetado adecuado y comprensible que permita a los consumidores tener claros los impactos ambientales de su elección de compra. Así, la falta de información de un producto puede ser una barrera que impida a determinados segmentos de consumidores concienciados seleccionen alimentos más respetuosos con el medio ambiente (Cerri *et al*., 2016).

CONCLUSIONES

En la actualidad a la sociedad le preocupa como la producción de alimentos y en concreto la carne puede contribuir a un incremento de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y por tanto al cambio climático. Así frecuentemente la carne y los productos cárnicos se ven denostados por esta razón por los consumidores, además de las de convicciones o creencias. En este contexto, se ha planteado este trabajo con el fin de estudiar cómo los consumidores realmente trasladan su sensibilidad ambiental a la hora de elegir sus opciones de compra, e igualmente, qué disposición tienen a la hora de pagar un sobreprecio por determinadas características medioambientales de la carne.

Los consumidores sitúan al origen del producto como el principal atributo a valorar, seguido de su huella de carbono, la intensidad del sistema de producción, la producción ecológica y el sobreprecio. Hay que destacar como el etiquetado en huella de carbono puede ser un paso más para la puesta en valor de la calidad y respeto con el medio ambiente de muchos productos cárnicos, siendo necesario potenciar la transmisión de esta información a lo largo de todo el canal comercial con el fin de eliminar las percepciones genéricas negativas sobre la sostenibilidad del sector.

BIBLIOGRAFÍA

Apostolidis, C., McLeay, F. 2019. To meat or not to meat? Comparing empowered meat consumers' and anti-consumers' preferences for sustainability labels. Food Qual. Prefer. 77, 109–122.

Aschemann-Witzel, J., Ares, G., Thøgersen, J., Monteleone, E. 2019. A sense of sustainability? – How sensory consumer science can contribute to sustainable development of the food sector. Trends Food Sci. Technol. 90, 180–186.

Asdrubali, F., Presciutti, A., Scrucca, F. 2013. Development of a greenhouse gas accounting GIS-based tool to support local policy making-application to an Italian municipality. Energy Policy 61, 587–594.

Bernués, A., Olaizola, A., Corcoran, K. 2003. Extrinsic attributes of red meat as indicators of quality in Europe: An application for market segmentation. Food Qual. Prefer. 14, 265–276.

Borgogno, M., Favotto, S., Corazzin, M., Cardello, A.V., Piasentier, E. 2015. The role of product familiarity and consumer involvement on liking and perceptions of fresh meat. Food Qual. Prefer. 44, 139–147.

Canavari, M., Coderoni, S., 2020. Consumer stated preferences for dairy products with carbon footprint labels in Italy. Agric. Food Econ. 8, 4.

Cattin, P., Wittink, D.R. 1982. Commercial Use of Conjoint Analysis: A Survey. J. Mark. 46, 44.

Cerri, C., Moreira, C., Alves, P., Raucci, G., Castigioni, B., Mello, F., Cerri, D., Cerri, C. 2016. Assessing the carbon footprint of beef cattle in Brazil: A case study with 22 farms in the State of Mato Grosso. J. Clean. Prod. 112, 2593–2600.

Díaz, M., Prieto, A., Bernabéu, R. 2013. Estructura de preferencias de los consumidores de carne de cordero en Castilla-La Mancha. ITEA Inf. Tec. Econ. Agrar. 109, 476–491.

Dobrenova, F.V., Grabner-Kräuter, S., Terlutter, R. 2015. Country-of-origin (COO) effects in the promotion of functional ingredients and functional foods. Eur. Manag. J. 33, 314–321.

Echeverría, R., Hugo Moreira, V., Sepúlveda, C., Wittwer, C. 2014. Willingness to pay for carbon footprint on foods. Br. Food J. 116, 186–196.

Eldesouky, A., Mesias, F.J., Elghannam, A., Escribano, M. 2018. Can extensification compensate livestock greenhouse gas emissions? A study of the carbon footprint in Spanish agroforestry systems. J. Clean. Prod. 200, 28–38.

European Commission. 2020. Stepping up Europe's 2030 Climate Ambition: Investing in a Climate-neutral Future for the Benefit of Our People, COM (2020) 562 (2020).

Forsman-Hugg, S., Katajajuuri, J.M., Pesonen, I., Paananen, J., Makela, J., Timonen, P. 2008. Building the content of CSR in the food chain with a stakeholder dialogue, in: 12th Congress of the EAAE 2008. pp. 1–7.

García-Torres, S., López-Gajardo, A., Mesías, F.J. 2016. Intensive vs. free-range organic beef. A preference study through consumer liking and conjoint analysis. Meat Sci. 114, 114–120.

Gracia, A., De-Magistris, T. 2013. Preferences for lamb meat: A choice experiment for Spanish consumers. Meat Sci. 95, 396– 402.

Hoffmann, R. 2000. Country of origin – a consumer perception perspective of fresh meat. Br. Food J. 102, 211–229.

Jaeger, S., Rose, J. 2008. Stated Choice experimentation, contextual influences and food Choice: A case study. Food Qual. Prefer. 19, 539–564.

Lim, K.H., Hu, W., Maynard, L.J., Goddard, E. 2014. A Taste for Safer Beef? How Much Does Consumers' Perceived Risk Influence Willingness to Pay for Country-of-Origin Labeled Beef. Agribusiness 30, 17–30.

MAPA. 2024. La Alimentación mes a mes; MAPA: Madrid, Spain,

Mauracher, C., Tempesta, T., Vecchiato, D., 2013. Consumer preferences regarding the introduction of new organic products. The case of the Mediterranean Sea bass (Dicentrarchus labrax) in Italy. Appetite 63, 84–91.

McFadden, D. 1973. Conditional logit analysis of qualitative choice behavior, in: Zarembka, P. (Ed.), Frontiers Econometrics. Academic Press, New York, pp. 105–142.

Napolitano, F., Braghieri, A., Piasentier, E., Favotto, S., Naspetti, S., Zanoli, R. 2010. Effect of information about organic production on beef liking and consumer willingness to pay. Food Qual. Prefer. 21, 207–212.

Onozaka, Y., Hu, W., Thilmany, D.D. 2016. Can eco-labels reduce carbon emissions? Market-wide analysis of carbon labeling and locally grown fresh apples. Renew. Agric. Food Syst. 31, 122–138.



Revelt, D., Train, K. 1998. Mixed Logit with Repeated Choices: Households' Choices of Appliance Efficiency Level. Rev. Econ. Stat. 80, 647–657.

Rondoni, A., Grasso, S. 2021. Consumers' behavior towards carbon footprint labels on food: A review of the literature and discussion of industry implications. J. Clean. Prod. 301, 127031.

Steenkamp, J. 1987. Conjoint measurement in ham quality evaluation. J. Agric. Econ. 38, 473–480.

Thøgersen, J., Nielsen, K.S. 2016. A better carbon footprint label. J. Clean. Prod. 125, 86–94.

Tobler, C., Visschers, V., Siegrist, M. 2011. Eating green. Consumers' willingness to adopt ecological food consumption behaviors. Appetite 57, 674–682.

Twine, R. 2021. Emissions from Animal Agriculture—16.5% Is the New Minimum Figure. Sustainability, 13(11), 6276.

Weinrich, R., Elshiewy, O. 2019. Preference and willingness to pay for meat substitutes based on micro-algae. Appetite 142, 104353.

Zabala, J.A., Martínez-Paz, J.M., Alcon, F. 2021. A comprehensive approach for agroecosystem services and disservices valuation. Science of the Total Environment, 768, 144859.

CV-15. Vigilancia sobre fitolitos en comunidades vegetales para pastoreo. Contribución a la gestión de proyecto

Phytolith monitoring in plant communities for grazing. Contribution to project management

D. Roque Chao[1]; J. Alonso Lazo[2] y N.C. Oliveira Pires[3]*

[1]Empresa de Telecomunicaciones de Cuba, ETECSA, Mayabeque, Cuba

[2]Instituto de Ciencia Animal, Mayabeque, Cuba

[3]Instituto de Ciencias Agrarias de la Universidad Federal de Minas Gerais, Brasil

[*]Correspondencia a: jatnelalonso72@gmail.com

RESUMEN

La inclusión de un sistema de vigilancia tecnológica en la gerencia de un proyecto es clave para agregar valor a las tareas planificadas y cumple la función de asegurar la oportuna toma de decisiones. Los fitolitos en comunidades vegetales para pastoreo y su relación con el valor nutritivo fue el tema a observar durante el período 2022-2024. El diseño del sistema de vigilancia, sujeto a la escasa información, definió tres factores críticos con propósitos diferentes: objeto del proyecto, aplicación de conocimientos y proyección de investigaciones. El análisis cuantitativo y cualitativo de publicaciones permitió identificar autores, instituciones y países con liderazgo, así como los títulos de revistas que publican con frecuencia sobre el tema y la productividad por año en el período establecido. Los resultados indicaron continuidad de las investigaciones planteadas. En el informe de vigilancia se presentan dos artículos científicos del 2023 con puntos que interceptan el objetivo del proyecto y una patente del 2024 que denota pertinencia, relevancia e impacto en el área del conocimiento agropecuario. La oclusión de carbono es el asunto más abordado y se destacan como temas de interés futuro, el uso de nanopartículas de silicio, encapsulación de materiales traza tóxicos entre otros que relacionan metodologías de análisis de los fitolitos.

Palabras clave: *vigilancia tecnológica, fitolitos, pastos*

ABSTRACT

The inclusion of a technological monitoring system in project management is key to adding value to planned tasks and serves to ensure timely decision-making. Phytoliths in grazing plant communities and their relationship with nutritional value were the topic of focus during the 2022-2024 period. The design of the monitoring system, subject to limited information, defined three critical factors with different purposes: project objective, application of knowledge, and research projections. The quantitative and qualitative analysis of publications identified leading authors, institutions, and countries, as well as the titles of journals that frequently publish on the topic and annual productivity during the established period. The results indicated continuity of the proposed research. The monitoring report presents two scientific articles from 2023 with points that intersect with the project objective and a patent from 2024 that denotes relevance, relevance, and impact in the area of agricultural knowledge. Carbon occlusion is the most discussed topic, and the use of silicon nanoparticles and encapsulation of toxic trace materials, among others, that relate to phytolith analysis methodologies, stand out as topics of future interest.

Keywords: *technological surveillance, phytoliths, pastures*

INTRODUCCIÓN

La actividad ganadera basada en el uso de gramíneas, leguminosas y otras plantas de interés presenta el reto de ofrecer el alimento con un alto valor nutritivo. La composición bromatológica, el consumo y la degradabilidad del componente vegetal influyen directamente en la productividad y la eficiencia de los animales.

Para su adecuado crecimiento y desarrollo las plantas utilizadas en comunidades vegetales para pastoreo necesitan de ácido monosilícico [Si $(OH)_4$]. La acumulación de esta sustancia en el interior de los tejidos vegetales forma una matriz esquelética muy resistente y estable conocida como fitolitos. Los fitolitos son cuerpos de sílice compuestos de sílice soluble (SiO□ nH□O) que se depositan en las paredes celulares, las cavidades celulares y los espacios intercelulares (Hodson *et al*., 2020).

Los fitolitos se utilizan ampliamente en paleoecología, paleoclimatología, arqueología, geología, edafología, entre otras disciplinas (Hart, 2016) y en la última década, el número de artículos de investigación basados en análisis de fitolitos ha aumentado exponencialmente (Rashid *et al,* 2019), con aplicaciones en diversos campos ambientales relacionados con los servicios ecosistémicos (Meunier *et al*., 2022; Hussain *et al.,* 2023). Sin embargo, la relación entre el contenido y tipos de fitolitos con el valor nutritivo de las especies vegetales no ha sido centro de las investigaciones en nutrición animal estando las mismas dirigidas a los contenidos y tipos de fibra y en menor medida a los niveles de silicio en la planta.



En la actualidad, el tema fitolito observado en publicaciones científico-técnicas, revela necesidad de continuidad e inicio en investigaciones. La modalidad proyecto es la vía más acertada para el desarrollo de este tema. Las perspectivas de desarrollo en áreas como la agricultura, el medio ambiente, la nanotecnología requieren de tiempo, recursos y dedicación para obtener resultados novedosos. También requieren de herramientas de observación y alerta que garanticen actualización sobre la evolución de la temática durante el periodo de ejecución del proyecto.

La vigilancia científica-tecnológica (VCT) es un proceso de búsqueda, de captación y de análisis de información, a partir de bases de datos científicas y tecnológicas, la cual, se vislumbra como una herramienta útil para rastrear posibles soluciones innovadoras, que sirvan de apoyo en las investigaciones, entendiendo que el número de trabajos académicos publicados y patentes concedidas es un indicador importante para medir la tendencia y la dinámica de publicación en el desarrollo de las investigaciones (Orjuela-Garzón *et al.*, 2020 y Acevedo-Viloria *et al.*, 2024)

En este sentido, el objetivo de este trabajo fue implementar un sistema de vigilancia científica-tecnológica, asociada a un proyecto de investigación que abordó el tema de la relación del valor nutritivo y los Sílico-Fitolitos en gramíneas, leguminosas y otras plantas de interés para la ganadería.

MATERIALES Y MÉTODOS

El proceso de Vigilancia científico-tecnológica se diseñó sobre la base del modelo que establece la Norma UNE 166006:2018 Gestión de la I+D+i: Sistema de vigilancia e inteligencia. Este se basó en los resultados de un proceso de búsqueda anterior que determinó la creación del actual proyecto de investigación. La experiencia permitió identificar, en la primera etapa, tres factores críticos de vigilancia de interés para el desarrollo de las investigaciones.

Factores Críticos de Vigilancia	
1	Degradabilidad de fitolitos
2	PhyOC
3	Otros temas relacionados con pastos

La selección de las fuentes de información tuvo en cuenta la productividad de publicaciones en bases de datos bibliográficas en línea, reconocidas internacionalmente con patrocinio de países desarrollados. Este criterio permitió la selección de tres bases de datos multidisciplinarias de alcance geográfico general: Sciencedirect con acceso libre de búsqueda y disponibilidad de consulta de un porciento de textos completos, Scopus y Web of Science con acceso limitado, pero imprescindibles examinar por el escaso volumen de información sobre el tema y calidad certificada de las investigaciones. La selección de las bases de datos de patentes determinó la condición: acceso libre, publicidad centrada en la región europea y productividad del tema. En este caso se eligió la consulta de la fuente ESPACENET y PatentScope.

La planeación de la vigilancia se diseñó con una frecuencia mensual y funcionó como sistema de alerta para la actualización y proceder de tareas del proyecto. El gestor bibliográfico EndNote XVIII se empleó como herramienta para el almacenamiento, organización y recuperación de la información y fue concebido para el proceso de análisis, los criterios de especialistas partícipes del proyecto. Cada publicación o patente valorada como relevante se agrupó en correspondencia con el factor crítico de vigilancia y se procedió al análisis cuantitativo y cualitativo de la información.

En la etapa de búsqueda se definió como estrategia para todas las bases de datos la expresión: Phytolith AND Grass. Esta sintaxis elaborada en idioma inglés y sin otras variantes de terminologías, combinada con cada año (2022, 2023 o 2024) fue aplicada para obtener un recobrado de información mayor y a fin con los factores críticos de vigilancia. La lectura del resumen o texto completo centró el proceso de selección de las publicaciones, en una primera etapa por el especialista de información y en un segundo momento por los especialistas del tema, en función de determinar la relevancia de las investigaciones.

La puesta en valor de la información concibió el análisis cuántico de la información, a partir de los resultados que ofrece el gestor bibliográfico y el empleo de Excell como herramienta para realizar el procesamiento de datos. Los nombres de autores con similitud se corroboraron por la afiliación en la publicación y la consulta en ORCID para lograr la normalización. El análisis cualitativo tuvo en cuenta la interpretación del contenido de las publicaciones y la representatividad recurrente de las investigaciones. En la etapa final del proyecto se elaboró el informe de vigilancia y se socializó institucionalmente para evidenciar posibles entornos de proyección en investigaciones futuras.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La vigilancia se realizó en el periodo de años 2022-2024. En total se registraron 57 documentos, distribuidos indistintamente según los factores críticos de vigilancia (Figura1).

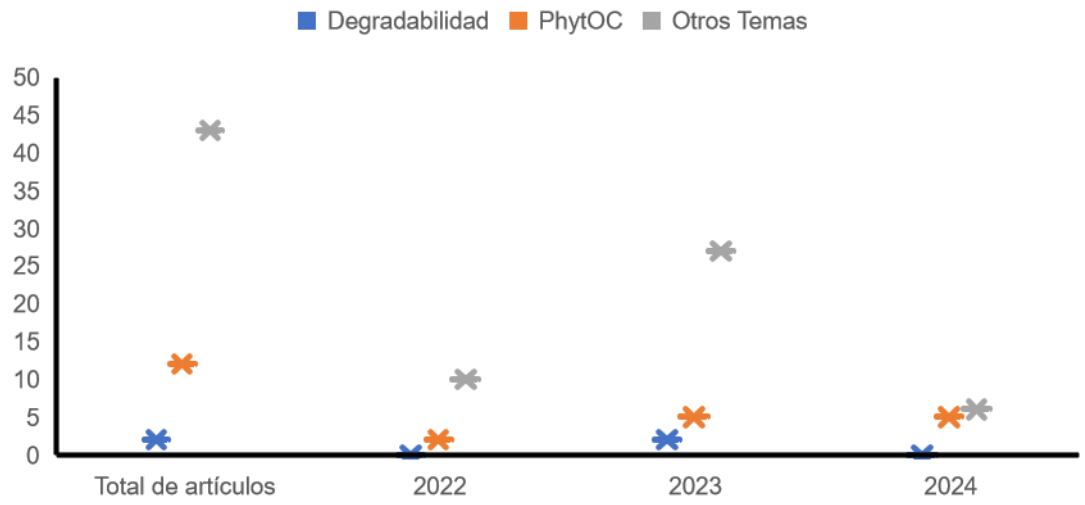


Figura 1. *Representación del total de artículos científicos por año según factores críticos de vigilancia*

Sobre el principal tema con vínculo directo a la novedad del proyecto: Degradabilidad de fitolitos se recuperaron sólo dos publicaciones en el segundo año de vigilancia. La investigación más cercana al objeto del proyecto relaciona los fitolitos con la especie *Eragrostis curvula*, popularmente conocido como pasto llorón. Los autores de procedencia argentina perteneciente a la Universidad Nacional del Sur-CONICET presentaron la correlación negativa entre el contenido de fitolitos y la digestibilidad in vitro de la materia seca y la proteína bruta, así como la correlación positiva de fitolitos con la lignina, la fibra detergente neutra y la fibra detergente ácida.

Estos resultados validaron la hipótesis planteada en el proyecto y ofrecieron procedimientos y herramientas metodológicas para el estudio de las comunidades vegetales investigadas en pastoreo.

La otra publicación que relaciona el tema degradabilidad, demostró que las especies de gramíneas pueden tener diferentes tasas de disolución. El primer autor perteneciente a la Universidad de Geociencias de China, en colaboración con investigadores de la Universidad de Aix-Marsella, Francia estudiaron el caso de las especies *Hyparrhenia involucrata* y *Nastus borbonicus* de diferentes familias de gramíneas. Esta investigación evidencia la posibilidad de asociar a las comunidades vegetales para pastoreo, dominadas por gramíneas, un aporte de macro y micronutrientes en el ambiente ruminal. No obstante, se alerta sobre el comportamiento de disolución de los fitolitos cuando se incorporan en ellos metales pesados.

La oclusión de carbono en los fitolitos de los pastos (PhytOC), considerado como un segundo factor de vigilancia por su importancia para disminuir los efectos negativos de la ganadería al medio ambiente concibió 12 artículos científicos de interés. Dentro del tema se apreció la estimación previa del almacenamiento y el potencial de carbono ocluido por fitolitos así como la resistencia de descomposición del carbono total en algunos suelos y sedimentos. Hasta el momento solo se considera el valor promedio de la oclusión de carbono en fitolitos y no se evidencia la relación de los factores ecológicos y la distribución espacial del secuestro de carbono

Un tercer factor crítico de vigilancia que agrupa otros temas de interés recuperó el mayor número de artículos. Las investigaciones relacionaron la fiabilidad del análisis de conjuntos fitoliticos para caracterizar la vegetación subtropical y explorar el potencial de utilizar estas relaciones fitolitica-vegetación para la interpretación paleoambiental así como el empleo de los fitolitos en la búsqueda de los principales linajes de gramíneas a lo largo del tiempo para definir qué tipo de gramíneas C4 llegan a dominar una región concreta. También, fueron temas de investigación la influencia de factores climáticos en los parámetros morfométricos; la estandarización de metodologías para la digitalización de morfotipos; el uso de nanopartículas de silicio en el desarrollo de fitolitos y el estudio de los mecanismos asociados a la encapsulación de metales traza tóxicos.

El 2023 fue el año de mayor actividad científica de interés para el proyecto. La concurrencia de artículos sobre otros temas, avizora visión de gestión para incursionar en nuevas investigaciones con fitolitos y la poca coincidencia de publicaciones que relacionan degradabilidad indica continuidad de desarrollo del tema.



La gestión de innovaciones tecnológicas recuperó tres patentes publicadas en el último año de vigilancia (tabla 1). El contenido de uno de estos documentos revela la primera evidencia de invenciones que relacionan a los fitolitos como aditivo en alimento para animales. Las otras dos definen métodos de extracción diferentes de estos cuerpos amorfos.

Tabla 1. *Patentes sobre fitolitos con aplicación en el área del conocimiento agropecuario durante el período 2022-2024.*

Titulo	Inventor	Institución	País
A phytosilicon-carbon ore composite powder livestock feed additive and a preparation method thereof	Deng Jie Hou Sihao Wang Xianguang Wang Ping Li Dong Mei Wang Chunxiang Zhan Tian Wei Ding Neng Wen Li Zhifeng Min Guangquan Zhong Qiujuan Liu Wei Liao Simin Chen Ruiyang Zhu Chuang Guo Qi Xiaopeng	Jiangxi Mineral Resources Guarantee Service Center Jiangxi. University of Science and Technology	China
A method for extracting high-purity phytoliths based on microwave digestion-heavy liquid method	Fu Qiang Miao Jiawei Li Tianxiao Hou Renjie	Northeast Agricultural University	China
Combined extraction method of diatom and silicon-bearing body in siliceous sediment	Lu Jingfang Yang Chuansheng Zhang Dandan Huang Wei Han Tonggang	Qingdao Marine Science and Technology Center	China

El análisis de este tipo de información, alertó sobre el país, las instituciones y autores de invenciones líderes en el tema con resultado de investigaciones cercanas a la novedad del proyecto. China es el país más competitivo y se destaca la Universidad de Ciencia y Tecnología de Jiangxi con la introducción en el mercado de un aditivo para alimento animal y su método de preparación. Los estudios realizados para la obtención de la patente demostraron fortaleza en el sistema inmunitario, aumento de la actividad celular e incremento en el crecimiento de diferentes especies de animales. El 2024 marcó la primera evidencia pertinente sobre el tema. Los autores de la invención no registran publicaciones de artículos científicos al respecto hasta el mismo año de publicación de la patente. Este comportamiento, vislumbra la tendencia del comienzo de descubrimientos que asocian a los fitolitos con los pastos y su relación con el consumo animal.

La condición publicación de autores con tres o más artículos científicos durante el período de observación asoció diez autores (tabla 2).

Tabla 2. *Autores con mayor actividad de colaboración y publicación en revistas científicas*

Autores	Artículos	Institución	País	Temáticas
Song, Zhaoliang	5	Zhejiang Agricultural and Forestry University	China	PhytOC
Li, Zimin	4	Université catholique de Louvain	Bélgica	PhytOC
Wang, Hailong	4	Foshan University, Zhejiang A&F University	China	PhytOC and Nanopartículas
Li, Qiang	3	Tianjin University	China	PhyOC
de Moura Zanine, Anderson	3	Universidade Federal do Maranhao,	Brazil	Nanopartículas
de Mello Prado, Renato	3	Universidade Estaudal Paulista,	Brazil	Nanopartículas
Yang, Xiaomin	3	Guizhou University	China	PhytOC
Wu, Lele	3	Tianjin University	China	PhytOC
Van Zwieten, Lukas	3	Wollongbar Primary Industries Institute	Australia	PhytOC
Ran, Xiangbin	3	First Institute of Oceanography	China	PhytOC

Los autores con mayor número de publicaciones abordan el tema fitocarbono en las plantas. La mayoría son de nacionalidad china y pertenecen a instituciones académicas y científicas indistintamente. En este tema se destaca un autor de procedencia australiana que participa en colaboración científica con este país y un autor de correspondencia con cita en Bélgica que ocupa la condición de primer autor en muchas publicaciones y que también presenta artículos científicos en colaboración con investigadores de nacionalidad china.

El tema nanopartícula aparece con participación de un autor chino que también integra como coautor artículos relacionados con la oclusión de carbono. Dos autores brasileños de universidades diferentes tienen participación reiterada en este tema que relacionan con la nutrición de los pastos.

Sobre las revistas científicas de mayor concentración de publicaciones se recuperaron nueve títulos que incluyen de ocho a dos publicaciones, durante el periodo de vigilancia (Figura 2).

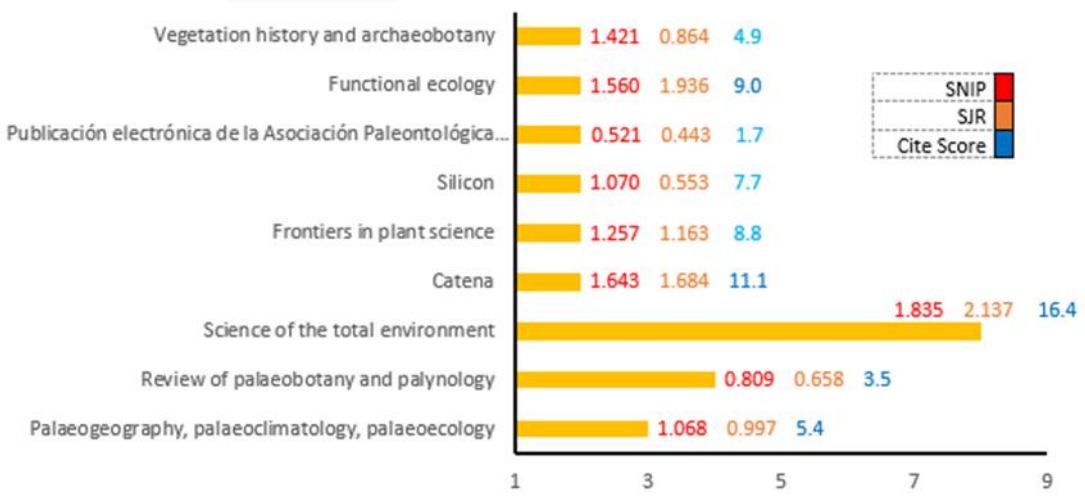


Figura 2. *Títulos de revistas que publican mayor número de artículos sobre fitolitos con indicadores de evaluación internacional 2024.*



Del grupo de revistas más productivas se destaca por cantidad de artículos y mayor valor de los indicadores durante el período de vigilancia, la revista Science of the total environment, una publicación de Elsevier que edita un grupo de universidades e institutos de investigación de Países Bajos. La revista es multidisciplinaria en temas con el medio ambiente y su posición es Q1. Catena es otro de los títulos con índices de evaluación superior al resto de las revistas, también del mismo país y editora. La revista, aunque no se encuentra entre las tres más productivas, su posición Q1 y temática relacionada con procesos de la superficie de la Tierra, al igual que el título Palaeogeography, palaeoclimatology, palaeoecology, amerita su consulta y la publicación de investigaciones en ella. La mayoría de las revistas se posicionan en el primer cuartil por las temáticas que aborda; solo dos, Publicación electrónica de la Asociación Paleontológica Argentina y Silicon, posicionan sus temáticas en el segundo cuartil.

Los artículos científicos que determinaron la evaluación de la hipotesis planteada en el proyecto se encontraron en revistas de categorías temáticas diferentes. La publicación más afin al objetivo de investigación aparece en la revista Agronomy del área agricultura y ciencias biológicas. Este título con índice SJR (2024) 0.744, se ubica dentro del grupo Q1 de la categoría agronomía y ciencias del suelo. La aceptación del artículo en la revista significa la incorporación del tema fitolito en el área de las ciencias agrícolas. El otro artículo de interés se encuentra publicado en uno de los títulos más reiterados con la cantidad de tres publicaciones.

CONCLUSIONES

La vigilancia de la literatura científico-técnica y las invenciones publicadas sobre fitolitos, específicamente en los pastos señaló la tendencia, durante un periodo de tres años, de nuevas investigaciones que tratan los fitolitos en especies de gramíneas con diferentes fines. Aparecen por primera vez estudios que vinculan a los animales y a pesar de no coincidir totalmente con la perspectiva de investigación del proyecto se aprecia aproximación al tema de la relación del valor nutritivo y los Sílico-Fitolitos en gramíneas, leguminosas y otras plantas de interés para la ganadería.

La puesta en valor de la información indicó desarrollo de las investigaciones con fitolitos principalmente por países del primer mundo. La publicación del tema se centró en las revistas de impacto y la identificación de autores viabilizó la posible colaboración científica entre instituciones de países como Argentina y China.

Bibliografía

Acevedo-Viloria, N., Cervera-Ricardo, M., Figueroa-Flórez, J., Salcedo-Mendoza, J., Ramos-Villacob, V. 2024. Vigilancia científica y tecnológica en procesos de modificación físico-enzimática en gránulos de almidón. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 27(1):e2416. http://doi.org/10.31910/rudca.v27.n1.2024.2416

Hart, T.C. 2016. Issues and directions in phytolith analysis. J. Archaeol. Sci. 68, 24–31. [CrossRef]

Hodson, M.J., Song, Z., Ball, T.B., Elbaum, R., Struyf, E. 2020. Editorial: Frontiers in Phytolith Research. Front. Plant Sci. 11, 454. [CrossRef]

Hussain, B., Riaz, L., Li, K., Hayat, K., Akbar, N., Hadeed, M.Z., Zhu, B., Pu, S. 2023. Abiogenic silicon: Interaction with potentially toxic elements and its ecological significance in soil and plant systems. Ar No 122689, volume 338

Meunier, J.D., Cornu, S., Keller, C., Barboni, D. 2022. The role of silicon in the supply of terrestrial ecosystem services. Environ. Chem. Lett, 20, 2109 - 2121

Rashid, I., Mir, S.H., Zurro, D., Dar, R.A., Reshi, Z.A. 2019. Phytoliths as proxies of the past. Earth-Sci. Rev. 194, 234–250. [CrossRef]

Orjuela-Garzón, W.A., Araque, E.W.A., Cabrera, P.R.A. 2020. Identificación de tecnologías y métodos para la detección temprana del Huanglongbing (HLB) a través de cienciometría en artículos científicos y patentes. Ciencia & Tecnología Agropecuaria. 21(2):1-24. https://doi.org/10.21930/rcta.vol21_num2_art:1208

CV-16. Resultados económicos del empleo de harina de palmiche en la alimentación de pollos de engorde

Economic results of the use of royal palm nut meal in broilers feeding

N. Báez Quiñones[*]*; M. Martínez Pérez y B. Rodríguez Sánchez*

Instituto de Ciencia Animal, km 47 ½ carretera central, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

[*]Correspondencia: nadbaezquinones@gmail.com

RESUMEN

Aunque el palmiche se ha estudiado en la alimentación de animales monogástricos, poco se conoce acerca de su viabilidad desde el punto de vista económico en pollos de ceba. Por ello, el estudio se realizó con el objetivo de evaluar económicamente el empleo de harina de palmiche, del fruto de la palma real (*Roystonea regia*), en la alimentación de pollos de engorde. Se tomaron los datos de las dietas experimentales, así como de los resultados de comportamiento productivo de los animales, se tuvieron en cuenta los costos directos involucrados en la elaboración de la harina y se estimaron los costos de las dietas y los indicadores económicos de interés para los diferentes tratamientos (0, 5 %, 10 % y 15 % de inclusión de harina de palmiche en la ración). Además, se determinó la sostenibilidad económica del sistema ante la inclusión de la harina en la dieta. En todos los casos, los costos de la dieta y de alimentación disminuyeron cuando se incrementó la inclusión de la harina de palmiche. Los costos de alimentación por tonelada de peso vivo producido se redujeron en un 4,31 % y un 2,35 % para los tratamientos de 10 % y 15 % de inclusión de harina de palmiche en la ración, respectivamente. Se concluye que la inclusión de harina de palmiche hasta el 15 % en la dieta de pollos de ceba constituye una alternativa sostenible económicamente, más aún que se trata de un recurso alimenticio de producción local que contribuye a la sustitución de importaciones de materias primas tradicionales y costosas.

Palabras clave: *aves, alimento alternativo, costos de alimentación, fruto de la palma real, sostenibilidad económica.*

ABSTRACT

Although royal palm nut has been studied in the feeding of monogastric animals, little is known about its viability from an economic point of view in broiler chickens. The use of royal palm nut meal, the fruit of *Roystonea regia*, for broilers feeding was economically evaluated. The experimental diet data and the results of productive performance were taken. The direct costs involved in the meal production were considered. The ration costs and some economic indicators were estimated for the different treatments (0; 5; 10; 15 % inclusion of royal palm nut meal in the ration). In addition, the economic sustainability of the system before the inclusion of meal in the ration was determined. In all cases, the costs of diet and feeding decreased as the inclusion of royal palm nut meal increased. The feeding costs per ton of live weight produced decrease in 4.31 and 2.35 % for treatments 10 and 15 % inclusion of royal palm nut meal in the ration, respectively. It is shown that the inclusion of royal palm nut meal in the diet of broilers constitutes an economically sustainable alternative, even more so that it is a food resource of local production, it contributes to substituting imports of traditional raw materials and expensive.

Keywords: *alternative feed, economic sustainability, feeding costs, poultry, royal palm nut.*

INTRODUCCIÓN

El empleo de fuentes alternativas para la alimentación animal es una necesidad imperante en Cuba (Báez Quiñones *et al.*, 2022) y este tipo de alternativas han demostrado ser una fuente con potencialidades tanto productivas como económicas (Fuente-Martínez *et al.*, 2019). Además, contribuyen a la sustitución de importaciones, reducen la competitividad con la alimentación humana y preservan, en algunos casos, el medio ambiente (Arrutia *et al.*, 2020).

La palma real (*Roystonea regia* (Kunth) O. F. Cook) es endémica del archipiélago cubano (Martínez-Pérez *et al.*, 2021b) y el palmiche, su fruto, es uno de los principales alimentos alternativos y energéticos disponibles en Cuba durante la mayor parte del año. Su composición química es aceptable para su uso en la alimentación de animales monogástricos (Vives *et al.*, 2021), además representa una importante fuente de fibra y grasa (Pérez-Acosta *et al.*, 2020) y tiene el doble de energía digestible de la fibra (Valdivié y Bicudo, 2011).

En estudios de Ly *et al.* (2017) se demostró la viabilidad productiva del palmiche en la alimentación de cerdos, así como su factibilidad económica (Oliva, 2017; Oliva *et al.*, 2018). En el caso de los pollos de ceba, si bien se han estudiado sus bondades en la productividad y salud, no se han realizado investigaciones que demuestren su viabilidad desde el punto de vista económico (Rodríguez *et al.*, 2020; Martínez-Pérez *et al.*, 2021a; Vives *et al.*, 2021), por lo que el presente trabajo tiene como objetivo evaluar económicamente el empleo de la harina de palmiche, fruto de la palma real (*Roystonea regia*), en la alimentación de pollos de engorde.



MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló en la unidad experimental avícola del Instituto de Ciencia Animal (ICA), municipio de San José de las Lajas, provincia Mayabeque, Cuba. El mismo se encuentra ubicado entre los 22 º 53 LN y los 82 º 02 LO y a 80 m s.n.m. Para la experimentación se emplearon 400 pollos de engorde (reproductor pesado HE21) desde 8 hasta 42 días de edad, con peso vivo promedio inicial de 141 ± 5 g, donde los animales recibieron el alimento y el agua a voluntad. Se seleccionaron al azar 10 pollos por tratamiento a los 42 días de edad para determinar el rendimiento en canal (Rodríguez *et al.*, 2020). Los tratamientos experimentales consistieron en cuatro dietas isoproteicas e isoenergéticas con la inclusión de 0 % (control), 5 %, 10 % y 15 % de harina de palmiche para las etapas de inicio, crecimiento y acabado, según lo informado por Rodríguez *et al.* (2020) y se siguieron los requerimientos nutricionales de esta categoría avícola (Rostagno *et al.*, 2017). Durante toda la investigación se cumplieron con todas las normas sanitarias y fitosanitarias, así como se tuvieron en consideración los estándares de calidad exigidos.

Estimación de la oferta de palmiche disponible

Se utilizó la información del último censo realizado por el Servicio Forestal en Cuba que arrojó la presencia aproximada de 954800 palmas en producción en la provincia de Mayabeque. El árbol nacional, como se le conoce a esta especie, se encuentra distribuido en todo lo largo y ancho del país, por lo que el dato que se muestra es representativo de cualquier provincia. Se estima que cada palma adulta produce en promedio 3.5 racimos al año, lo que se traduce en un total de entre 40 y 50 kg de palmiche/palma/años disponibles (Valdivié y Castro, 2010).

Indicadores productivos

Se controló el consumo del alimento (oferta menos rechazo) y el peso vivo por etapa (21, 35 y 42 días). Para determinar el efecto en los indicadores productivos se calculó la conversión alimenticia y la ganancia de peso vivo en cada una de ellas.

Diseño experimental y análisis estadístico

Se utilizó el diseño completamente aleatorizado con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones de 25 animales, cada uno para el análisis de los indicadores productivos. Las diferencias entre las medias se determinaron según Duncan (1955) en los casos necesarios y se empleó el paquete estadístico InfoStat®, versión 2008 (Di Rienzo *et al.*, 2012).

Costos de la harina de palmiche

Se elaboró una ficha de costos para determinar el valor de la tonelada de harina de palmiche a partir del procedimiento para su elaboración, la cual fue descrita por Vives *et al.* (2020). Para ello, se tuvo en cuenta el precio de la tonelada del fruto fresco informado por López-Castañeda *et al.* (2021), además de los gastos de salario, combustible, maquinaria (depreciación (Ministerio de Finanzas y Precios, 2012) y electricidad (Ministerio de Finanzas y Precios, 2020a)). El costo del salario de un obrero se obtuvo de la Resolución N.° 29-2020 (Ministerio del Trabajo y la Seguridad Social, 2020) y el costo del litro de combustible de la Resolución N.° 350-2020 (Ministerio de Finanzas y Precios, 2020b). Todos los datos fueron convertidos a dólares americanos usando la tasa de cambio vigente en el 2022.

Costos de las dietas experimentales

Para determinar el costo de las dietas se tomaron en consideración los niveles de inclusión de las diferentes materias primas, así como sus precios. En la tabla 1 se muestran los precios de los alimentos e insumos informados por la Dirección de Economía del ICA y por el Banco Central de Cuba en enero del 2022 (Banco Central de Cuba, 2022).

Tabla 1. *Precios de las materias primas utilizadas en las dietas*

Componente dieta	Precio USD/t
Harina de maíz	246.85
Harina de soya	441.47
Harina de palmiche	57.09
Aceite de soya	1409.66
Fosfato monocálcico	25.83
Carbonato de calcio	4.17
Sal común	18.75
Metionina	123.75
Colina	63.33
Premezcla de vitaminas y minerales	805.83

Fuente: Elaboración propia

Indicadores económicos

Se tomaron en consideración los indicadores de comportamiento productivo con los diferentes niveles de inclusión de la harina de palmiche en las dietas de pollos de engorde. A partir de ellos se calcularon los siguientes indicadores económicos:

- Costo de alimentación por animal según etapa de crecimiento: costo de la unidad de dieta × consumo por animal en cada etapa.
- Costo de alimentación por unidad de ganancia: costo de alimentación por animal según etapa de crecimiento/ganancia de peso vivo según etapa de crecimiento.
- Costo de alimentación por rendimiento de la canal: costo de alimentación por animal × rendimiento de la canal (%).
- Costo de alimentación por tonelada de peso vivo (PV) producido: costo de alimentación por animal/ganancia de peso vivo × 1 000000.

Adicionalmente, se calculó el ahorro monetario por concepto de sustitución de importaciones (maíz y soya) por tonelada de dieta.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Del total de palmas existentes en la provincia de Mayabeque, 136400 están produciendo al 20 %, 204600 al 30 %, 272800 al 40 % y 341000 al 50 %. Esto equivale a una producción aproximada anual disponible de 16572.6 toneladas de palmiche en la provincia. Si se toma en consideración que el fruto posee un 50 % de materia seca (MS), entonces es posible obtener 8286.3 toneladas de harina de este. El procedimiento para su elaboración es sencillo y fue descrito por Vives *et al.* (2020).

En la tabla 2 se muestra el efecto de los niveles de harina de palmiche en los indicadores productivos por etapas de pollos de ceba, donde el consumo de alimento incrementó en todos los tratamientos que incluyeron el fruto oleaginoso con respecto al control. El resto de los indicadores que se estudiaron no mostraron diferencias.

Tabla 2. *Efecto de la inclusión de harina de frutos de Roystonea regia en el comportamiento productivo de pollos de engorde.*

Indicadores	Nivel de inclusión de la harina de palmiche, %				EE±	P-valor
	0	5	10	15		
Inicio (8-21 d)						
Peso vivo final, g	660.00	619.25	643.50	646.75	14.06	0.2747
Consumo de alimento, g/ave	837.50	842.25	841.75	841.25	4.65	0.8832
Ganancia, g	533.00	477.75	503.50	505.25	14.25	0.1083
Conversión alimentaria[1]	1.57	1.77	1.68	1.67	0.04	0.0628
Crecimiento (22-35 d)						
Peso vivo final, g	1618.00	1641.50	1696.00	1634.25	30.78	0.3488
Consumo de alimento, g/ave	1695.25[b]	1726.50[a]	1728.75[a]	1718.25[a]	6.35	0.0108
Ganancia, g	958.00	1022.25	1052.50	987.50	34.38	0.2826
Conversión alimentaria[1]	1.77	1.69	1.66	1.74	0.06	0.5359
Acabado (36-42 d)						
Peso vivo final, g	1968.50	1900.00	2001.50	1936.25	39.02	0.3377
Consumo de alimento, g/ave	1132.00	1132.50	1133.00	1135.75	3.91	0.9055
Ganancia, g	350.75	258.50	305.75	302.00	29.97	0.2453
Conversión alimentaria[1]	3.27	4.48	3.93	3.85	0.39	0.2484
Rendimiento de la canal (%)	61.8	61.7	61.3	62.1	4.04	0.8067

Notas aclaratorias: medias con letras diferentes en la misma fila difieren para P < 0.05 (Duncan, 1955), 1: Consumo/ganancia y EE: error estándar. Fuente: Elaboración propia



Según Safari *et al*. (2021), en el periodo de crecimiento es donde ocurre un aumento cuantitativo del peso vivo por unidad de tiempo, pues en ella se concentra el desarrollo esquelético muscular e intestinal del pollo. Al tomar en consideración lo anterior, el efecto en el consumo de alimento pudo estar determinado por las características fisicoquímicas de la fracción fibrosa del palmiche. Según Martínez-Pérez *et al.* (2021b), en el fruto de la palma real, los tenores de FDN, FDA y celulosa son elevados (72.55 %, 55.84 % y 45.28 %, respectivamente).

Además, el palmiche posee baja solubilidad (12.77 %) y capacidad de adsorción de agua (7.81 g/g) y la presencia de fibra insoluble causa un aumento del indicador porque el alimento pasa a través del intestino delgado sin digerirse, por lo que ello aumenta la velocidad de pasaje (Jha *et al*., 2019), no obstante, esto no comprometió al resto de los indicadores en estudio.

El valor de una tonelada de harina de palmiche se aprecia en la tabla 3. Es una alternativa económicamente viable, ya que según información del Banco Central de Cuba (2022), el costo por tonelada de las harinas de soya y de maíz es muy superior al de la harina de palmiche. Se observó también que el palmiche fresco constituyó la mayor inversión monetaria para la elaboración de la tonelada de harina, lo anterior tiene su explicación en que las palmas presentan tronco liso, grueso y cilíndrico y pueden alcanzar alturas de entre 15 y 20 m (Ly y Grageola, 2016). Por dicha razón, el corte del palmiche resulta peligroso para el desmochador, es por ello que, en los últimos años, en el país se le ha dado mayor reconocimiento a esta labor, lo que incrementa el valor que se paga por la tonelada del fruto.

Tabla 3. *Costo de elaboración de la tonelada de harina de palmiche (USD/t)*

Labor	Salario	Combustible	Maquinaria	Otros insumos	Total
Palmiche fresco	0.00	0.00	0.00	36.67	36.67
Traslado desde el campo hacia el plato de secado	0.29	2.52	0.28	0.00	3.09
Secado en plato al sol	8.66	0.00	0.00	0.00	8.66
Ensaque (sacos de papel)	2.89	0.00	0.00	0.00	2.89
Molinaje (molino de martillo JF 2D, Brasil)	2.89	0.00	0.21	0.00	3.10
Traslado a Fábrica de elaboración de alimentos	0.29	1.26	0.14	0.00	1.69
Traslado a naves avícolas	0.29	0.58	0.14	0.00	1.01
Costo tonelada de harina	15.29	4.36	0.77	36.67	57.09

Fuente: Elaboración propia

El pago de la mano de obra fue también un desembolso importante, ya que gran parte de las labores se realizaron manualmente. Oliva (2017) informó un costo de la tonelada de harina de palmiche inferior al obtenido en el presente trabajo, lo que se corresponde con las condiciones socioeconómicas diferentes al momento en que se efectuó la investigación.

En la tabla 4 se muestra el costo de la tonelada de las dietas experimentales según las diferentes etapas de crianza. En todos los casos los valores disminuyen a medida que se incrementa el nivel de inclusión de la harina de palmiche. Los resultados se corresponden con lo informado por Oliva (2017) al estudiar diferentes dietas experimentales para cerdos en crecimiento con la inclusión de hasta el 30 % del mismo alimento. Ello se debe fundamentalmente a los altos costos de las harinas de maíz y soya en el mercado internacional, componentes fundamentales de las dietas para especies monogástricas. Según Núñez-Torres (2017), el costo de la alimentación representa del 60 % al 70 % del costo total de producción animal. De ahí la necesidad de buscar alternativas más económicas, producidas localmente, como es el caso de la harina de palmiche, pues así se contribuye al ahorro por concepto de sustitución de importaciones, lo cual es un objetivo para los países en vías de desarrollo.

Los indicadores económicos, según los costos de las dietas (tabla 4) y los indicadores productivos (tabla 2), se muestran en la tabla 5. Se puede observar que el menor costo de alimentación por animal se alcanza al incluir la harina de palmiche en 15 %, lo ual representa un ahorro del 4.06 % con respecto al control. Igualmente, para el mismo nivel se obtiene el menor costo de alimentación por rendimiento de la canal, esto se explica ya que el mejor resultado en rendimiento de la canal (62.1 %) ocurrió con el 15 % de inclusión de la harina de palmiche, según informaron Rodríguez *et al*. (2020). Dichos autores comprobaron que puede utilizarse hasta el 15 % de harina de palmiche en la dieta de pollos de engorde, con una elevada viabilidad y mejoras en indicadores de salud.

Tabla 4. *Costo de la tonelada de dieta experimental de acuerdo con el nivel de inclusión de harina de palmiche en pollos de ceba (USD/t)*

Etapa de crianza	Nivel de inclusión de la harina de palmiche, %				EE±
	0	5	10	15	
Inicio (8-21 días)	389.29	385.22	374.22	371.55	4.27
Crecimiento (22-35 días)	372.97	366.52	361.54	357.24	3.38
Acabado (36-42 días)	361.72	353.85	347.22	339.58	4.72

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5. *Indicadores económicos del uso de harina de palmiche en la dieta de pollos de engorde de 8-42 días (USD).*

Indicadores económicos	Nivel de inclusión de la harina de palmiche, %				EE±
	0	5	10	15	
Costo de alimentación/animal (8-42 días)	1.37	1.36	1.33	1.31	0.01
8-21días	0.33	0.32	0.31	0.31	0.00
22-35 días	0.63	0.63	0.63	0.61	0.00
36-42 días	0.41	0.40	0.39	0.39	0.01
Costo de alimentación/unidad de ganancia (8-42 días)	0.0007	0.0008	0.0007	0.0007	0.00
Inicio, 21 días	0.0006	0.0007	0.0006	0.0006	0.00
Crecimiento, 35 días	0.0007	0.0006	0.0006	0.0006	0.00
Finalizar, 42 días	0.0012	0.0015	0.0013	0.0013	0.00
Costo de alimentación por rendimiento de la canal (8-42 días)	0.85	0.84	0.82	0.81	0.01
Costo de alimentación por tonelada de PV producido (8-42 días)	748.55	772.16	716.27	731.11	12.02
Reducción de los costos de alimentación por tonelada de PV, %		(-3.15)	4.31	2.33	2.24
Ahorro monetario por concepto de sustitución de importaciones (maíz y soya) por tonelada de dieta		18.40	41.01	55.62	9.24

Fuente: Elaboración propia

Sin embargo, con los costos de alimentación/unidad de ganancia se observan similares resultados con 10 % y 15 % de inclusión de la harina, mientras que, con el costo de alimentación por tonelada de PV producido, el mejor resultado se obtiene con el 10 % de inclusión de la harina de palmiche, lo que representa un ahorro en los costos de alimentación por tonelada de PV del 4.31%. El peor resultado se obtuvo con un nivel de inclusión del 5 %, donde los costos de alimentación por unidad de ganancia y por tonelada de PV son mayores, lo que se debe fundamentalmente a que con este nivel de inclusión de la harina se obtuvieron las menores ganancias de peso vivo en la etapa de inicio y acabado.



Lo anterior se corresponde con los resultados obtenidos en el estudio mencionado en aves por Rodríguez *et al.* (2020), donde con 5 % de inclusión de la harina de palmiche, la conversión (consumo/ganancia) es mayor (2.18).

En cuanto al ahorro monetario por concepto de sustitución de importaciones de maíz y soya por tonelada de dieta, se observa un mayor ahorro de divisas con el nivel de inclusión del 15 % de harina de palmiche. En Cuba, anualmente se importan 700000 toneladas de maíz, soya y otros productos destinados a la alimentación animal, incluyendo la avicultura. En el caso de la ceba de pollos, esta es una línea de producción que está paralizada a gran escala desde finales del siglo pasado. La producción doméstica a pequeña escala de este tipo de carne se realiza fundamentalmente por los organismos estatales, los centros de investigación y los productores privados, a los cuales se les destina soya y maíz de origen extranjero (Báez-Quiñones y Oramas Santos, 2018).

Con la cantidad de harina de palmiche que es posible obtener en la provincia, a partir de las palmas en producción, se pueden producir 55242 toneladas anuales de dieta integral para la alimentación de pollos de ceba con el 15 % de inclusión de harina de palmiche. Según Rodríguez *et al.* (2020), esta categoría animal consume aproximadamente 3815 gramos durante todo el ciclo de crianza, por lo que se pudieran alimentar a más de 14 millones de pollos de engorde a partir de la disponibilidad de palmiche en el área. Los resultados son extrapolables a toda Cuba, dada la abundancia de la especie arbórea, a lo largo y ancho del país.

El uso de la harina de palmiche como sustituto parcial de maíz y soya en la alimentación de pollos de engorde representa una oportunidad de ahorro considerable. Si se depende menos de una fuente importada de alimentos y se emplea el recurso que se encuentra localmente disponible, entre otros factores, se pudiera retomar la producción de carne de pollos a escala especializada. También supondría un ahorro de divisas por la importación de esta fuente de proteína para la alimentación humana.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos demuestran que, en las condiciones de Cuba, la inclusión de harina de palmiche en las dietas de pollos de ceba hasta en un 15 % es una alternativa viable desde el punto de vista económico y productivo. Además, constituye un ahorro importante de divisas para el país, específicamente con la disponibilidad de palmas en Mayabeque, el ahorro es aproximadamente de tres millones de dólares anuales por la sustitución de alimentos importados. Esto, unido a los resultados sobre producción y salud obtenidos por otros autores, reafirma el valor de este fruto como componente en raciones para la sustitución parcial de las harinas de maíz y soya, tradicionalmente usadas en dietas de pollos de engorde.

Bibliografía

Arrutia, F., Binnera, E., Williams, P., Waldron, K.W. 2020. Oilseeds beyond oil: Press cakes and meals supplying global protein requirements. Trends in Food Science & Technology, 100, 88-102. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.03.044

Báez Quiñones, N., Oramas Santos, O. 2018. El enfoque de cadenas de valor: Una necesidad en el sector avícola cubano. Economía y Desarrollo, 159(1), 154-165.

Báez Quiñones, N., Rodríguez, B., Ruíz, T.E., Vázquez, Y., Díaz, H. 2022. Economic results of the use of *Tithonia diversifolia* fodder meal in the diet of different poultry categories. Tropical Grassland, 10(2), 149-155. https://doi.org/10.17138/tgft(10)149-155

Banco Central de Cuba. 2022. Información Económica. Boletín 83. Banco Central de Cuba, La Habana. https://www.bc.gob.cu//storage/boletines bcc/January2022/6YGcyhpJ6NMrLQDtrM6v.pdf

Di Rienzo, J.A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., Gonzalez, L., Tablada, M., Robledo, C.W. 2012. InfoStat versión 2012. Grupo InfoStat, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. http://www.infostat.com.ar

Duncan, D.B. 1955. Multiple Range and Multiple F Tests. Biometrics, 11(1), 1-42. https://doi.org/10.2307/3001478

Fuente-Martínez, B., Carranco-Jáuregui, M., Barrita-Ramírez, V., Ávila-González, E., Sanginés-García, L. 2019. Efecto de la harina de *Tithonia diversifolia* sobre las variables productivas en gallinas ponedoras. Abanico Veterinario, 9, 1-12. https://doi.org/10.21929/abavet2019.911

Jha, R., Fouhse, J.M., Tiwari, U.P., Li, L., Willing, B.P. 2019. Dietary fiber and intestinal health of monogastric animals. Frontiers in Veterinary Science, 6, 1-12. https://doi.org/10.3389/fvets.2019.00048

López-Castañeda, L., Hernández Ramos, I., Borroto-Escuela, D., Falcón Méndez, A., Caraballo Yera, J.A., Hernández López, N.V., González-Díaz, P., Vázquez Sánchez, V., Rangel Rivero, A., Ramenzoni, V.C., Besonen, M., Yoskowitz, D. W. 2021. Estimación del valor económico total de los bienes y servicios ecosistémicos que provee el Parque Nacional Caguanes. Revista de Investigaciones Marinas, 41, 137-157. http://hdl.handle.net/1834/41811

Ly, J., Ayala, L., Delgado, E.J. 2017. Valor nutritivo de palmiches en cerdos y factores que lo afectan. Livestock Research for Rural Development, 29(4). https://www.lrrd.cipav.org.co/lrrd29/4/ly29064.html

Ly, J., Grageola. F. 2016. Botany and propagation of Cuban royal palms. Cuban Journal of Agricultural Science, 50(4), 525-541. http://www.cjascience.com/index.php/CJAS/article/view/656

Martínez-Pérez, M., Vives Hernández, Y., Rodríguez, B., Pérez Acosta, O. 2021a. Calidad de la canal y la carne en pollos de ceba que consumen *Roystonea regia.* Revista MVZ Córdoba, 26(2), e1984. https://doi.org/10.21897/rmvz.1984

Martínez-Pérez, M., Vives Hernández, Y., Rodríguez, B., Pérez Acosta, O.G., Herrera Villafranca, M. 2021b. Nutritional value of palm kernel meal, fruit of the royal palm tree (*Roystonea regia*), for feeding broilers. Cuban Journal of Agricultural Science, 55(3), 305-313. http://www.cjascience.com/index.php/CJAS/article/view/1026

Ministerio de Finanzas y Precios. 2012. Resolución N.° 471/12. Establecimiento de las tasas máximas anuales de depreciación y de amortización de los activos fijos. La Habana, Cuba. https://www.mfp.gob.cu/ficheros/disposiciones/RES-0471-13.pdf

Ministerio de Finanzas y Precios. 2020a. Resolución N.° 311-2020. Establecimiento de precios y tarifas mayoristas máximos de venta interna a la economía (electricidad). Gaceta 70.2020. GOC-2020-814-EX70. La Habana, Cuba. https://www.gacetaoficial.gob.cu/sites/default/files/goc-2020-ex70_0.pdf

Ministerio de Finanzas y Precios. 2020b. Resolución N.° 350-2020. Establecimiento de precio de venta de los combustibles a entidades estatales. Gaceta 71.2020. GOC-2020-849-EX71. La Habana, Cuba. https://www.gacetaoficial.gob.cu/sites/default/files/goc-2020-ex71_0.pdf

Ministerio del Trabajo y la Seguridad Social. 2020. Resolución N.° 29-2020. Establecimiento de la escala y tarifa salarial de los trabajadores. Gaceta 69.2020. GOC-2020-794-EX69. La Habana, Cuba. https://www.gacetaoficial.gob.cu/sites/default/files/goc-2020-ex69.pdf

Núñez-Torres, O.P. 2017. Los costos de la alimentación en la producción pecuaria. Journal of the Andina Animal Science 4(2), 93-94. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2311-25812017000200001

Oliva, D. 2017. Alimentación de cerdos en ceba con niveles variables de harina de palmiche (*Roystonea regia* H.B.K, Cook). [Tesis de Máster en Producción Animal para la Zona Tropical, Instituto de Ciencia Animal, Cuba]. Repositorio del Instituto de Ciencia Animal.

Oliva, D., Martínez, M., Jiménez, L., Ly, J. 2018. Performance traits of growing pigs fed on diets palm nut meal. Cuban Journal of Agricultural Science, 52(2), 1-8, http://www.cjascience.com/index.php/CJAS/article/view/793nuts

Pérez-Acosta, O.G., Martínez-Pérez M., Díaz Mora, L., Sarduy García, L.R., Ayala González, L. 2020. Effect of different dehydration methods on physicochemical properties of *Roystonea regia*. Cuban Journal of Agricultural Science 54(2), 289-297 http://www.cjascience.com/index.php/CJAS/article/view/959

Rodríguez, B., Martínez-Pérez, M., Vives, Y., Ayala, L., Pérez, O. 2020. Evaluación de la harina de frutos de *Roystonea regia* para la alimentación de pollos de engorde. Livestock Research for Rural Development, 32(118). http://www.lrrd.org/lrrd32/7/brodri32118.html

Rostagno, H.S., Albino, L.F., Hannas, H.I., Donzele, J.L., Sakomura, N.K., Perazzo, F.G., Saraiva, A., Teixeira, M.V., Rodríguez, P.B., Oliveira, R.F., Barreto, S.L., Brito, C.O. 2017. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. Viçosa, MG: Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa.

Safari, A., Ahmadpanah, J., Jafaroghli, M., Karimi, H. 2021. Comparative Study of Growth Patterns for Three Strains of Broiler Chickens Using Mathematical Models. Agriculturae Conspectus Scientificus, 86(1), 75-82. https://acs.agr.hr/acs/index.php/acs/article/view/1864

Valdivié, M., Castro, M. 2010. Palmiche. Alimentación de aves, cerdos y conejos. Revista Asociación de Producción Animal (ACPA), 41-44. https://www.researchgate.net/publication/342697235_Palmiche_Alimentacion_de_aves_cerdos_y_conejos

Valdivié, M., Bicudo, S. 2011. Alimentação de animais monogastricos. Botucatu, Brasil: Fundação de Estudos e Pesquisas Agricolas e Florestais, UNESP & Editora FEPAF.

Vives, Y., Martínez-Pérez, M., Hernández, Y. 2021. Morphometric indicators of broilers fed *Roystonea regia* fruit meal in the ration. Technical note. Cuban Journal of Agricultural Science, 55(2), 181-184. http://www.cjascience.com/index.php/CJAS/article/view/1019

Vives, Y., Martínez-Pérez, M., Alberto, M., Hernández, Y. 2020. Pancreatic lipase enzymatic activity in broilers fed with *Roystonea regia* fruit meal included in the ration. Technical note. Cuban Journal of Agricultural Science. http://www.cjascience.com/index.php/CJAS/article/view/940





CV-17. Progreso económico de la comunidad de Piedemonte Llanero en la transformación de sabanas nativas a sistemas ganaderos sostenibles

Economic progress of the Piedemonte Llanero community in the transformation of native savannas to sustainable livestock systems

S. Garay-Rodríguez[1]; A. Gnecco-Lizcano[2] y A. Silva-Parra[3]*

[1]Facultad de Ciencias Económicas, Programa de Economía, Universidad de los Llanos, Colombia. E-mail: sgaray@unillanos.edu.co

[2]Facultad de Ciencias Humanas y de la Educación, Universidad de los Llanos, Colombia. E-mail: agnecco@unillanos.edu.co

[3]Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Universidad de los Llanos, Colombia. E-mail: asilvap@unillanos.edu.co

[*]Correspondencia a: sgaray@unillanos.edu.co

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue analizar las percepciones de los ganaderos del Piedemonte Llanero, ubicado en el departamento del Meta (Colombia), respecto a los factores que impactan el progreso económico generado por la conversión de sabanas nativas a pastos mejorados y sistemas silvopastoriles (SSP). Para ello, se realizaron 30 encuestas semiestructuradas a productores seleccionados aleatoriamente, principalmente en los municipios de Cumaral y Restrepo. El instrumento de recolección de datos se centró en evaluar los cambios en estas transformaciones para los ganaderos. Los resultados revelan que el 100% de los encuestados percibe un aumento en sus ingresos y una mejora en el rendimiento productivo, lo que influye positivamente en la estabilidad económica regional tras la implementación de estos sistemas. Sin embargo, también se identificó una barrera común: la falta de apoyo institucional, que ha limitado la expansión de áreas dedicadas a SSP y pastos mejorados. En este sentido, los productores destacaron la urgente necesidad de incentivos y apoyo financiero para incentivar la inversión en infraestructura, capacitación y adquisición de tecnología con el fin de mejorar la productividad y el progreso económico. Aunque las áreas actualmente gestionadas bajo sistemas silvopastorales siguen siendo limitadas, los encuestados reconocen ampliamente sus beneficios, tanto en términos de mayor productividad como de impactos sociales y ambientales positivos.

Palabras clave: *desarrollo económico, ingresos, pasturas mejoradas, producción, sistemas silvopastoriles.*

ABSTRACT

The objective of this study was to analyze the perceptions of livestock farmers in the Llanero Piedmont region, located in the department of Meta (Colombia), regarding the factors that impact the economic progress generated by the conversion of native savannas to improved pastures and silvopastoral systems (SPS). To this end, 30 semi-structured surveys were conducted with randomly selected producers, primarily in the municipalities of Cumaral and Restrepo. The data collection instrument focused on assessing the changes in these transformations for livestock farmers. The results reveal that 100% of respondents perceive an increase in their income and an improvement in production performance, positively influencing regional economic stability after the implementation of these systems. However, a common barrier was also identified: the lack of institutional support, which has limited the expansion of areas dedicated to SPS and improved pastures. In this regard, producers highlighted the urgent need for incentives and financial support to encourage investment in infrastructure, training, and technology acquisition to improve productivity and economic progress. Although the areas currently managed under silvopastoral systems remain limited, respondents widely recognize their benefits, both in terms of increased productivity and positive social and environmental impacts.

Keywords: *economic development, income, improved pastures, production, silvopastoral systems.*

INTRODUCCIÓN

En los países tropicales, la creciente demanda de carne y leche debe ser atendida en gran medida por los sistemas de producción animal. Sin embargo, estos enfrentan limitaciones importantes, como el uso predominante de pasturas poco productivas y modelos de ganadería extensiva en proceso de degradación. Ante esta situación, es fundamental contar con una alta capacidad productiva que permita generar biomasa, carne y leche de manera eficiente. En este contexto, las pasturas mejoradas (PM) y los sistemas silvopastoriles (SSP) se presentan como alternativas económicas, sostenibles y ambientalmente responsables (Chará *et al.*, 2015). Indicadores económicos reportados por la FAO (2006) y Murgueitio *et al.* (2011) muestran que América Latina y el Caribe albergan una población bovina significativa, con aproximadamente 359 millones de cabezas. Sin embargo, la carga ganadera promedio (0,59 animales/ha/año) y la productividad por hectárea (89,7 kg de leche y 19,9 kg de carne) siguen siendo bajas en comparación con países europeos, lo que evidencia la necesidad de mejorar los sistemas actuales.

En Colombia, las zonas del Piedemonte Llanero reflejan esta problemática. Allí predominan los sistemas ganaderos extensivos, caracterizados por una baja carga de producción animal y el uso de pastizales degradados, lo que limita considerablemente la productividad y sostenibilidad del sistema. Diversos estudios a nivel mundial han demostrado que la conversión de fincas ganaderas convencionales a sistemas silvopastoriles contribuye significativamente a la restauración de la biodiversidad, la regulación del cambio climático (IPCC, 2006) y la conservación de procesos ecológicos esenciales para el equilibrio de los ecosistemas productivos (Bennet *et al.*, 2009). Esta transformación no solo genera beneficios ambientales, sino que también mejora el rendimiento productivo y aumenta los ingresos de los productores (Murgueitio *et al.*, 2009).

En esta misma línea, González (2013) comparó los costos y beneficios entre un sistema silvopastoril intensivo (SSPi) y un sistema tradicional, encontrando una relación beneficio-costo de 2,8 frente a 1,34, respectivamente, lo que evidencia una mayor rentabilidad económica del SSPi. En este contexto, el presente estudio tuvo como objetivo aplicar una encuesta a productores ganaderos del Piedemonte Llanero, en el departamento del Meta (Colombia), con el propósito de evaluar su nivel de progreso económico respecto a la transformación de sabanas nativas en pasturas mejoradas y/o sistemas silvopastoriles.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se aplicó una encuesta participativa a 30 productores ganaderos del Piedemonte Llanero, en el departamento del Meta (Colombia), abarcando los municipios de Cumaral y Restrepo. La recolección de información primaria se realizó mediante preguntas abiertas y cerradas, con el objetivo de evaluar el nivel de apropiación económica de la comunidad frente a la conversión de sabanas nativas degradadas en sistemas de pasturas mejoradas y/o sistemas silvopastoriles, siguiendo los lineamientos metodológicos propuestos por Calle *et al.* (2009). Además, se consultaron fuentes bibliográficas relevantes sobre el impacto social, económico y ambiental de los sistemas ganaderos sostenibles, utilizando bases de datos como ScienceDirect, Springer, Wiley Online Library, SciELO y repositorios institucionales. La población encuestada estuvo conformada por hombres y mujeres adultos dedicados a actividades ganaderas en la región. Posteriormente, la información obtenida fue tabulada y sistematizada como una primera aproximación analítica, permitiendo expresar los resultados en términos porcentuales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El 85% de los encuestados pertenecen al municipio de Cumaral, mientras que el 15% restante proviene de Restrepo, ambos ubicados en la zona del Piedemonte Llanero, en el departamento del Meta. En cuanto al tamaño de las propiedades, el 70% de los productores posee fincas de más de 20 hectáreas, el 20% menos de 5 hectáreas, y solo el 10% cuenta con predios entre 11 y 20 hectáreas, lo que refleja una marcada tendencia hacia el latifundio en la región. En relación con la cobertura vegetal, las pasturas mejoradas (PM) predominan en el 80% de los predios, seguidas por los sistemas silvopastoriles (SSP) con un 15%, y las pasturas nativas degradadas, que representan únicamente el 5%. Esta distribución evidencia un proceso de transición hacia modelos de producción más sostenibles en los últimos años. Respecto a los costos de implementación por hectárea, el 65% de los encuestados estimó un valor entre 1 y 5 millones de pesos, el 30% reportó costos inferiores a 1 millón, y solo el 5% indicó valores superiores a los 5 millones. Estos datos reflejan la limitada capacidad económica de muchos productores para invertir en la transformación de sus sistemas productivos. Además, el 100% de los encuestados señaló no haber recibido apoyo institucional, por lo que la inversión ha sido asumida de forma individual. A pesar de estas limitaciones, el 75% de los productores indicó que la inversión inicial se recupera en menos de cinco años; el 15% estimó un periodo de entre cinco y diez años, y solo el 10% considera que la recuperación se logra después de una década. Este proceso depende de factores como el tipo de pastura establecida, la carga animal por hectárea, el nivel tecnológico disponible y los recursos económicos destinados al mantenimiento del sistema. En cuanto a los costos operativos, el 90% de los encuestados afirmó que han aumentado tras la conversión de sabanas nativas a PM y/o SSP, mientras que el 10% indicó que se han mantenido estables; ningún productor reportó una disminución. Estos costos son variables y están directamente relacionados con la superficie en mantenimiento, la densidad animal, y factores asociados a la alimentación y sanidad del ganado. El 100% de los productores coincidió en que la implementación de PM y/o SSP ha mejorado la productividad y los ingresos por hectárea. Además, se observó una mayor diversificación productiva, destacándose la comercialización de leña, la provisión de sombra para el ganado, el aumento del bienestar animal, y la generación de servicios ecosistémicos como la captura de carbono, la producción de biomasa, y la mejora en la producción de carne y leche. Estos hallazgos coinciden con lo expuesto por Murgueitio *et al.* (2015), quienes destacan que los SSP constituyen una estrategia agroecológica integral que incorpora procesos como la fijación de carbono en suelos y biomasa, la fijación biológica de nitrógeno, la conservación del agua especialmente en zonas secas, y la recuperación de suelos degradados. Además, estos sistemas facilitan el reciclaje de nutrientes, la generación de hábitats para organismos benéficos, la conservación de la biodiversidad, la reducción de la dependencia de insumos externos, y el manejo integral de la salud animal. Desde el punto de vista económico, el 100% de los productores considera que los SSP y las PM son más rentables que los sistemas extensivos basados en pastos nativos. Atribuyen esta rentabilidad a una mayor estabilidad económica regional, impulsada especialmente por la venta de carne preparada para consumo local (mamona). Resultados similares han sido reportados en la literatura. Mahecha (2003), por ejemplo, observó un aumento superior a los 30 kg/ha/año en la producción de carne en un SSP compuesto por Tolúa (*Clitoria fairchildiana*) y *Brachiaria humidicola*, en comparación con otro SSP con eucalipto y acacia, a pesar de que este último incluía leguminosas. De igual forma, Naranjo et al. (2012) reportaron incrementos del 11% en la producción de carne por hectárea al año en SSP frente a sistemas tradicionales (ST). La conservación de la biodiversidad mediante SSP y el mantenimiento del equilibrio ecológico son

elementos clave para construir una economía sustentable en países en vías de desarrollo (Siqueira *et al.*, 2017). En cuanto a los factores que motivaron la adopción de PM y/o SSP, el 80% de los productores identificó el incremento en los ingresos como el principal incentivo. Un 10% mencionó la expectativa de recibir apoyos económicos (aunque no se hayan concretado), y el 10% restante señaló razones como el arrendamiento, la diversificación productiva de la finca y los beneficios ecosistémicos obtenidos (Figura 1).

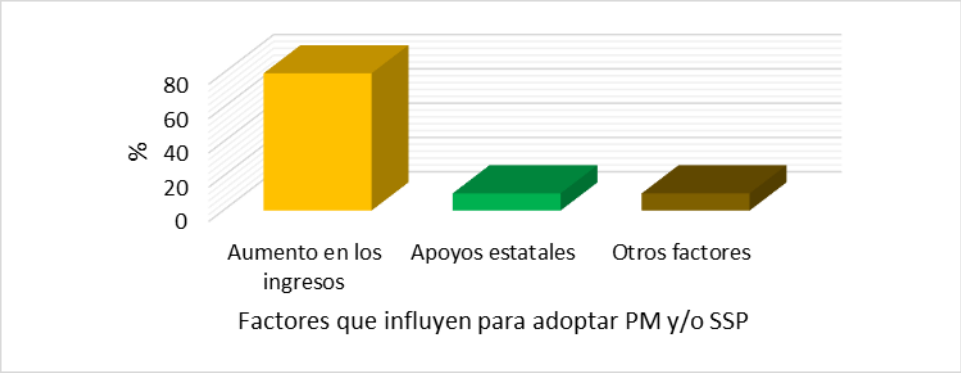


Figura 1. *Factores que influyen para adoptar PM y/o SSP*

Van-Heurck *et al.* (2020) destacan que los sistemas silvopastoriles (SSP) desempeñan un papel sinérgico en la producción global de alimentos y representan una fuente esencial de sustento para numerosos ganaderos en América Latina, como es el caso de la Amazonía peruana. En cuanto a las expectativas a largo plazo asociadas exclusivamente a la implementación de SSP, el 60% de los productores espera un aumento en los ingresos; el 10% señala mejoras en el entorno ambiental; y el 30% identifica otros beneficios, como el mejoramiento de la calidad de vida y la provisión de servicios ecosistémicos. No obstante, la mayoría coincide en que la adopción de SSP intensivos aún es limitada, principalmente por la ausencia de programas institucionales sólidos que faciliten su implementación, especialmente en lo que respecta a la transferencia de tecnología, como lo señalan Clavero y Suárez (2006). Finalmente, el 100% de los encuestados afirma que la conversión de sabanas nativas degradadas a sistemas con pasturas mejoradas y/o silvopastoriles ha tenido un impacto positivo en su calidad de vida.

CONCLUSIONES

Los sistemas silvopastoriles y las pasturas mejoradas representan una alternativa económicamente viable y ambientalmente sostenible para los productores del Piedemonte Llanero. La totalidad de los encuestados reportó un aumento en la productividad y en los ingresos por hectárea tras la conversión de sabanas nativas degradadas, además de mejoras en su calidad de vida y estabilidad económica. A pesar de los beneficios observados, la expansión de estos sistemas enfrenta limitaciones estructurales importantes. La falta de apoyo institucional, financiación y acceso a tecnología ha sido identificada por los productores como la principal barrera para la adopción y consolidación de SSP a mayor escala en la región. Existe un alto nivel de apropiación económica y conciencia sobre los beneficios productivos, ecológicos y sociales de los SSP. Los productores reconocen su potencial a largo plazo, no solo para incrementar ingresos, sino también para mejorar los servicios ecosistémicos, como la captura de carbono, la conservación del suelo y el bienestar animal.

AGRADECIMIENTOS

A la Dirección General de Investigaciones de la Universidad de los Llanos

Bibliografía

Bennett, A.F., Haslem, A., Cheal, D.C., Clarke, M.F., Jones, R.N., Koehn, J.D., Lake, S., Lumsden, L., Lunt, I., Mackey, B., Mac Nally, R., Menkhorst, P., New, T., Newell, G., O'Hara, T., Quinn, G., Radford, J., Robinson, D., Watson, J., Yen, A.L. 2009. Ecological processes: a key element in strategies for nature conservation. Ecological Management & Restoration, 10(3), 192-199. https://doi.org/10.1111/j.1442-8903.2009.00489.x

Calle, A., Montagnini, F., Zuluaga, A.F. 2009. Farmer's perceptions of silvopastoral system promotion in Quindío, Colombia. Bois et Forets des Tropiques, 300(2), 79-94.

Chará, J., Murgueitio, E., Uribe, F., Montoya, S. 2015. Carne sostenible con bienestar animal. Sistemas de carne. Cali, Colombia: Fundación CIPAV. pp. 16-20.

Clavero, T., Suárez, J. 2006. Limitaciones en la adopción de los sistemas silvopastoriles en Latinoamérica. Pastos y Forrajes, 29(3), 1-6. https://www.redalyc.org/pdf/2691/269121691008.pdf

FAO. 2006. Informe pecuario. Subdirección de políticas y apoyo en materia de publicación electrónica. FAO. Roma, Italia. ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a0255s/a0255s00.pdf.

IPCC 2006. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use. Prepared by the Nacional Greenhouse Gas Inventories Programme. Hayama, Japón: Institute for Global Environmental Strategies (IGES). https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html

Mahecha, L., Gallego, L.A., Peláez, F.J. 2002. Situación actual de la ganadería de carne en Colombia y alternativas para impulsar su competitividad y sostenibilidad. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, 15(2), 213-225. https://revistas.udea.edu.co/index.php/rccp/article/view/323816/20781002

Murgueitio, E., Barahona, R., Chará, J.D., Flores, M.X., Mauricio, R.M., Molina, J.J. 2015. Los Sistemas silvopastoriles intensivos en América Latina alternativa sostenible para enfrentar el cambio climático en la ganadería. Memorias. V Congreso de producción animal tropical. La Habana, Cuba. [CD-ROM]. pp. 245-257.

Murgueitio, E., Calle, Z., Uribe, F., Calle, A., Solorio, B. 2011. Native trees and shrubs for the productive rehabilitation of tropical cattle ranching lands. Forest Ecology and Management. 261, 1654-1663.

Murgueitio, E., Cuartas, C., Naranjo, J.F. 2009. Ganadería del futuro. Investigación para el desarrollo. Cali, Colombia: Fundación CIPAV. 490 p.

Naranjo, J.F., Cuartas, C.A., Murgueitio, E., Chará, J., Barahona, R. 2012. Balance de gases de efecto invernadero en sistemas silvopastoriles intensivos con *Leucaena leucocephala* en Colombia. Livestock Research for Rural Development, 24(8), 8-24. http://www.lrrd.org/lrrd24/8/nara24150.htm

Siqueira, F.F., Calasans, L.V., Furtado, R.Q., Carneiro, V.M., van den Berg, E. 2017. How scattered trees matter for biodiversity conservation in active pastures. Agriculture, Ecosystems & Environment, 250, 12-19. https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.08.002

Van☐Heurck, M., Alegre, J., Solis, R., Del Castillo, D., Pérez, L., Lavelle, P., Quintero, M. 2020. Measuring sustainability of smallholder livestock farming in Yurimaguas, Peruvian Amazon. Food and Energy Security, 9(4), e242. https://doi.org/10.1002/fes3.242





CV-18. Intensificación sostenible de la ganadería en la Amazonía posconflicto: impactos sobre el rendimiento de biomasa, la producción de leche y la incidencia de mastitis subclínica

Sustainable livestock intensification in post-conflict Amazonia, impacts on biomass yield, milk production and subclinical mastitis incidence

A. Montoya-Rodríguez; M. Sotelo; V. Rivera; J.G. Ortiz; A. Marin y J. Arango[*]

Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Postal code: 110911, Colombia

[*]Correspondencia a: J.arango@cgiar.org

RESUMEN

El departamento del Caquetá, ubicado en el sur de Colombia, ha experimentado una transformación significativa en el uso del suelo, impulsada por la colonización agrícola, el conflicto armado y, posteriormente, la expansión de la ganadería. Esta expansión agrícola no controlada, junto con la ausencia del Estado, ha provocado que la ganadería carezca de una adopción generalizada de tecnologías y mecanismos de monitoreo. Estudios han demostrado que la implementación de sistemas ganaderos sostenibles promueve un uso eficiente de los recursos, incrementa la productividad y mejora los medios de vida donde se adopta. Objetivo Este estudio resalta la importancia del monitoreo de la calidad de la leche y de la capacitación a los productores para mejorar tanto la productividad como la seguridad de los productos lácteos en el país. Materiales y métodos Este estudio compara la producción de leche, su calidad y la prevalencia de mastitis subclínica entre sistemas de ganadería tradicionales y sostenibles en 15 fincas de pequeños productores ubicadas en zonas de posconflicto del norte del Caquetá. Los sistemas sostenibles incluyen pastoreo rotacional, mayor diversidad de forrajes y acceso al agua, mientras que los sistemas tradicionales se basan en pastoreo continuo y extensivo, con acceso limitado al agua para los animales. Resultados mostraron una producción significativamente mayor de leche y contenido de grasa ($p < 0.05$) bajo prácticas sostenibles, así como una producción de biomasa forrajera 32% más alta (6.129 vs. 4.639 kg ha□¹). El contenido de proteína en la leche y el recuento de células somáticas (SCC) se mantuvieron iguales. Se detectaron casos esporádicos de mastitis subclínica en ambos sistemas, con poca conciencia o prácticas de tratamiento por parte de los productores. La calidad del forraje, el contenido de proteína cruda, la digestibilidad y el contenido de fibra también mejoraron en los sistemas sostenibles. Como conclusión se respalda la hipótesis de que la intensificación sostenible mejora la productividad y podría reducir la presión sobre la deforestación al disminuir la necesidad de expansión de tierras.

Palabras clave: *territorio, sostenibilidad, practicas-ganaderas*

ABSTRACT

The Caquetá department, located in southern Colombia, has undergone significant land-use transformation, driven by agricultural colonization, armed conflict, and later, cattle ranching expansion. This uncontrolled agricultural expansion, coupled with the absence of the state, has meant that livestock farming lacks widespread adoption of technologies and monitoring mechanisms. Studies have demonstrated that implementation of sustainable livestock systems drives efficient resource use and also increases productivity and enhances livelihoods where adopted. **Objective:** This study aim to monitoring milk quality and the impact of farmer training to improve both productivity and milk products safety in the country. **Materials and methods:** This study compares milk yield, quality, and subclinical mastitis prevalence between traditional and sustainable cattle ranching systems on 15 smallholder farms in post-conflict zones of northern Caquetá. Sustainable systems include rotational grazing, improved forage diversity, and water accessibility, whilst traditional systems include continuous and extensive grazing with limited access to water for animals. **Results**: showed significantly higher milk yield and fat content ($p < 0.05$) under sustainable practices, and 32% higher forage biomass production (6,129 vs. 4,639 kg ha^{-1}). Milk protein and somatic cell counts (SCC) remained equal. Sporadic cases of subclinical mastitis were detected in both systems, with limited farmer awareness or treatment practices. Forage quality, crude protein, digestibility, and fiber content, also improved under sustainable systems. **Conclusion:** Findings support the hypothesis that sustainable intensification enhances productivity and could reduce deforestation pressure by decreasing the need for land expansion.

Keywords: *territory, sustainability, cattle – practices*

CV-19. Crecimiento y producción de carbono de diferentes clones de *Eucalyptus* sp. en sistemas silvopastoriles en Brasil

Growth and carbon production of different *Eucalyptus* sp. clones in silvopastoral systems in Brazil

G. S. C. Lima[*]*; R. V. O. Castro; G. M. Ataíde; G. E. Marcatti; E. C. Teixeira* y *R. L. Oliveira*

Universidade Federal de São João del-Rei – UFSJ, Sete Lagoas, Minas Gerais, Brasil.

[*]Correspondencia a: glauciana@ufsj.edu.br

RESUMEN

Los sistemas silvopastoriles integran componentes forestales y ganaderos, ofreciendo una alternativa sostenible para el uso del suelo en regiones tropicales. Este estudio tuvo como objetivo evaluar el crecimiento y la producción de carbono de diferentes clones de *Eucalyptus* sp. (GG100, I144 y VM58) plantados en un sistema silvopastoril establecido por EPAMIG en Prudente de Morais, Brasil. El experimento incluyó tres espaciamientos de plantación (20x3x2 m, 9x2x1,63 m y 9x3 m) y fue evaluado mediante muestreo sistemático y mediciones biométricas del diámetro a la altura del pecho (DAP) y la altura total. Las estimaciones de volumen fueron calculadas usando ecuaciones alométricas. Las estimaciones de carbono, expresadas en toneladas, se calcularon multiplicando el volumen del árbol (m^3) por un factor de 50, como una aproximación estándar para la biomasa del eucalipto utilizada en estudios anteriores. El espaciamiento de 9x3 m mostró la mayor acumulación de carbono, y el clon I144 se destacó en productividad. Estos resultados respaldan la selección de configuraciones de plantación que optimicen la captura de carbono en sistemas silvopastoriles.

Palabras clave: *estimación de biomasa, mitigación climática, integración del uso del suelo, desempeño arbóreo, agroecosistema.*

ABSTRACT

Silvopastoral systems integrate forestry and livestock components, offering a sustainable alternative for land use in tropical regions. This study aimed to evaluate the growth and carbon production of different *Eucalyptus* sp. clones (GG100, I144, and VM58) planted in a silvopastoral system established by EPAMIG in Prudente de Morais, Brazil. The experiment included three planting spacings (20x3x2 m, 9x2x1.63 m, and 9x3 m) and was evaluated using systematic sampling and biometric measurements of diameter at breast height (DBH) and total height. Volume estimates were calculated using allometric equations models. Carbon estimates, expressed in tons, were calculated by multiplying the tree volume (m^3) by a factor of 50, as a standard approximation for *Eucalyptus* biomass in previous studies. The 9x3 m spacing showed the highest carbon accumulation, and the I144 clone stood out in productivity. These findings support the selection of planting configurations that optimize carbon sequestration in silvopastoral systems.

Keywords: *biomass estimation, climate mitigation, land-use integration, tree performance, agroecosystem.*

INTRODUCCIÓN

Los sistemas silvopastoriles representan una importante estrategia de uso sostenible del suelo, al integrar árboles, pastos y, frecuentemente, animales en una misma área. Este enfoque se destaca por promover beneficios ambientales como la conservación del suelo, el aumento de la biodiversidad y la mitigación del cambio climático a través del secuestro de carbono atmosférico.

El eucalipto, ampliamente utilizado en el sector forestal brasileño, presenta un crecimiento rápido y buena adaptabilidad a diferentes condiciones edafoclimáticas, siendo una especie prometedora para sistemas integrados. La elección adecuada de clones y espaciamientos de plantación puede influir significativamente en la productividad del componente arbóreo, especialmente en relación con la biomasa y el carbono acumulado en el sistema.

La cuantificación de la producción de carbono en sistemas silvopastoriles con eucalipto es fundamental para apoyar políticas públicas y mecanismos de pago por servicios ambientales, incentivando prácticas que contribuyan a la mitigación del cambio climático. Los resultados obtenidos pueden servir de base para recomendaciones técnicas que ayuden a productores y gestores ambientales a adoptar sistemas integrados más eficientes y sostenibles.

En este contexto, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar el crecimiento y la producción de carbono en diferentes clones de eucalipto implantados en un sistema silvopastoril en el municipio de Prudente de Morais, Minas Gerais, Brasil. La investigación buscó comparar el desempeño de los clones bajo diferentes arreglos espaciales, con el fin de identificar combinaciones que maximicen la acumulación de carbono y contribuyan a prácticas de uso del suelo más sostenibles.

MATERIALES Y MÉTODOS

El sistema silvopastoril utilizado en este estudio está ubicado en Prudente de Morais, Minas Gerais, Brasil (19º27´15´´S; 44º09´11´´O; 732 m de altitud) y fue instalado con tres espaciamientos de plantación y tres clones de Eucalyptus sp., según se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. *Estrutura geral do experiment em Sistema Silvipastoril com 3 clones e 3 espaçamentos, em Prudente de Morais, Minas Gerais, Brasil*

Bloco	Espaçamento (m)	Clone	Área Disponível (m²)	Área Espaçamento (m²)	Cód. Tratamento
1	20x3x2	GG100	5400	120	C1E1
1	9x2x1,63	GG100	5400	27	C2E2
1	9x3	GG100	5400	29,34	C3E3
2	20x3x2	I144	5400	120	C1E1
2	9x2x1,63	I144	5400	27	C2E2
2	9x3	I144	5400	29,34	C3E3
3	20x3x2	VM58	5400	120	C1E1
3	9x2x1,63	VM58	5400	27	C2E2
3	9x3	VM58	5400	29,34	C3E3

La Figura 1 presenta esquemáticamente la distribución de los clones dentro de cada uno de los tres espaciamientos, distribuidos en tres bloques con áreas similares.

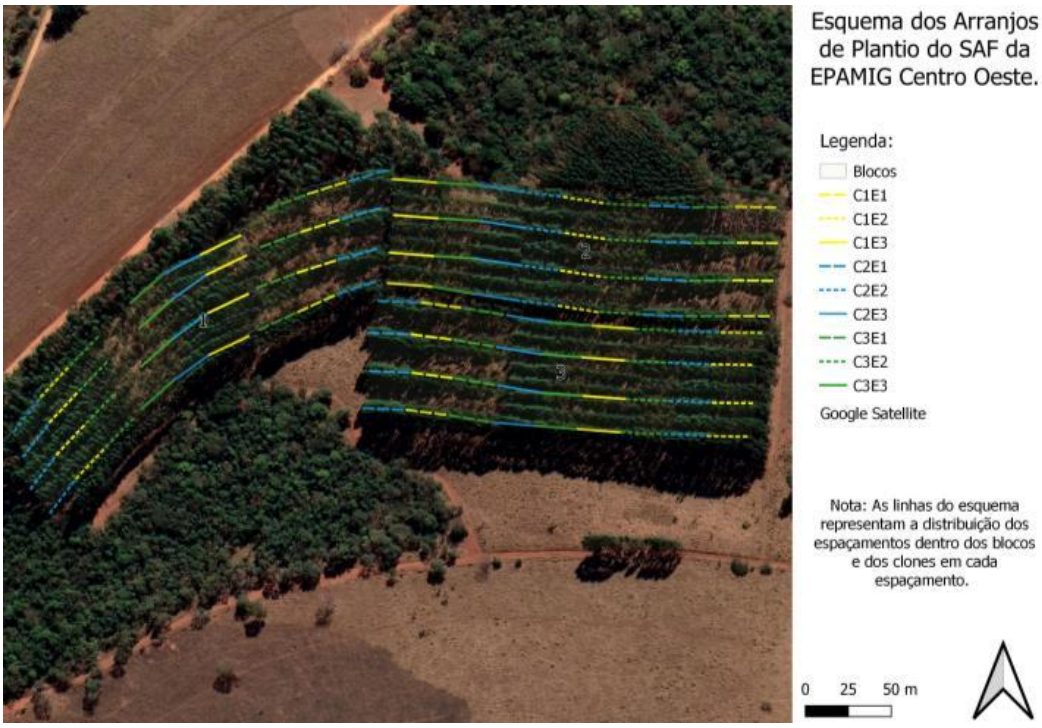


Figura 1. *Esquema de instalação do Sistema Silvipastoril com 3 clones e 3 espaçamentos, em Prudente de Morais, Minas Gerais, Brasil.*

El muestreo se realizó de forma sistemática, siguiendo protocolos de inventario forestal previamente aplicados en el área de estudio. En cada bloque experimental, en la segunda hilera, se desestimó el primer árbol y se midieron el DAP y la altura de los diez árboles siguientes. Árboles caídos o muertos fueron excluidos, siendo reemplazados por el árbol vivo más cercano para garantizar representatividad. Para facilitar el monitoreo, el primer y el último árbol muestreados fueron identificados con placas de aluminio.

El volumen de madera se estimó utilizando el modelo volumétrico de Spurr (Ecuación 1), cuyos parámetros fueron obtenidos a partir de ajustes volumétricos reportados en la literatura para los clones estudiados (Schettini *et al.*, 2021).

$$V = \beta 0 * (DAP2 * Ht) * \beta 1 + \varepsilon$$ Equação 1.

Tabla 2. *Parâmetros dos Modelos de Spurr ajustados por Schettini (2021).*

Sistema	Clone	β0	β1	R² (%)	Sy.x
1	GG100	0,0000	0,9566	89,4300	0,1371
2	I144	0,0001	0,8296	92,2300	0,0665
3	VM58	0,0007	0,6499	84,0600	0,0773

R² = Coeficiente de determinação; Sy.x = Desvio padrão da variância.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se observaron valores promedio más altos para los árboles del bloque 01 (Tabla 3). Este bloque, como se muestra en la Figura 2, no cuenta con árboles en uno de sus laterales adyacentes y presenta áreas con fallas en la plantación y/o pérdida de árboles por incendio, lo cual queda evidenciado por la presencia de algunos troncos caídos y quemados en la región. Los bloques dos y tres presentaron valores promedio bastante similares, lo que puede explicarse por la similitud geométrica y geográfica entre ambos, que también carecen de árboles en uno de sus lados adyacentes.

Tabla 3. *Valores promedio de DAP, Altura y Volumen para los árboles de cada uno de los bloques.*

Bloque	Promedios		
	DAP (cm)	Altura (m)	Volumen (m³)
1	23,84	30,56	0,7135
2	24,63	29,17	0,7115
3	24,80	32,13	0,7977

En la Tabla 4 se presentan los valores promedio de las variables evaluadas, así como la estimación de volumen para cada uno de los tratamientos. La Figura 3 muestra una comparación de la producción volumétrica entre los tratamientos. Se observaron mayores estimaciones de volumen para el tratamiento C1E3 (clon I144 y espaciamiento de 9x3 m). El espaciamiento 01 presentó árboles con diámetros mayores, lo que lo hace interesante para escenarios en los que se pretende utilizar la madera producida para aserraderos; sin embargo, su producción total fue menor en comparación con los demás, ya que, debido a su espaciamiento más amplio, presenta un menor número de árboles.

Los gráficos presentados muestran la variación del volumen de madera (m³/ha) (Figura 2) y de la producción de carbono (ton/ha) (Figura 3) en los diferentes tratamientos, constituidos por la combinación de clones de *Eucalyptus* sp. y espaciamientos en un sistema silvopastoril. El tratamiento C1E3 se destacó con el mayor volumen de madera (224,23 m³/ha) y, en consecuencia, la mayor producción de carbono (11.211,7 ton/ha), lo que indica que la combinación del clon GG100 y el espaciamiento de 9x3 m adoptados en este tratamiento es la más eficiente para maximizar el crecimiento arbóreo y el secuestro de carbono. Tratamientos similares, como el C2E3, también presentaron un alto rendimiento, con volúmenes y cantidades de carbono significativos, lo que refuerza la influencia de los factores genéticos y espaciales en la productividad del sistema.

Tabla 4. *Valores promedio de DAP, Altura y Volumen para los árboles de cada uno de los tratamientos, número de árboles y suma de volúmenes por tratamiento.*

Tratamientos	Clon	Espaciamiento (m)	Promedios			N° de árboles	Volumen Total (m³)
			DAP (cm)	Altura (m)	Volumen (m³)		
C1E1	GG100	20x3x2	25,75	34,49	0,8866	45	39,89589
C2E2	GG100	9x2x1,63	22,15	29,44	0,5646	200	112,915
C3E3	GG100	9x3	25,53	29,23	0,7383	184	135,8524
C1E1	I144	20x3x2	27,29	35,44	1,0530	45	47,38505
C2E2	I144	9x2x1,63	22,32	28,42	0,5730	200	114,6077
C3E3	I144	9x3	25,07	30,29	0,7637	184	140,5275
C1E1	VM58	20x3x2	24,53	29,65	0,7281	45	32,7662
C2E2	VM58	9x2x1,63	23,33	29,66	0,6543	200	130,8509
C3E3	VM58	9x3	24,47	27,54	0,7018	184	129,1382
		Total:				1287	883,9388

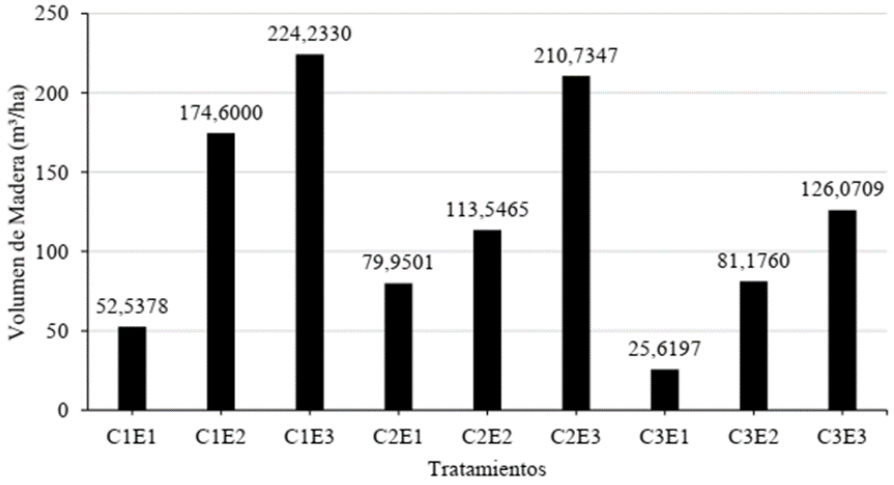


Figura 2. *Volumen de Madera Estimado en Diferentes Tratamientos con Clones de Eucalyptus en Sistema Silvopastoril (m³/ha).*

Por otro lado, tratamientos como el C3E1 demostraron valores significativamente menores, tanto en volumen (25,62 m³/ha) como en carbono (1.281 ton/ha), lo que sugiere que la combinación de este clon con el espaciamiento 1 no favorece el desarrollo de los árboles, pudiendo estar relacionado con factores como la competencia por recursos, menor adaptación del clon o manejo inadecuado. El clon 3 (VM58) presentó valores inferiores en todos los espaciamientos.

Esta variación entre tratamientos evidencia la importancia de una selección cuidadosa de los clones y del arreglo espacial para optimizar los beneficios ambientales y productivos de los sistemas silvopastoriles. Además, la alta capacidad de secuestro de carbono observada en algunos tratamientos refuerza el potencial de estos sistemas para contribuir a estrategias de mitigación del cambio climático.

Estos resultados indican que, para maximizar tanto el volumen de madera como la producción de carbono, es fundamental considerar la interacción entre el material genético y el espaciamiento adoptado, buscando siempre el equilibrio entre el crecimiento y la sostenibilidad del sistema.

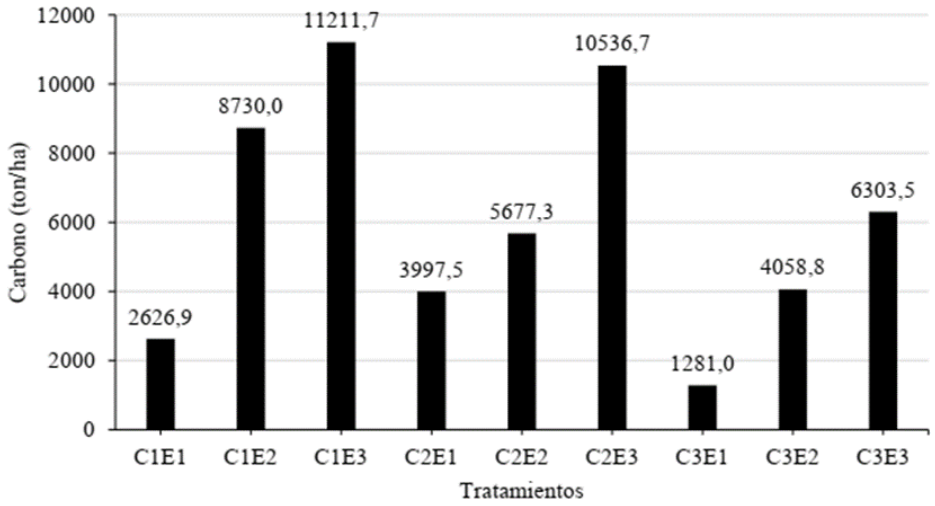


Figura 3. *Producción de Carbono en Diferentes Tratamientos con Clones de Eucalyptus en Sistema Silvopastoril (ton/ha).*

CONCLUSIONES

El volumen total de madera encontrado en los tres bloques corresponde a 883,9388 m³, siendo los tratamientos con espaciamiento 03 (9x3 m) los responsables por la mayor productividad, destacándose el clon 02 (I144) en este aspecto.

Estos resultados refuerzan la importancia de una selección cuidadosa del material genético y de la planificación del espaciamiento entre plantas como estrategias para optimizar el desempeño del componente arbóreo en sistemas silvopastoriles. Además, el uso de un factor de conversión para la estimación del carbono a partir del volumen se mostró como un enfoque práctico y eficiente, alineado con metodologías consolidadas en la literatura para Eucalyptus.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a EPAMIG y a la Universidade Federal de São João del-Rei por el apoyo técnico y estructural para el desarrollo de esta investigación.

Bibliografía

Campos, J.C., Leite, H.G. 2017. Mensuração Florestal - Perguntas e Respostas. 5° Edição. Viçosa: UFV.

Milena Ambrosio Telles, I.P. 2021. Glossário ILPF - Integração Lavoura Pecuária Floresta. Colombo: Embrapa Florestas.

Schettini, B.L., Jacovine, L., Torres, C., Neto, S., Rocha, S., Villanova, P., . . . Rufino, M. 2021. Sistemas silvipastoris com eucalipto: estocagem de carbono em diferentes espaçamentos e clones. Ciências Florestais, 1047-1062



CV-20. Modelagem de distribuição diamétrica de *Eucalyptus* spp. em sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta no Brasil

Diameter distribution modeling of *Eucalyptus* spp. in an Integrated Crop-Livestock-Forest System in Brazil

R. V. O. Castro[1]; D. A. Ladeira[1]; G. M. Ataíde[1]; G. E. Marcatti[1]; E. C. Teixeira[1]; R. L. Oliveira[1]; M. R. Albuquerque Filho[2]; M. C. T. Silveira[2] y F. C. Santos[2]*

[1]Federal University of São João del-Rei – UFSJ, Sete Lagoas, MG, Brazil.

[2]Brazilian Agricultural Research Corporation, Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas City, Minas Gerais State, Brazil

[*]Correspondencia a: renatocastro@ufsj.edu.br

RESUMO

O objetivo deste estudo foi modelar a distribuição diamétrica de um povoamento de *Eucalyptus* spp. em um Sistema Integrado Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), utilizando a função de Weibull com diferentes métodos e diversas larguras de classe de diâmetro à altura do peito (DAP). O espaçamento de plantio foi de 25 m entre linhas e 2 m entre plantas na linha, totalizando 15 linhas de 400 m cada, cobrindo uma área experimental de 15 hectares. Os dados para a modelagem foram obtidos a partir de cinco medições sucessivas, por meio de um censo de inventário florestal realizado aos 21, 31, 39, 49 e 61 meses. A função de Weibull foi ajustada utilizando diferentes métodos, testando larguras de classe de DAP de 1, 2, 3, 4 e 5 cm. As variáveis do povoamento que apresentaram maior correlação com os parâmetros da função de Weibull foram o diâmetro mínimo e o diâmetro quadrático. O método da Máxima Verossimilhança com dois parâmetros demonstrou maior flexibilidade na descrição das tendências da distribuição diamétrica ao longo do tempo. A largura de classe influenciou a precisão da prognose da distribuição diamétrica, e as análises estatísticas indicaram que as larguras de classe ideais foram de 2 e 3 cm.

Palavras-chave: *prognose, crescimento diamétrico, ILPF, amplitude de classe, função Weibull*.

ABSTRACT

The objective of this study was to model the diameter distribution of an *Eucalyptus* spp. stand in an Integrated Crop-Livestock-Forestry System (ICLF) using the Weibull function with different methods and various diameter at breast height (DBH) class widths. The plan-ting spacing was 25 m between rows and 2 m between plants within the row, with a total of 15 rows of 400 m each, covering an experimental area of 15 ha. The data for modeling were obtained from five successive measurements through a forest inventory census at 21, 31, 39, 49, and 61 months. The Weibull function was fitted using different methods, testing DBH class widths of 1, 2, 3, 4, and 5 cm. The stand variables that showed the highest correlation with the Weibull parameters were the minimum diameter and the quadratic diameter. The Two-Parameter Maximum Likelihood Method demonstrated greater flexibility in describing trends in diameter distribution over time, using the Maximum Likelihood fitting method. The class width influenced the accuracy of the diameter distribution prognosis, and statisti-cal analyses indicated that the ideal class widths were 2 and 3 cm.

Keywords: *prognosis, diameter growth, ICLF, class width, Weibull function.*

INTRODUÇÃO

A Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) desempenha um papel fundamental no desenvolvimento sustentável, promovendo a utilização eficiente dos recursos naturais e aumentando a resiliência dos sistemas agropecuários. Vale destacar a significativa contribuição do componente arbóreo para a neutralização das emissões de gases de efeito estufa através do sequestro de carbono atmosférico, atendendo aos objetivos do desenvolvimento sustentável (Balbino *et al*., 2011).

A espécie florestal que se destaca na ILPF é o *Eucalyptus* spp. por possuir grande variabilidade genética e fácil acesso, além de ser uma planta de rápido crescimento em diferentes condições edafoclimáticas (Michalichen *et al*., 2022). Neste sistema de manejo há um crescimento mais robusto das árvores individuais devido ao maior espaçamento entre elas, resultando em troncos de maiores diâmetros que são altamente valorizados no mercado de madeira (Sereghetti *et al*., 2015). Dessa forma, é possível atender às demandas do mercado para a produção de diferentes produtos, principalmente madeira serrada para uso nobre.

A modelagem de crescimento e produção para os multiprodutos da madeira é de grande importância para a gestão sustentável da floresta e a maximização do lucro. A prognose da produção florestal é obtida através de modelos matemáticos que buscam estimar o crescimento de um povoamento e prever a produção florestal ao longo do tempo com precisão (Castro *et al*., 2016). Isso permite aos gestores planejar operações de manejo, como desbastes e colheitas, de maneira eficiente (Werneburg, 2015), além de auxiliar a maximização do volume e a qualidade da madeira disponível (Téo, 2017).

A modelagem da distribuição diamétrica (MDD) é uma dentre diversos modelos de crescimento e produção (Azevedo *et al.*, 2016). Nela é possível projetar a frequência de árvores em cada classe de diâmetro, com base em dados atuais, possibilitando então a avaliação do crescimento da floresta. Dessa forma, é possível prever a variabilidade de tamanho das árvores e os possíveis multiprodutos madeireiros (EISFELD, 2004). A MDD se baseia em funções de densidade de probabilidade (f.d.p.) e dentre estas a que se destaca é a função Weibull por ser mais simples e flexível para os ajustes de distribuição diamétrica (Wendling *et al.*, 2010). Existem vários métodos para se ajustar uma fdp, e para a função Weibull, tem-se o método da máxima verossimilhança de parâmetros (Orellana *et al.*, 2017).

A escolha adequada da amplitude de classe utilizada na modelagem é fundamental para representar com precisão a distribuição dos diâmetros das árvores e a dinâmica do povoamento. Classes de amplitude muito grande podem ocultar detalhes importantes sobre a estrutura do povoamento, enquanto classes muito pequenas podem introduzir ruídos nos dados (Araújo Júnior *et al.*, 2013). A amplitude de 2 cm é amplamente utilizada para plantios convencionais de eucalipto no Brasil, especialmente em estudos de crescimento e produção (Campos *et al.*, 2017; Machado *et al.*, 2013). Já em sistemas integrados ainda não há um consenso sobre qual a amplitude de classe ideal para modelagem. O presente estudo teve o objetivo de realizar a modelagem de distribuição diamétrica de um povoamento de *Eucalyptus* spp. em ILPF utilizando a função Weibull com diferentes métodos e amplitudes de classe.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento de integração lavoura-pecuária-floresta foi instalado na fazenda Trijunção em Jaborandi, na Bahia, Brasil, em dezembro de 2018. Nessa região predominam os solos arenosos do tipo Latossolo Vermelho Amarelo distrófico típico. O clima apresenta precipitação média anual de 1.800 mm e temperatura média anual de 25°C. A estação chuvosa é definida entre os meses de outubro e abril, enquanto a estação seca vai de maio a setembro (Santos *et al.*, 2022).

A área de estudo possui 15 ha e nela foram plantados os clones AEC 144 e AEC 2084 de forma alternada, num espaçamento de 25m entre renques e 2m entre plantas na linha, sendo um total de 15 renques de 400 m cada. Cada linha continha 200 árvores, totalizando inicialmente 3.000 árvores. Houve falha de plantio de 20%, restando então 2400 árvores no total da área, equivalente a 160 árvores por hectare. Cada linha de árvores foi considerada como uma parcela, totalizando então 15 parcelas. Nas safras de 2018 a 2023, entre os renques, foram cultivadas as culturas do girassol, feijão caupi, sorgo forrageiro (Volumax e SS 318), soja, milheto e braquiária em consórcio alternados ao longo das safras.

Os dados utilizados para este estudo foram obtidos a partir 5 medições sucessivas (inventário florestal do tipo censo), aos 21, 31, 39, 49 e 61 meses. Em todas as árvores foi mensurada a circunferência à 1,30m do solo (CAP) com fita dendrométrica, e em 10% das árvores foi mensurada a altura de forma sistematizada com o aparelho clinômetro Hagloff. As árvores mortas provenientes da falha de plantio não entraram na modelagem de distribuição diamétrica e nas árvores com bifurcações abaixo de 1,30m foi considerado o maior fuste para as análises. As alturas não mensuradas (90%) foram estimadas pela seguinte equação hipsométrica, desenvolvida para a área de estudo:

(equação 1): $LnH = 3{,}1554 - 5{,}9551 * 1 / DAP \qquad R^2 = 0{;}53$

O volume de cada árvore foi estimado pela equação seguinte e utilizada para realizar a análise de Médias das Diferenças (MD) entre os volumes estimados e observados.

(equação 2): $V = \pi * DAP^2 / 40000 * H * 0{,}47$

Os dados foram organizados e analisados no software Excel e Weibull Trunc. No software Weibull Trunc, a função densidade de probabilidade foi ajustada por parcela e por idade, pelos seguintes métodos: Máxima Verossimilhança de 2 parâmetros, Máxima Verossimilhança de 3 parâmetros, Máxima Verossimilhança Truncada e Aproximação Linear. Cada ajuste foi testado com cada uma das cinco amplitudes de classe de diâmetro: 1; 2; 3; 4 e 5 cm. O método de Máxima Verossimilhança de 3 parâmetros da função Weibull é dada pela equação 3:

(equação 3): $$f(X) = \left\{ \frac{\gamma}{\beta} \left(\frac{(x-\alpha)}{\beta} \right)^{(\gamma-1)} e^{-\left(\frac{(X-\alpha)}{\beta} \right)^{\gamma}} \right.$$

em que: α = parâmetro de locação; β = parâmetro de escala (β>0); γ = parâmetro de forma (γ>0) e x = centro de classe de diâmetro (x>0).

Os demais métodos são derivações desta equação. O modelo de 2 parâmetros anula o parâmetro de locação (α) proporcionando estimativas que melhor representam a distribuição dos dados e considerando-o como sendo o diâmetro mínimo da distribuição diamétrica, por se tratar de um parâmetro de locação. A máxima verossimilhança truncada é utilizada quando os dados das distribuições diamétricas são truncados, ou seja, possuem início (diâmetro mínimo) e fim (diâmetro máximo) determinados pelos respectivos diâmetros mínimos e máximos observados. Os ajustes não lineares da função Weibull pelo método da verossimilhança tem proporcionando estimativas mais precisas dos parâmetros da distribuição Weibull (Campos e Leite, 2017). Já na aproximação linear os dados são transformados para que a função cumulativa de Weibull seja linearizada, frequentemente utilizando logaritmos. Este método é intuitivo e de fácil aplicação, mas menos rigoroso que a máxima verossimilhança (Colosimo *et al*., 2006).

Para selecionar o melhor método e amplitude para a prognose foi observada a quantidade de classes diamétricas resultantes, o percentual de diferenças não significativas entre os dados observados e estimados de acordo com o teste de aderência das funções aos dados, Kolmogorov-Smirnov, a 5% de significância. Ademais, foram comparadas as somas de quadrados dos resíduos (SQR) e a correlação dos parâmetros das funções ajustadas com os atributos do povoamento.

Após selecionar o melhor método de ajuste para as diferentes amplitudes de classe, desenvolveu-se um modelo de projeção (I1-I2) de distribuição diamétrica, buscando correlacionar os parâmetros da função Weibull às variáveis de povoamento conforme o sistema de equações a seguir:

$$q_2 = c_0 + c_1 * q_1 + c_2 * I_2 + \varepsilon$$

$$d_{mín2} = c_1 * d_{mín1}\left(\frac{I_1}{I_2}\right) + c_2 * q_2\left(1 - \frac{I_1}{I_2}\right) + \varepsilon$$

$$\beta_2 = c_0 + c_1 * \beta_1 + c_2 * I_2 + c_3 * d_{mín2} + \varepsilon$$

$$g_2 = c_0 + c_1 * g_1 + c_2 * I_2 + c_3 * d_{mín2} + \varepsilon$$

$$N_2 = N_1$$

em que: I1 e I2 são as idades inicial e final, respectivamente; dmín1 e dmín2 são os diâmetros mínimos observados por parcela, nas idades inicial e final; q1 e q2 são os diâmetros quadráticos observados por parcela, nas idades inicial e final; N1 e N2 são as frequências totais observadas por parcela, nas idades inicial e final; γ1, β1, γ2 e β2 são os parâmetros da função Weibull, nas idades inicial e final; c0 a c3 são os parâmetros a serem estimados e ε é o erro aleatório.

Após ajuste e seleção do conjunto de equações para a projeção da distribuição diamétrica, utilizamos a distribuição observada aos 21 meses para realizar a prognose distribuição para as idades de 31, 39, 49, e 61 meses, sucessivamente, utilizando a prognose anterior como referência para a projeção seguinte, por meio dos 4 métodos com cada amplitude de classe, para cada parcela. Em seguida os resultados foram comparados às distribuições observadas nas respectivas idades.

Após a prognose da produção, foram comparados os volumes observados e estimados em todas as classes e amplitudes diamétricas. Para isso, foram calculadas as diferenças entre os valores estimados pela função Weibull e os valores reais obtidos no inventário florestal. As estimativas foram geradas a partir dos dados observados aos 21 meses e projetadas para as idades futuras. Posteriormente, os volumes estiamdos foram comparados aos volumes reais medidos nas respectivas idades. A análise foi feita calculando-se a média das diferenças entre os volumes observados e estimados para cada classe diamétrica e amplitude testada. Esse procedimento permitiu avaliar a tendência dos erros e a qualidade da projeção do modelo ao longo do tempo.

Com isso, foi calculado o Quadrado Médio dos Resíduos (QMR) para cada amplitude de classe para avaliar a qualidade dos ajustes da função Weibull em diferentes amplitudes de classe. Essa métrica quantifica a discrepância entre os valores observados e os estimados, permitindo a comparação da precisão dos modelos ajustados para cada amplitude testada. O resultado da soma do quadrado dos resíduos foi dividido pelo grau de liberdade chegando ao QMR.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O número de classes variou de acordo com cada amplitude testada (Figura 1). Isto implica que a escolha da amplitude de classe afeta diretamente a distribuição diamétrica. Quando a amplitude de classe aumenta, o número total de classes diminui, o que pode impactar na precisão e interpretação da distribuição dos diâmetros. Com amplitudes maiores, há uma suavização da distribuição, podendo ocultar padrões importantes. Já amplitudes menores permitem uma visão mais detalhada da distribuição diamétrica ao longo do tempo, no entanto, deve haver um equilíbrio pois excesso pode gerar maior variação entre medições.

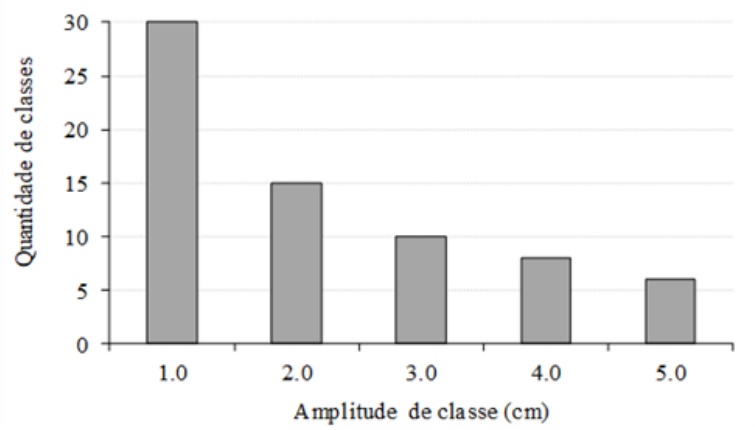


Figura 1. *Quantidade de classes existentes para cada amplitude de classe.*

O método de Aproximação Linear foi o que apresentou maior diferença significativa entre a distribuição diamétrica observada e a estimada, independente da amplitude de classe, tornando-o, portanto, inviável para a modelagem de distribuição diamétrica (Figura 2). Por outro lado, o método de Máxima Verossimilhança de 2 Parâmetros foi o que melhor se ajustou aos dados, apresentando percentuais de diferenças não significativas até maiores que 95%. Este resultado ratifica que para modelagem de distribuição diamétrica o método da máxima verossimilhança de 2 parâmetros é comumente o mais usado, conforme afirma Binoti *et al.* (2015) e os estudos de Binoti *et al.* (2014). Portando, este foi o método selecionado para as demais análises deste estudo.

Observa-se que os maiores percentuais de diferenças não significativas são do MV2P nas amplitudes de 5cm seguidas das de 4 e 3 cm. Portanto, fazer uma conclusão considerando este resultado (Figura 2) isoladamente pode ser limitante pois as amplitudes de classe que tiveram os melhores resultados nesse teste (4 cm e 5 cm) também apresentaram pouca quantidade de classes em outras análises. Isso significa que houve uma suavização excessiva da distribuição, reduzindo a capacidade de captar detalhes importantes da estrutura diamétrica. A escolha da melhor metodologia deve considerar o conjunto dos resultados, garantindo que o modelo seja estatisticamente confiável para a gestão do povoamento.

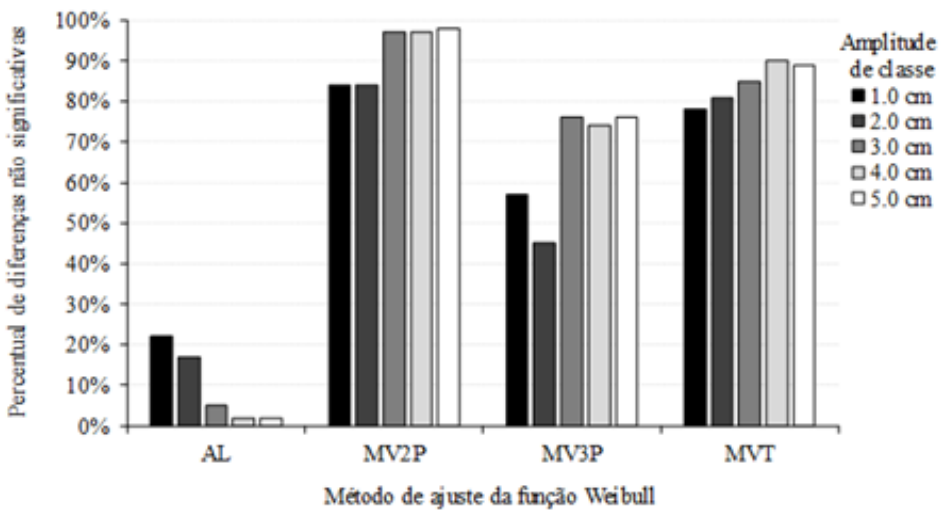


Figura 2. *Percentual de diferenças não significativas pelo teste Kolmogorov□Smirnov, a 5% de significância para os diferentes métodos de ajuste da função Weibull e amplitudes de classes.*

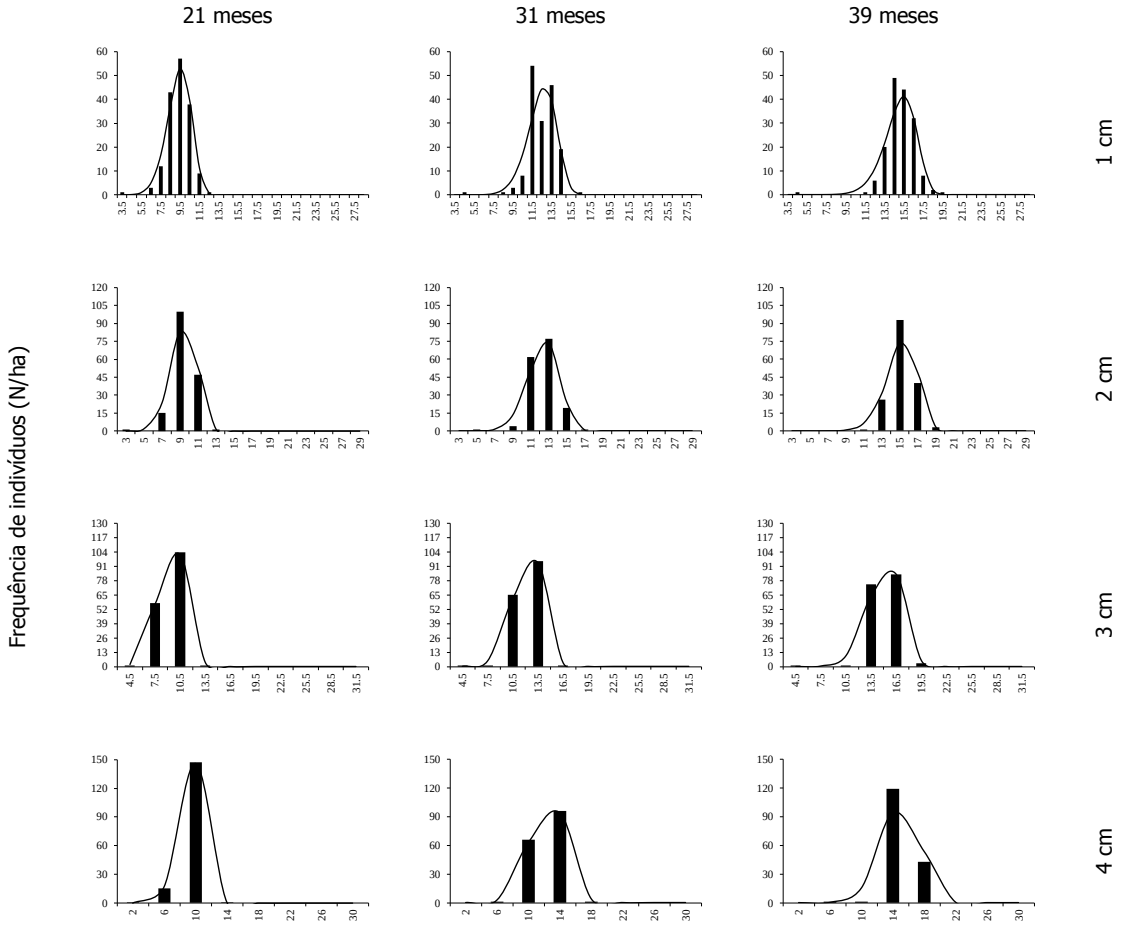
A título de ilustração da dinâmica da distribuição diamétrica ao longo do tempo de acordo com cada amplitude de classe, são apresentados na Figura 3 os resultados da parcela 10. Foi observado na floresta que as árvores cresceram ao longo do tempo e a curva de distribuição diamétrica gerada pela função Weibull foi capaz de captar essa mudança através do deslocamento da curva para a direita, atingindo maiores classes de diâmetros ao longo do tempo.

Como observado na Figura 1 e confirmado pela Figura 3, ao aumentar a amplitude de classe o número de classes da distribuição diminui, tanto nos dados observados quanto nos estimados, o que impacta tanto a interpretação dos dados observados quanto a precisão das estimativas. O ajuste pode se tornar menos preciso com classes muito amplas, pois há uma perda de pontos de referência para descrever a forma da distribuição. Este resultado mostra que a função Weibull se ajustou adequadamente aos dados apesar da variação do número de classes. Diante disto, é possível confirmar que a função Weibull possui flexibilidade para descrever tendências conforme afirmado por Binoti *et al.* (2011) e Araújo Júnior (2012), e por esse motivo é comumente utilizada para modelagem de distribuição diamétrica. O teste de KolmogorovSmirnov foi não significativo, demonstrando que os ajustes tiveram aderência.

Nos plantios não convencionais, como os sistemas de ILPF, o espaçamento entre árvores é maior, o que favorece o crescimento de diâmetros maiores em relação aos plantios convencionais. Neste estudo, as árvores de eucalipto possuem 5 anos, mas na idade de corte, estimada em aproximadamente 14 anos, os diâmetros serão consideravelmente maiores, o que também indica que a amplitude ideal para modelagem da distribuição diamétrica deverá ser alterada. Nesse contexto, a amplitude ideal para sistemas ILPF provavelmente será maior de forma a proporcionar maior precisão quanto à variabilidade e a estrutura diamétrica que se desenvolve ao longo do tempo.

Os coeficientes do modelo de distribuição diamétrica (Tabela 1) foram ajustados com base nos resultados da função de densidade de probabilidade e estão apresentados na Figura 3. As variáveis diâmetro mínimo (d_{min}) e diâmetro quadrático (q) foram selecionadas como variáveis independentes nesses modelos por terem sido as variáveis de povoamento com maiores correlações com os parâmetros Beta (β) e Gama (g), bem como a variável Idade. Scolforo *et al.* (1999) e Soares *et al.* (2002) também escolheram essas variáveis para estimativa dos parâmetros da função Weibull nos seus estudos de prognose da produção florestal. Araújo Júnior (2010) também utilizou o diâmetro mínimo no seu modelo de distribuição diamétrica.

Destaca-se que o diâmetro quadrático e o diâmetro mínimo não variam de acordo com a amplitude de classe utilizada pois são características próprias dos dados do povoamento. Por isso, não há um ajuste específico para cada opção de amplitude de classe (Tabela 1).



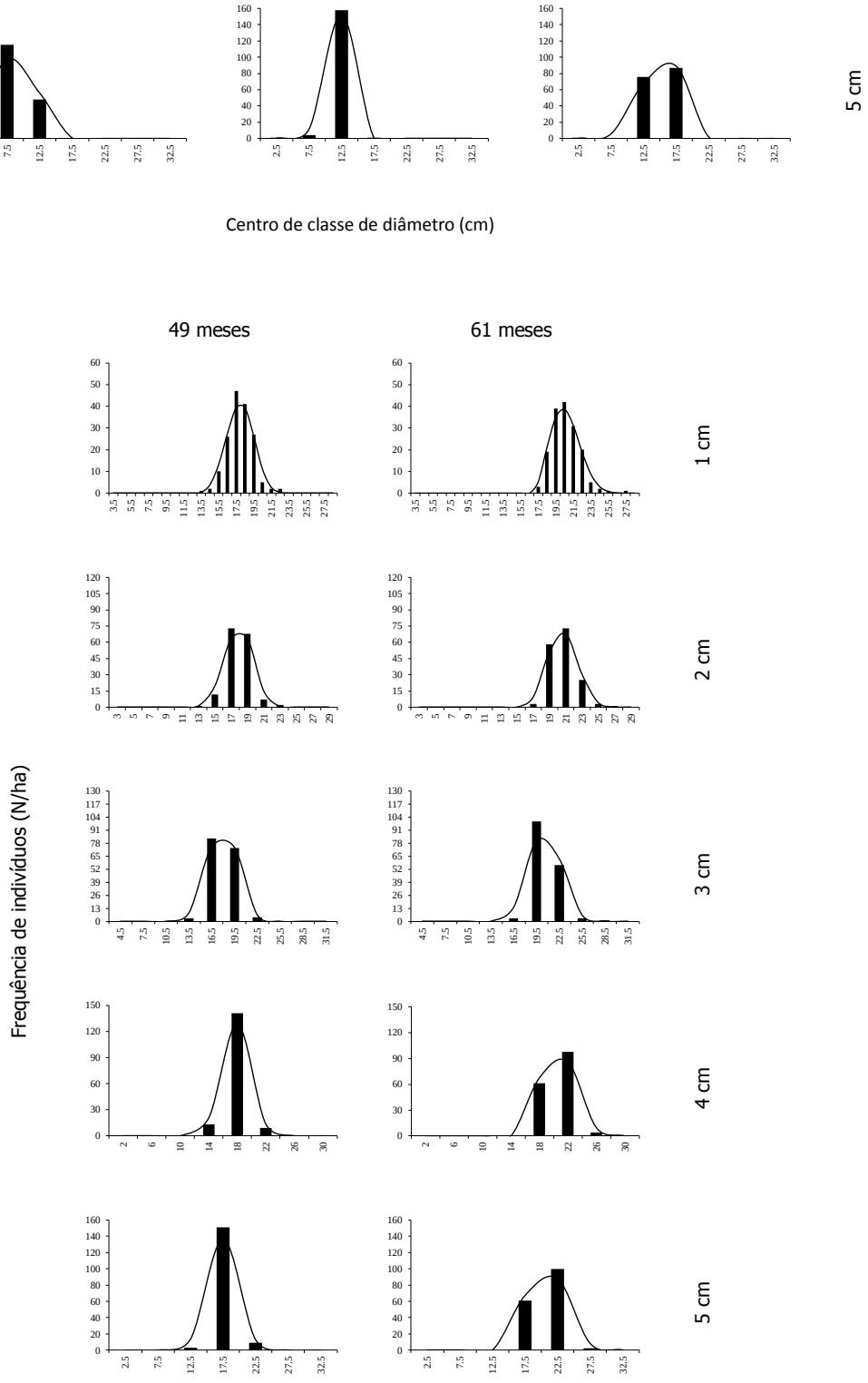


Figura 3. *Distribuição diamétrica observada (barras) e estimada (linhas) para a parcela 10, em cada idade, e para cada amplitude de classe considerada (1,0, 2,0, 3,0, 4,0 e 5,0 cm). O alinhamento vertical representa as idades, e o alinhamento horizontal as amplitudes de classe consideradas.*

Tabela 1. *Parâmetros estimados para o modelo de distribuição diamétrica, em cada amplitude de classe diamétrica (c_i) considerada, com os respectivos coeficientes de correlação (r) e erro padrão (s_{yx}).*

Variável	Amplitude de classe	c_0	c_1	c_2	c_3	r	s_{yx}
q_2	-	3.55001	0.84695	0.03196	-	0.99698	0.24746
d_{min2}	-	-	0.99808	1.35066	-	0.97743	2.36170
β_2	1 cm	4.94565	0.04436	0.27499	-1.01450	0.96961	0.67384
	2 cm	5.30034	0.03751	0.29193	-1.06436	0.96646	0.74133
	3 cm	5.68334	0.02648	0.28948	-1.02487	0.92829	1.06676
	4 cm	7.57526	-0.01219	0.24990	-0.94772	0.90334	1.18454
	5 cm	6.18305	0.09402	0.26807	-0.95154	0.82644	1.69432
g_2	1 cm	4.59704	0.16800	0.11926	-0.62063	0.87737	1.05402
	2 cm	4.60523	0.16647	0.12168	-0.61662	0.87271	1.05609
	3 cm	4.72928	0.11786	0.11320	-0.56598	0.85923	1.01620
	4 cm	4.80381	0.06032	0.09601	-0.47507	0.79485	1.07974
	5 cm	10.39663	-0.13927	0.10297	-0.87384	0.49912	5.61900

Os ajustes não foram tendenciosos, independente da amplitude de classe. No entanto, para as amplitudes de 4 e 5 cm houve maior dispersão dos resíduos, principalmente para o parâmetro g_2, indicando menor precisão das estimativas. Este resultado está correlacionado com o número de classes resultantes para cada amplitude de classe, pois quando há poucas classes a estimativa torna-se comprometida.

Pelas Médias das Diferenças (MD) entre os volumes observados e estimados em todas as classes e amplitudes diamétricas, após a prognose da produção, queforam estimativas com base nos dados observados de 21 meses e comparadas com os dados reais de cada idade, observou-se que as diferenças seguiram uma tendência aceitável para a prognose.

Observando o Quadrado Médio dos Resíduos (SQR) considerando o número de classes em cada amplitude, (Figura 4) é possível observar que com as maiores amplitudes (4 e 5) apresentam maior erro levando a uma imprecisão na prognose. As melhores amplitudes de classe, como observado anteriormente, são a de 1, 2 e 3cm pois apresentam menos erros e maior precisão. Portanto, até os 61 meses de idade do povoamento de *Eucalyptus* em ILPF recomenda-se o uso da amplitude de 1, 2 ou 3 cm para a prognose. A expectativa é que na idade de corte, entre 12 e 15 anos, as amplitudes ideais sejam iguais ou superiores a esta.

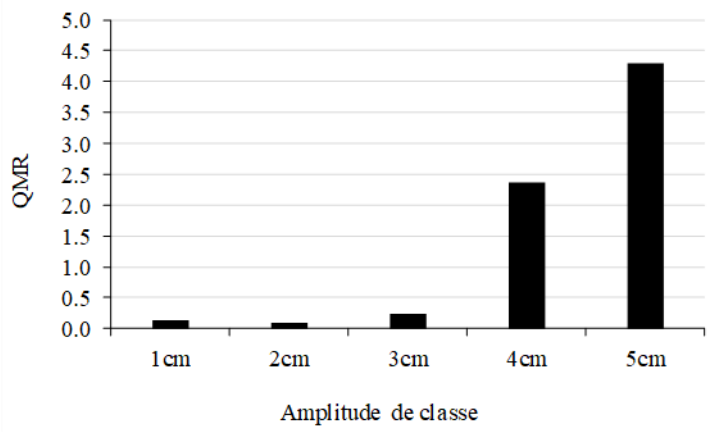


Figura 4. *Quadrado Médio dos Resíduos (QMR) para cada amplitude de classe.*

CONCLUSÕES

A função de densidade de probabilidade Weibull foi considerada adequada para des-crever a distribuição diamétrica de povoamentos equiâneos de eucalipto em Integração La-voura-Pecuária-Floresta, em diferentes idades, independente da amplitude de classe. O mé-todo da Máxima Verossimilhança de 2 Parâmetros foi o mais adequado. A amplitude de classe interferiu na precisão da prognose da distribuição diamétrica, e neste estudo a ampli-tude ideal foi a de 1, 2 e 3cm.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao CNPq, Fapemig, Fazenda Trijunção, Embrapa Milho e Sorgo e à Universidade Federal de São João del-Rei pelo apoio financeiro, técnico e estrutural ao desenvolvimento desta pesquisa.

Bibliografia

Araújo Júnior, C.A., Nogueira, G.S., Oliveira, M.L.R., Miranda, R.O.V., Castro, R.V.O., Pelli, E. 2010. Projeção da distribuição diamétrica de povoamentos de eucalipto em diferentes amplitudes de classe. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 45(11), 1275-1281.

Araújo Júnior, C.A., Leite, H.G., Binoti, D.H.B., Castro, R.V.O., Binoti, M.L.M.S., Marcatti, G.E. 2012. Uso da função Weibull para descrever a área basal por classe de diâmetro de um povoamento de eucalipto. Scientia Forestalis, Piracicaba, 40(95), 401-406.

Araújo Júnior, C.A., Leite, G.G., Castro, R.V.O., Binoti, D.H.B., Alcântara, A.E.M., Binoti, M.L.M.S. 2013. Modelagem da distribuição diamétrica de povoamentos de eucalipto utilizando a função gama. Cerne, Lavras, 19(2), 307-314. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cerne/a/mqN5sTXSV9nVfjbcFRcfnQm/?format=pdf&lang=pt>

Azevedo, G.B., Oliveira, E.K.B., Azevedo, G.T.O.D., Buchmann, H.M., Miguel, E.P., Rezende, A.V. 2016. Modelagem da produção em nível de povoamento e por distribuição diamétrica em plantios de eucalipto. Scientia Forestalis. 44(110). Piracicaba. DOI: 10.18671/scifor.v44n110.11.

Balbino, L.C., Cordeiro, L.A.M., Martinez, G.B. 2011. Contribuições dos sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF) para uma agricultura de baixa emissão de carbono. Revista Brasileira de Geografia Física, 4(6), 1163-1175.

Barbosa, N., Brun, J.E. 2022. Produtividade em madeira de três diferentes materiais genéticos de eucalyptus spp. na região sudoeste do paraná. 9° Congresso Florestal Brasileiro, 486–488. https://doi.org/10.55592/CFB.2022.9924751. Disponívem em: <https://publicacoes.softaliza.com.br/congressoflorestalbrasileiro/article/view/2525>

Binoti, D.H.B., Leite, H.G., Guimarães, D.P., Silva, M.L.M., Garcia, S.L.R., Fardin, L.P. 2011. Eficiência das funções weibull e hiperbólica para descrição de distribuições diamétricas de povoamentos de tectona grandis. Revista Árvore, Viçosa-MG, 35(2), 299-306.

Binoti, M.L.M.S., Binoti, D.H.B., Leite, H.G., Silva, A.A.L., Pontes, C. 2014. Utilização de redes neurais artificiais para a projeção da distribuição diamétrica de povoamento equiâneos. Revista Árvore, 38(4), 747–754.

Campos, J.C.C., Leite, H.G. 2013. Mensuração florestal: perguntas e respostas. Viçosa: Editora UFV.

Colosimo, E.A., Giolo, S.R. 2006. Análise de Sobrevivência Aplicada. São Paulo: Edgard Blücher.

Costa, L.S., Castro, R.V.O., Castro, A.F.N.M., Murta Júnior, L.S. 2019. Projeção de distribuição diamétrica de povoamento comercial de eucalipto utilizando área basal. Scientia Forestalis, Piracicaba, 47(122), 265-272. DOI: doi.org/10.18671/scifor.v47n122.09.

Eisfeld, R. L. 2004. Modelagem do crescimento e da produção de *Pinus taeda* L. por meio de função probabilística e processo de difusão. Dissertação de Pós Graduação em Engenharia Florestal. Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

Machado, S.A., Figueiredo Filho, A. 2003. Manejo florestal: análise de crescimento e produção florestal. Curitiba: Editora UFPR.

Michalichen, G., Campos, C.B., Silva, C., Paula, G.S., Grisang, M.R., Guimarães, K.S., Barbosa, N.Z., Brun, E.J. 2022. Produtividade em madeira de três diferentes materiais genéticos de eucalyptus spp. na região sudoeste do paraná. *9º Congresso Florestal Brasileiro*, Brasília, DF. 486–488. DOI: 10.55592/CFB.2022.9924751. Disponível em: <https://publicacoes.softaliza.com.br/congressoflorestalbrasileiro/article/view/2525>.

Orellana, E., Figueiredo Filho, A. 2017. Uso do método da predição de parâmetros para projetar a distribuição diamétrica em florestas nativas com a função Weibull. Ciência Florestal, 27(3), 981–991.

Santos, F.C., Silveira, M.C.T., Vilela, L., Almeida, R.G., Castro, R.V.O., Albuquerque Filho, M.R., Paiva, C.A.O., Pulronik, K., Figueiredo, A.B.A. 2022. Integração Lavoura-Pecuária-Floresta como alternativa de intensificação sustentável para solos arenosos do Oeste da Bahia. Documentos 271. Sete Lagoas, MG. Embrapa Milho e Sorgo. ISSN 1518-4277.



Scolforo, J.R.S., Oliveira, A.D. 1999. Modelos de crescimento e produção para *Eucalyptus grandis* nas regiões sul e sudoeste do estado de São Paulo. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 2, 219-226.

Sereghetti, G.C., Lanças, K.P., Sartori, M.S., Rezende, M.A., Soler, R.R. 2015. Efeito do espaçamento no crescimento e na densidade básica da madeira de *Eucalyptus urophylla x Eucalyptus grandis* em florestas de ciclo curto. Energia na agricultura, 30(3), 257–262. Disponível em: <https://doi.org/10.17224/EnergAgric.2015v30n3p257-262>.

Soares, C.P.B., Leite, H.G. 2002. Distribuição diamétrica de povoamentos equidianos utilizando distribuições probabilísticas**.** Revista Árvore, 2, 163-170.

Wendling, W.T., Emerenciano, D.B., Hosokawa, B.T. 2011. Ajuste da função de distribuição diamétrica weibull por planilha eletrônica. Floresta, Curitiba, PR, 41(2), 205-220.

CV-21. Prueba de imbibición y valor nutricional de semillas forrajeras: trébol rojo, avena sativa, remolacha forrajera y raigrass, como indicadores de calidad

Imbibition test and nutritional value of forage seeds: red clover, avena sativa, fodder beet, and ryegrass, as quality indicators

E. Insuasty Santacruz[*]*; H. Ojeda Jurado; O. F. Benavides Espindola y H. Jurado Gamez*

Universidad de Nariño, Colombia.

[*]Correspondencia a: efren9990@gmail.com

RESUMEN

El departamento de Nariño (Colombia), se caracteriza por tener alto número de productores y familias dedicadas a la Producción y Comercialización de leche, por ser una zona altamente productora de leche, la producción ganadera es altamente significativa. La alimentación se basa principalmente en los pastos y forrajes siendo el principal recurso alimenticio para los animales. Gramíneas como raigrás (*Lolium multiflorum*), Avena (*Avena sativa*), leguminosas como el trébol rojo (*Trifolium pratense*) y alternativas alimenticias como la Remolacha Forrajera (*Beta vulgaris*), son muy utilizadas. Lastimosamente, después de adquirirlas, muchos productores no se les realizan ninguna prueba de evaluación germinativa para identificar y conocer la calidad de semillas. Por lo tanto, la presente investigación, contribuirá con el conocimiento en conocer y evaluar varias pruebas a las semillas forrajeras de trébol rojo, raigrás, avena y remolacha forrajera sometidas a diferentes tiempos de imbibición (absorción de agua) antes de la siembra. Los trabajos experimentales fueron realizados en laboratorio de la Universidad de Nariño y en la Granja Experimental de Botana. Evaluando distintas variables, como porcentaje de germinación, altura de la planta y composición nutricional. Finalmente, se evaluó su comportamiento en campo, evaluando la producción y calidad bromatológica. Ratifica el valor nutricional significativo del Trébol Rojo, siendo una leguminosa con valores de 35,8 % de proteína cruda. El valor nutricional de *Beta vulgaris* (remolacha forrajera), indica valores importantes de fibra cruda 38%, proteína de 11,3 % y Mg de 0,10%.

Palabras clave: *pradera, celulosa, materia seca, lignina, remojo.*

ABSTRACT

The department of Nariño (Colombia) is characterized by a high number of producers and families dedicated to milk production and marketing. Because it is a high-yield milk area, livestock production is highly significant. Feeding is primarily based on pastures and forages, which are the main food source for animals. Grasses such as ryegrass (*Lolium multiflorum*) and oats (*Avena sativa*), legumes such as red clover (*Trifolium pratense*), and alternative feeds such as fodder beet (*Beta vulgaris*) are widely used. Unfortunately, after purchasing these seeds, many producers do not perform any germination evaluation tests to identify and assess seed quality. Therefore, this research will contribute to knowledge by understanding and evaluating various tests for forage seeds of red clover, ryegrass, oats, and fodder beet subjected to different imbibition (water absorption) times before sowing. The experimental work was carried out in a laboratory at the University of Nariño and at the Botana Experimental Farm. Various variables were evaluated, such as germination percentage, plant height, and nutritional composition. Finally, their performance in the field was assessed, evaluating production and food quality. It confirms the significant nutritional value of Red Clover, a legume with 35.8% crude protein. The nutritional value of *Beta vulgaris* (fodder beet) indicates significant values of crude fiber (38%), protein (11.3%), and Mg (0.10%).

Keywords: *meadow, cellulose, dry matter, lignin, soaking.*

INTRODUCCION

En el departamento de Nariño, los sistemas ganaderos y sistema cuyicolas son altamente significativos. Su alimentación, se basa principalmente en pastos y forrajes, siendo el principal recurso alimenticio para los animales. Sin embargo, muchos productores, después de adquirir, las semillas forrajeras, no realizan ninguna prueba de evaluación germinativa para identificar y evaluar los porcentajes de germinación de las semillas compradas. Tampoco, tienen en cuenta un análisis composicional de nutrientes de las semillas, nutrientes que pueden modificarse por diferentes condiciones y así alterar su valor composicional.

Por tanto, la presente investigación, evalúa el efecto de distintos tiempos de imbibición en variables agronómicas y nutricionales en semillas forrajeras y en cultivo en campo de: Trébol rojo *(Trifolium pratense), R*aigrass *(Lolium multiflorum), Avena (Avena sativa L.) y* Remolacha forrajera *(Beta vulgaris)*.

MATERIALES Y METODOS

El proyecto se realizó en la Granja experimental de Botana de la Universidad de Nariño, ciudad de Pasto, Colombia; y en el laboratorio de Investigación Probiotec-Forapis.

Materiales

Se utilizaron semillas de Trébol rojo (*Trifolium pratense*), Raygrass (*Lolium multiflorum*), Avena (*Avena sativa L.*) y Remolacha forrajera (*Beta vulgaris*) para la evaluación.

Las semillas fueron colocadas en recipientes plásticos (cajas Petri) y expuestas a hidratación con agua a diferentes horas de imbibición, así: Tratamiento 1: 0 horas de imbibición, Tratamiento 2: 8 horas de imbibición, Tratamiento 3: 16 horas de imbibición y Tratamiento 4: 24 horas de imbibición. Cada tratamiento tuvo tres repeticiones. Se utilizaron bandejas desechables con 50 semillas por especie en cada repetición. Las semillas fueron remojadas en agua potable según su tratamiento y luego sembradas. Se realizaron dos riegos diarios para evitar estrés hídrico. A los 15 días, se midió la altura promedio de las plántulas (en cm) para evaluar los efectos del tratamiento. Las variables respuestas determinadas fueron: número de semillas germinadas, porcentaje de germinación y mortalidad, altura de la plántula, tamaño de la raíz y análisis nutricional de las semillas.

La comparación de medias se realizó mediante un diseño completamente al azar, mediante el software estadístico InfoStat y las diferencias entre tratamientos se estimaron con la prueba de comparación de medias Tukey a un 5% de probabilidad.

RESULTADOS Y DISCUSION

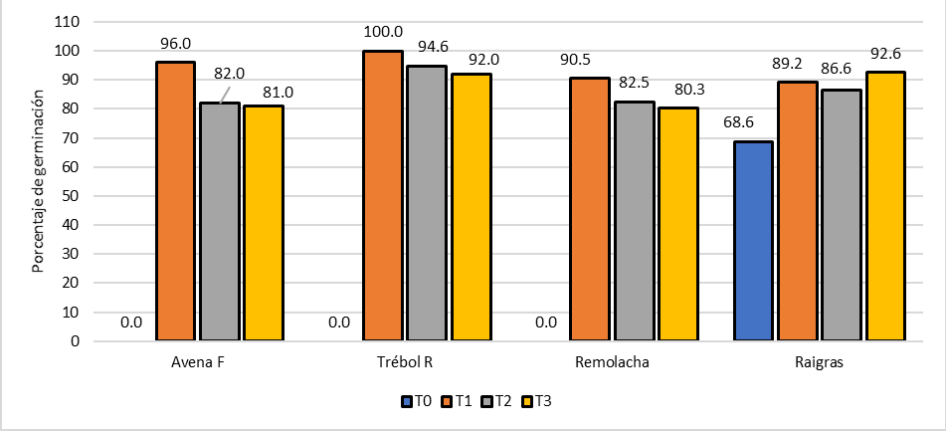


Figura 1. *Porcentaje de germinación.*

Tabla 1. *Variables bromatológicas.*

	SEMILLAS				FORRAJE			
ESPECIES	AF	TR	RF	R	AF	TR	RF	R
CENIZA	3,18	4,87	6,85	3,29	8,52	10,10	15,90	9,99
EXTRACTO ETEREO	6,48	9,30	4,39	1,88	4,00	4,23	3,23	4,66
FIBRA CRUDA	13,10	9,30	42,80	7,98	27,50	18,60	9,46	20,10
PROTEINA CRUDA	12,95	38,85	12,70	16,20	15,40	27,70	29,20	20,40
ENERGIA BRUTA (cal/g	4628	5026	4528,5	4542	4367	4392	3813	4370
FDN	30,75	23,00	56,05	22,35	48,80	25,90	16,30	38,30
FDA	15,35	13,20	41,80	10,60	29,80	16,80	10,40	22,60
LIGNINA	3,35	3,48	10,30	3,30	2,59	2,85	1,67	2,13
CALCIO	0,071	0,086	0,385	0,199	0,310	1,490	1,280	0,399
FOSFORO	0,297	0,574	0,229	0,415	0,414	0,365	0,451	0,472
MAGNESIO	0,119	0,322	0,366	0,151	0,320	1,100	1,890	0,340
POTASIO	0,638	1,575	1,150	0,963	1,850	1,840	2,670	2,730
AZUFRE	0,178	0,206	0,129	0,135	0,143	0,156	0,207	0,175
COBRE (mg/kg)	3,80	16,90	8,26	5,13	3,96	12,90	15,10	7,80
ZINC (mg/kg)	36,00	59,75	28,85	39,85	26,60	33,30	84,60	22,20
MANGANESO (mg/kg)	20,45	15,95	80,20	19,20	26,50	51,40	91,50	24,70
HIERRO (mg/kg)	32,50	371,50	35,20	26,50	32,40	138,00	100,00	63,60

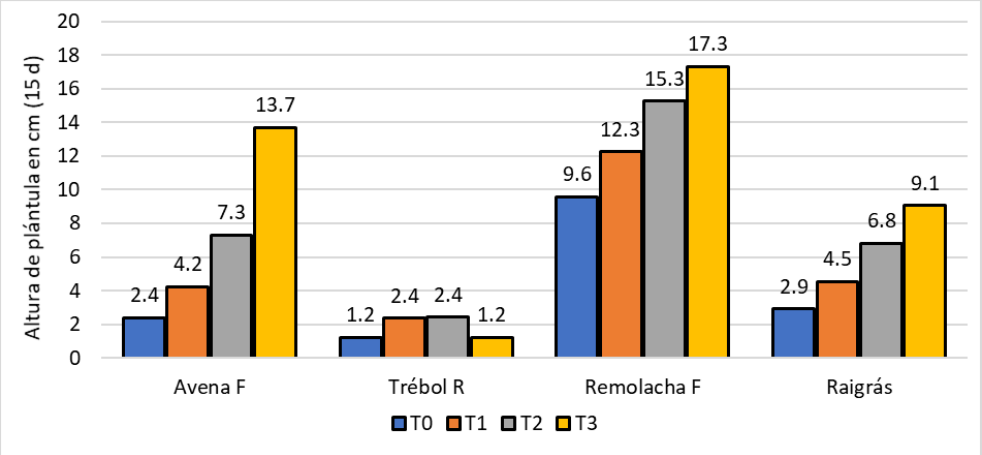


Figura 2. *Altura de plantas a los 15 días.*

CONCLUSIONES

Los resultados de este estudio demuestran que los tratamientos de riego e imbibición tienen un impacto significativo en la germinación y el desarrollo de las plántulas de avena forrajera y trébol rojo. Demostrando una imbibición de 4 horas como la mejor alternativa para el manejo de las semillas. Igualmente, se halló un valor importante en proteína de semillas y plantas de *Trifolium pratense*.

AGRADECIMIENTOS

Universidad de Nariño, Vicerrectoría de Investigación e interacción Social, Facultad

de Ciencias Pecuarias, Programa de Zootecnia, Grupo de Investigación PROBIOTEC-FORAPIS y su director, Fondo de granjas Universidad de Nariño Docentes Estudiantes Investigadores.

Bibliografia

Bobadilla Meléndez, M., Gámez Vázquez, A., Ávila Perches, A., García Rodriguez, J., Espitia Rangel, E., Moran Vázquez, N., Covarrubias Prieto, J. 2013. Rendimiento y calidad de semilla de avena en función de la fecha y densidad de siembra. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 4(7), 1-10.

Candela, A. 2025. Evaluación del efecto herbicida de productos bioactivos de origen vegetal sobre la germinación y el crecimiento inicial de *Lolium perenne* L. [Trabajo de Grado Pregrado] Universidad del Sur

Hernàndez-Quintero, N., Álvarez-Moreno, P. 2015. Evaluación Nutricional y Económica de diferentes Planes de Fertilización en Remolacha Forrajera (*Beta Vulgaris* L) para Alimentación de Bovinos. [Trabajo de Grado de Pregrado], Universidad de la Salle. En: http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/_2015.pdf.

Rodríguez-Herrera, S., Salgado-Ramírez, O., García-Rodríguez, G., Cervantes-Ortiz4, F., Figueroa-Rivera, M., Mendoza-Elos, M. 2020. Fertilización química y orgánica en avena: rendimiento y calidad de la semilla. Agronomìa Mesoamericana, 31(3), 567-579.



CV-22. Búfalo de agua en Cuba: Actualidad y perspectiva para el desarrollo productivo en la cadena de valores de la leche y carne de búfalos

Water buffalo in Cuba: Current status and outlook for productive development in the buffalo milk and meat value chain

D. Moré Oduardo[1*] *y J. Rodríguez García*[2]

[1]Dirección de Ganadería, Ministerio de la Agricultura, Cuba

[2]Dirección de Genética, Ministerio de la Agricultura, Cuba

[*]Correspondencia a: espbufalo1@oc.minag.gob.cu, damianmoreo72@gmail.com

RESUMEN

A nivel internacional la crianza del Búfalo de agua (*Bubalus bubalis*) ha tomado un auge notable, especie más resistente a las enfermedades y que se adapta muy bien a terrenos y condiciones hostiles. Desde el año 1983 se produjo la primera importación de búfalos de agua (*Bubalus bubalis*) a Cuba, por una donación de Panamá, al verse las potencialidades de esta especie, se decidió comenzar a importar masivamente búfalos de diferentes destinos, la masa bufalina comienza a crecer anualmente hasta que se detiene su incremento en el 2010, año en que inicia un decrecimiento que se logra detener al cierre del 2024. El grupo de trabajo para el desarrollo del programa del búfalo tiene la responsabilidad de lograr que verdaderamente se expresen las potencialidades de esta excepcional especie dentro de la ganadería y por tanto lograr la producción de más alimentos (leche y carne y sus derivados). Por lo que las acciones que se acometen para cumplir con las políticas trazadas para el desarrollo de la especie, el aumento entre la población del conocimiento de las cualidades de la especie, la mejora del manejo y la aplicación de la genética, contribuirán al incremento definitivo del rebaño bubalino en el país, de manera exponencial para el año 2030. Lo cual contribuiría al desarrollo local de cada territorio donde se crie la especie, incidiendo significativamente en el cumplimiento de la Ley de soberanía alimentaria y seguridad alimentaria y nutricional.

Palabras clave: *bubalus bubalis, búfalo, genética, potencialidades*

ABSTRACT

At the international level, the breeding of Water Buffalo (*Bubalus bubalis*) has gained notable momentum, being a species more resistant to diseases and that adapts very well to hostile terrains and conditions. Since 1983, the first importation of water buffalo (*Bubalus bubalis*) to Cuba occurred through a donation from Panama. Upon recognizing the potential of this species, a decision was made to start mass importing buffaloes from different sources. The buffalo population began to grow annually until its increase halted in 2010, the year when a decline began, which was managed to be stopped by the end of 2024. The working group responsible for the development of the buffalo program has the task of ensuring that the true potential of this exceptional species is expressed within livestock farming and thus achieve the production of more food (milk, meat, and their derivatives). Therefore, the actions undertaken to comply with the outlined policies for the development of livestock. The species, the increase in the population's awareness of the species' qualities, the improvement in management, and the application of genetics will contribute to the definitive increase of the buffalo herd in the country, exponentially by the year 2030. This would contribute to the local development of each territory where the species is raised, significantly impacting the compliance with the Law of Food Sovereignty and Food and Nutritional Security.

Keywords: *bubalus bubalis, buffalo, genetics, potentialitie*

INTRODUCCIÓN

A nivel internacional, la crianza del búfalo de agua (*Bubalus bubalis*) ha tomado un auge notable. En vista de sus características y rusticidad, es llamado el oro negro de la ganadería, (Reyes-Sandoval *et al.* 2023). El búfalo de agua produce carne y leche y también desempeña trabajos de tiro o tracción, por su capacidad de adaptación, presenta ventajas productivas frente al ganado vacuno *Bos taurus* y *Bos indicus* (Campanile *et al*. 2016).

Tiene dos tipos o subespecies: el búfalo de río (*Bubalus bubalis*) y el búfalo de pantano (*Bubalus carabensis*) (Reyes-Sandoval *et al.* 2023).

Tiene muchas ventajas, como son su gran docilidad y mansedumbre, por lo que son fáciles de manejar por personas de todas las edades. Son muy inteligentes y con gran capacidad para aprender buenos y malos hábitos (Almaguer 2007). El búfalo de agua ha demostrado tener una notoria adaptabilidad y logra establecerse donde otros animales no lo consiguen, tanto en zonas con temperaturas que van desde 0° hasta 45°C en terrenos llanos o montañosos como en climas templados, secos y tropicales lluviosos (Romero y Pérez 2014).

Su longevidad es entre tres y cuatro veces mayor que la del vacuno. Puede vivir entre 20 a 30 años y tener una vida reproductiva útil de 18 a 20 años. Si cuentan con un buen manejo reproductivo pueden producir hasta 17 terneros, además las hembras son excelentes nodrizas (Almaguer 2007).

La carne de búfalo de agua tiene algunas ventajas sobre la del ganado vacuno, *B. taurus* o *B. indicus*, como un menor contenido de colesterol y grasa, características de procesamiento mejores y sus propiedades organolépticas son similares a las de la carne de res. Además, su leche también es muy apreciada por su alto contenido graso y proteico (Ali *et al.* 2016).

Con relación a la producción láctea, los búfalos de agua tienen algunas ventajas físicas y fisiológicas, entre ellas destacan que la hembra casi no desarrolla mastitis gracias a sus características anatómicas y fisiológicas que crean barreras que evitan la penetración de microorganismos. La leche del Búfalo de agua tiene entre 6-16% de grasa, representando 30 y 40% más calorías y 17 a 24% menos colesterol que la leche vacuna. Además, cuenta con menor concentración de agua. El color también es diferente, ya que es más blanca porque tiene menor cantidad de carotenos que la bovina. Por su alta calidad, sabor dulce y agradable apariencia, los productos lácteos a base de leche de este animal son muy cotizados en el mercado. De esta leche se producen excelentes quesos mozzarella, quesos frescos o madurados, dulces, natilla, yogurt, manteca y dulce de leche (Almaguer 2007).

El 13 de mayo del año 1983 se realiza la primera importación de búfalos a Cuba, 27 cabezas de la raza Bufalipso, por un obsequio del presidente panameño Omar Torrijos a nuestro comandante en jefe. A partir de las primeras producciones de estos ejemplares y con la visión larga que caracterizaba al comandante, se decide comenzar a importar búfalos de otros destinos: Trinidad Tobago (252 cabezas raza Bufalipso) y Australia (2705 cabezas raza Carabao), para un total de 2984 cabezas.

Estableciéndose políticas para garantizar el desarrollo del programa bufalino adecuadamente al comprender que utilizar esta especie para ganadería contribuiría al desarrollo.

Por lo que en este trabajo realizamos una actualización de la existencia de la masa bubalina en el país y el comportamiento desde el 1998 hasta el 2024, estimándose como sería el comportamiento de la masa hasta el 2030, aprovechando las potencialidades biológicas de esta especie y aplicando un manejo adecuado, lograríamos alcanzar el correspondiente incremento en la producción de leche y carne. Por lo que se lograría la protección del derecho a la alimentación sana y adecuada de las personas de manera sostenible y resiliente.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para este trabajo empleamos los datos correspondientes a la información oficial del registro de control pecuario trabajando en el tabulador excel para realizar los gráficos y tablas, para mostrar los resultados actuales hasta el cierre del 2024 y realizar el comportamiento de la masa bubalina del país desde el 1998 hasta la fecha y realizar las comparaciones porcentuales entre las provincias y las estructuras empresariales que manejan la especie.

De igual manera se estiman el comportamiento perspectivo de la masa hasta 2030 basándonos en llegar al 80% de natalidad de las búfalas, incluyendo el 15 % de bajas por las diferentes causas y valorando que el 50% de los nacidos sean hembras y las incorporaciones a la reproducción de las buvillas al 30%.

Para estimar la producción de leche estimamos un valor de 3 litros por búfalas y para la carne a 350 kg de peso vivo a sacrificio.

Todos los valores son conservadores teniendo en cuenta que no debe haber un incremento brusco según las condiciones que tenemos para la explotación en las instalaciones de Cuba.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la figura 1 se muestra las provincias con mayor número de búfalos en Cuba

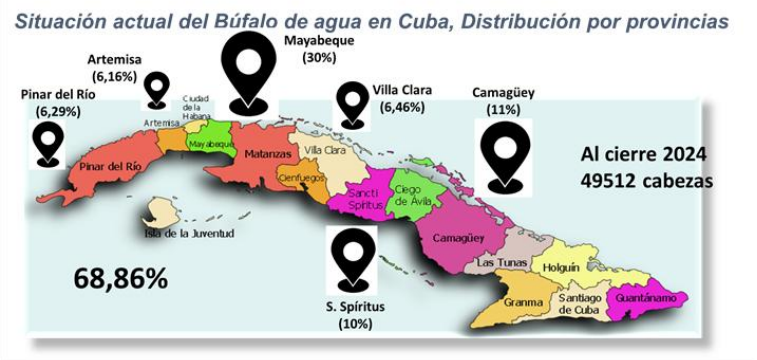


Figura 1. Existencia de búfalos en el país al cierre 2024



Al cierre del 2024 se cuenta con 49 mil 512 cabezas, se creció en 548 ejemplares comparado con el cierre del 2023.

Este programa está representado en todas las provincias del país y en el Municipio Especial Isla de la Juventud. Por provincias, los principales rebaños están concentrados en Mayabeque con 14 mil 640 cabezas lo que representa el 30% del total de la masa, Camagüey con 5 mil 215 cabezas el 11%, Sancti Spíritus cuenta con 4 mil 882 para el 10%, Villa Clara con 3 mil 200 cabezas representando el 6,46%, Pinar del Río con 3 mil 113 cabezas el 6,29% y Artemisa con 3 mil 048 para el 6,16%. En estas 6 provincias está el 69% de la masa bubalina del país

Por lo que Mayabeque es la provincia locomotora del programa, todo lo que suceda en esta provincia influirá de manera significativa en el desarrollo del búfalo en el país.

En la tabla 1, se muestra esta proporción entre las estructuras empresariales, siendo el grupo Ganadero (GEGAN) el que tiene la mayor masa de animales con el 40% y el Grupo empresarial Agroforestal Mayabeque, el segundo con más búfalos en Cuba con el 27%. seguido por una nueva estructura que responde a la territorialidad y a la Ley de Soberanía Alimentaria, las empresas municipales con el 14%.

Tabla 1. Proporción de la masa bubalina en las estructuras empresariales

OSDES	% de la masa total
GEGAN	**40**
Grupo Mayabeque	**27**
Empresas Municipales	**14**
F y F	6
UAM	3,5
Grupo Artemisa	3,4
AGROMIN	2,1
AZCUBA	1,9
GAF	1,4
OE	0,8
GAG	0,2
GAV	0,1

En la figura 2 se observa el comportamiento de la masa bubalina desde el 1998 hasta la fecha en la que observamos un incremento inicial hasta el 2010, desde cuando se inicia un decrecimiento de la masa hasta el cierre 2024 cuando se incrementa levemente el número de cabezas en el país.

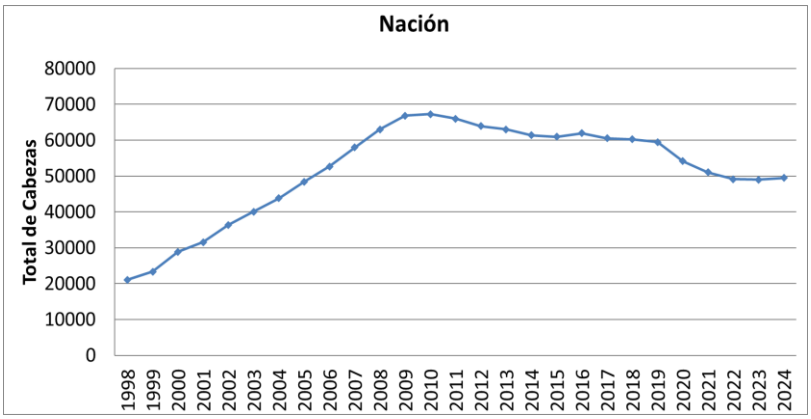


Figura 2. Comportamiento de la masa de búfalos en el país desde del 1998 hasta el 2024

Para lo que tenemos que trazar estrategias de trabajo con la especie haciendo cumplir las políticas establecidas para el programa del búfalo en el país y así lograr el sostenido incremento de la masa.

En la figura 3 se muestra el sostenido crecimiento de la masa hembra en reproducción de 13688 a 28922 búfalas, lo que influirá en el exponencial desarrollo de la masa total hasta 2030, para lo cual estimamos un crecimiento por encima de los 8500 cabezas total de la masa como se muestra en la figura 4.



Figura 3. *Perspectivas de desarrollo del Búfalo de agua en Cuba con 80% natalidad.*

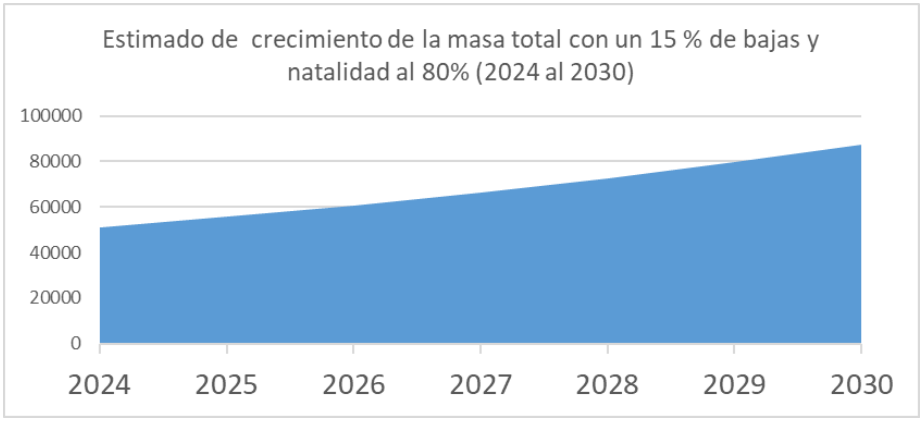


Figura 4. *Estimado de crecimiento con 15 % de bajas y natalidad 80% hasta 2030*

La figura 5 muestra el estimado de producción de leche teniendo en cuenta el incremento de las hembras en reproducción con un promedio de 3 litros de leche por búfalas, lo cual se alcanzará un incremento de la producción de leche en 5 años, 3 veces por encima de lo producido en el 2024.

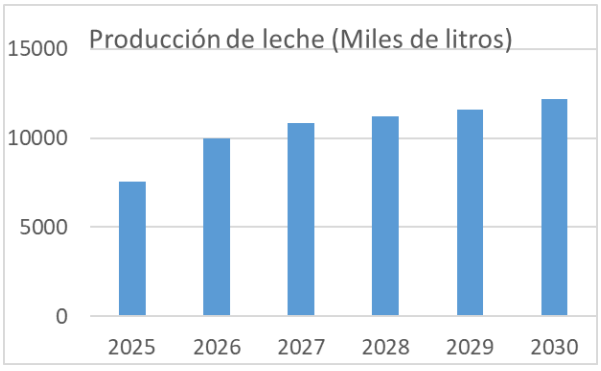


Figura 5. Estimado de producción de leche hasta 2030

De igual manera en la figura 6 se muestra el estimado de producción de carne teniendo en cuenta el incremento de los machos en ceba con un peso promedio de 350 kg de peso vivo al sacrificio, lo cual se alcanzará un incremento en 5 años de un 2,2 veces lo que se produjo al cierre del 2024, con más de 3000 toneladas de carne.

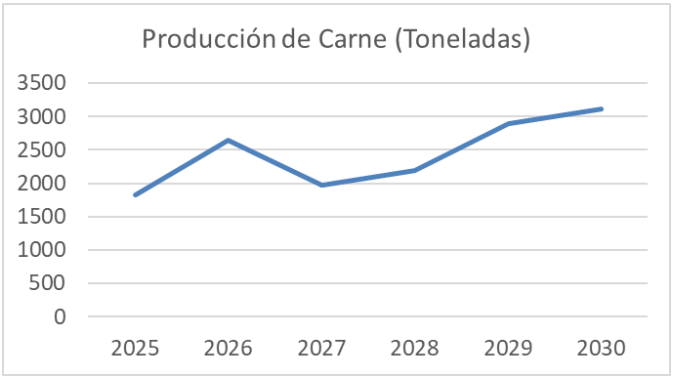


Figura 6. *Estimado de producción de carne hasta 2030*

CONCLUSIONES

- En el comportamiento de la masa de búfalos en el país se observa un incremento desde el 1998 hasta el 2010, siendo este el momento de máximo total de cabezas.
- Se observó un decrecimiento en la masa total de búfalos desde el 2010, la que se detuvo al cierre del 2024, cuando se crece en 548 cabezas.
- De cumplir con las estrategias de trabajo con la especie se logrará retomar el incremento de la masa bubalina por encima de lo alcanzado en el 2010, a más de 80500 cabezas en el 2030.
- En correspondencia con el incremento de la masa de búfalos se logrará triplicar la producción de leche y duplicar la de carne de búfalos para el 2030

Bibliografía

Ali, Z., Waheed, A., Iqbal, H., Siddiqui, S., Parveen, Z. 2016. Trans-fat, fatty acids and characteristics of slaughtered buffalo waste fat by edible rendering. Buffalo Bulletin 35(2). https://kuojs.lib.ku.ac.th/index.php/BufBu/article/view/1291

Almaguer, P.Y. 2007. El búfalo, una opción de la ganadería. Rev. electrón. vet. http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n080807.html

Campanile, G., Neglia, G., D'Occhio, M.J. 2016. Embryonic and fetal mortality in river buffalo (*Bubalus bubalis*). Theriogenology 86, 207-213.

Reyes-Sandoval, R.M., Romero-Salas, D., Vicente-Martínez, J.G. 2023. El Búfalo de agua *Bubalus bubalis*: una alternativa para aprovechamiento Bioagrociencias 16 (1), 57-63. DOI: http://doi.org/10.56369/BAC.4844

Romero, S.D., Pérez, L.A.A. 2014. Logros y desafíos de la ganadería doble propósito. Bubalinocultura en México: retos de industria pecuaria naciente. Gonzales-Stagnaro, N. Madrid-Bury, E. Soto-Belloso (eds) Fundación GIRARZ. Ediciones Astro Data S.A. Maracaibo, Venezuela Cap. LXXIV 707-715.

CV-23. Evaluación genética de búfalas para producción lechera en la región occidental de Cuba

Genetic evaluation of buffalos for dairy production on Cuban western region

L. Aguiar[*]*; Y. García; L.M. Fraga y M. Mora*

Instituto de Ciencia Animal. Carr. Central km 471/2. Apartado postal 24. Mayabeque. La Habana. Cuba.

[*]Correspondencia a: leonelaguiarcaballero@gmail.com

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar genéticamente el Buffalypso y sus mestizos para rasgos de producción lechera en las condiciones ambientales de la región occidental de Cuba. Se estimaron los parámetros genéticos de los siguientes rasgos: producción de leche acumulada hasta 244 días, duración y persistencia de la lactancia y producción de leche en el día de control de búfalas pertenecientes a las EPG "El Cangre" y "Los Naranjos". Los datos fueron tomados de 5000 lactancias de 1377 búfalas mestizas (Buffalypso x Carabao), entre los años de parto 2006-2020. Para la estimación de los componentes de varianza se utilizó el método de máxima verosimilitud restringida (REML), desarrollado dentro del WOMBAT (2006), a través de un modelo animal, en análisis multirasgo. La heredabilidad para producción de leche fue de 0.15±0.04, persistencia de 0.21±0.06, duración de la lactancia de (0.13±0.06) y PDC varió entre 0.09 a 0.21. La correlación genética entre la producción de leche y la duración de la lactancia fue de 0.63, entre la persistencia y la producción de leche y duración de lactancia fue de 0.38± 0.12 y 0.50 ± 0.14, respectivamente. Entre las PDC y la PL244 fueron altas y positivas con valores comprendidos entre 0.80 a 0.98. Las heredabilidades estimadas para los diferentes rasgos varían siendo medias en algunos casos, por lo que es posible obtener ganancias genéticas mediante la selección.

Palabras clave: *búfalo, evaluación genética, leche.*

ABSTRACT

The objective of this study was to genetically evaluate the Buffalo and its crossbreeds for dairy production traits under the environmental conditions of western Cuba. Genetic parameters for the following traits were estimated: cumulative milk production up to 244 days, lactation duration and persistence, and milk production on the day of inspection in buffaloes belonging to the "El Cangre" and "Los Naranjos" EPGs. Data were taken from 5,000 lactations of 1,377 crossbred buffaloes (Buffalypso x Carabao), between the calving years 2006 and 2020. The restricted maximum likelihood (REML) method, developed within WOMBAT (2006), was used to estimate variance components using an animal model in multitrait analysis. The heritability for milk production was 0.15 ± 0.04, persistence 0.21 ± 0.06, lactation duration 0.13 ± 0.06, and PDC ranged from 0.09 to 0.21. The genetic correlation between milk production and lactation duration was 0.63, and between persistence and milk production and lactation duration were 0.38 ± 0.12 and 0.50 ± 0.14, respectively. Heritability was high and positive between PDC and PL244, with values ranging from 0.80 to 0.98. The estimated heritabilities for the different traits varied, being medium in some cases, making genetic gains possible through selection.

Keywords: *buffalo, genetic evaluation, milk*.

INTRODUCCIÓN

La lechería bubalina, se posiciona actualmente como una alternativa pecuaria promisoria en las difíciles condiciones de crisis económica en países de América Latina y el Caribe. En la última década, diversos países han realizado acciones para desarrollar programas de selección con el fin de identificar y diseminar en los rebaños, los individuos probados como superiores en las características de mayor importancia económica.

Es importante tener en cuenta, las heredabilidades de los rasgos a seleccionar y las correlaciones entre los mismos, de esta manera podemos maximizar la respuesta esperada en interacción con el medio ambiente. Por lo que nos propusimos evaluar genéticamente el *Buffalypso* y sus mestizos para rasgos de producción lechera en las condiciones ambientales de la región occidental de Cuba en búfalas mestizas (gradaciones variables de *Buffalypso* x *Carabao*).

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron 5000 lactancias de 1377 búfalas mestizas (gradaciones variables de *Buffalypso x Carabao*), nacidas en el período de 2006 a 2020, pertenecientes a la EPG "El Cangre" y los "Los Naranjos", Cuba. En la preparación y descripción de los datos se utilizó el paquete estadístico SAS (2013).

Para la estimación de los componentes de varianza se utilizó el método de máxima verosimilitud restringida, desarrollado dentro del WOMBAT (2006). Se utilizó un modelo animal, en análisis multicaracterístico, se estimaron los parámetros genéticos de los siguientes rasgos: producción de leche acumulada hasta 244 días, duración y persistencia de la lactancia y producción de leche en el día de control de búfalas. El modelo incluyó los efectos fijos de grupo de



contemporáneo y los efectos aleatorios genético aditivo y residual. El grupo de contemporaneo estuvo definido por rebaño, año de pesaje y semestre de pesaje (1: enero-junio y 2: julio-diciembre).

En notación matricial, el modelo general puede ser descrito como: y = Xß + Za + e**;** donde **y** es el vector observación; **X**, es la matriz de incidencia de los efectos fijos (grupo de contemporáneos); **ß,** es el vector solución para los efectos fijos; **Z,** es la matriz de incidencia de los efectos genéticos aditivos directos; **a**, es el vector solución para los efectos genéticos aditivos directos y e es el vector de los errores aleatorios asociados a las observaciones.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El estimado de heredabilidad para producción de leche fue de 0.15±0.04. Valores superiores fueron observados por Tonhati *et al*. (2008) y similares fueron informados por Malhado *et al*. (2009) con la raza *Murrah* en *Brasil*. El resultado encontrado en este estudio puede ser consecuencia de la poca selección realizada por vía de las hembras, puesto que en los años de explotación de la especie en el país el objetivo fundamental ha sido el crecimiento del rebaño. Es necesario intensificar la selección mayor progreso genético en el programa de mejoramiento genético de la especie en el país.

En el caso de la duración de lactancia el estimado de heredabilidad fue de 0.13±0.06 y para persistencia de la lactancia se encontró un valor de 0.21±0.06, valores considerados de bajo a medio, respectivamente. La correlación genética entre la producción de leche y la duración de la lactancia fue de 0.63, aunque alta y positiva. La correlación genética entre la persistencia y la producción de leche y duración de lactancia fue de 0.38± 0.12 y 0.50 ± 0.14, respectivamente (tabla 1).

Tabla 1. *Correlaciones genéticas entre las características de persistencia, producción de leche acumulada a los 244 días de lactancia y duración de la lactancia.*

	P 2:1	PL244	DL
P2:1	1		
PL244	0.38	1	
DL	0.50	0.63	1

Al analizar las medias de producción en cada control, se pudo observar (tabla 2) que oscilaron entre 4.06 kg para el primer pesaje, alcanzando la mayor producción en el segundo control con 4.21 kg y el valor mínimo (2.16 kg) en el noveno. Valores superiores fueron obtenidos por otros autores en la raza *Murrah* y sus mestizos (Tonhati *et al*. 2008), lo que pudo deberse a las diferencias en los sistemas de manejo, alimentación e intensidad de selección a la que han estado sometidos esas razas.

Tabla 2. *Medias (kg), desviación estándar (DE) y coeficientes de variación (CV) de la producción en el día de control.*

Control	Medias(kg)	DE	CV (%)
1	4.06	1.14	28.32
2	4.21	1.09	26.52
3	3.94	1.08	27.61
4	3.58	1.13	31.76
5	3.20	1.12	35.03
6	2.88	1.09	37.98
7	2.51	1.03	41.18
8	2.27	1.08	47.95
9	2.16	1.08	50.55

Las bajas producciones observadas en este estudio pudieron deberse a factores genéticos como el genotipo de las búfalas (*Buffalypso* y sus mestizos) sometidas a poca intensidad de selección y utilización de sementales no probados por un largo período. En cuanto a los factores ambientales, se destacan las pasturas naturales que predominaban en esas unidades que eran de mala calidad. Además, en la época de seca, por lo general estas pasturas no cubren los requerimientos nutricionales de los animales, por lo que es necesario buscar alternativas para este déficit alimentario como: bancos de biomasa para pastoreo, sistemas silvopastoriles, caña de azúcar y forraje utilizado como corte y acarreo y suplementación estratégica.

Las varianzas genéticas aditiva y de ambiente permanente estimadas fueron mayores al inicio de la lactancia y disminuyen paulatinamente hasta el final de la misma (tabla 3). Las varianzas genéticas aditivas variaron de 0,071 a 0,127. Similares resultados fueron obtenidos por Hurtado-Lugo *et al*. (2009) en búfalas colombianas. Las varianzas residuales se encontraron menores al principio de la lactancia aumentando hacia el final de la misma (tabla 2). Resultados diferentes fueron reportados por Hurtado-Lugo *et al.* (2009) observando que fueron bajas al principio y al final de la lactancia aumentando hacia la mitad de la misma. Las diferencias encontradas en estos estudios pueden ser atribuidas al tipo de polinomio de legendre empleado en cada uno.

Tabla 3. *Estimados de varianza genética aditiva (σ^2_a), de ambiente permanente (σ^2_{ap}), fenotípicas (σ^2_p), residuales (σ^2_e) y heredabilidades (h^2) para las producciones de leche en el día del control (PLDC).*

PLDC	σ^2_a	σ^2_{ap}	σ^2_p	σ^2_e	h^2
30	0,119	0,309	0,599	0,171	0,19
60	0,124	0,311	0,595	0,160	0,20
90	0,127	0,334	0,611	0,150	0,21
120	0,117	0,331	0,663	0,215	0,17
150	0,115	0,302	0,612	0,195	0,18
180	0,101	0,293	0,597	0,223	0,16
210	0,094	0,287	0,692	0,311	0,13
240	0,112	0,327	0,862	0,423	0,12
270	0,071	0,272	0,824	0,481	0,09

Las estimativas de heredabilidad obtenidas para las PDC variaron de 0,09 a 0,21 (tabla 2), presentándose las mayores heredabilidades hacia el inicio de la lactancia. En búfalos lecheros brasileros se observaron estimativas semejantes (Aspilcueta-Borquis *et al*. 2010) y valores superiores se informaron por Hurtado-Lugo *et al*. (2009) en búfalas colombianas, estos últimos estimaron heredabilidades que variaron desde 0,23 a 0,47, aunque se presentaron las mayores en el inicio de la lactancia como ocurrió en este estudio.

Las correlaciones genéticas entre las PDC disminuyeron su valor a medida que fue aumentando la distancia entre los diferentes controles. En el caso de la PL244 y las PDC fueron altas y positivas (0.80 a 0.98). Estos resultados coinciden con lo encontrado por Aspilcueta-Borquis *et al*. (2010) en búfalos brasileros.

CONCLUSIONES

Las heredabilidades estimadas para los diferentes rasgos varían de bajas a medias.

El estimado de heredabilidad para PDC más alta se encontró en el tercer mes de control (0.21).

Los resultados obtenidos en este trabajo permiten considerar que la selección para producción de leche propiciaría el aumento de la duración de lactancia, así como, que con el incremento de esta última se logran cambios positivos en la persistencia de la lactancia.

La correlación genética entre la PDC en el tercer control y la PL244 tuvo un valor de 0.98, lo que sugiere que es posible realizar selección para este rasgo, esto permite disminuir el intervalo generacional.



Bibliografía

Aspilcueta, R., Bignardi, A.B., Seno, L., Camargo, G., Muñoz-Berrocal, M., Albuquerque, L., Di Palo, R., Tonhati, H. 2010. Genetic parameters for milk yield analyzed by test-day models in Murrah buffaloes in Brazil. Italian Journal of Animal Science. 9 (34), 179-182.

Hurtado-Lugo, N., Cerón-Muñoz, M.F., Gutiérrez-Valencia, A. 2009. Estimación de parámetros genéticos para la producción de leche en el día del control en búfalos de la Costa Atlántica Colombiana. [En línea] Disponible en: *http://www.cipav.org.co.htm*. Livestock Research for Rural Development. Consulta: [10 de marzo de 2011].

Malhado, C.H., Ramos, A., Carneiro, P., Azevedo, D., Affonso, P., Pereira, D., Souza, J. 2009. Estimativas de parâmetros genéticos para características reprodutivas e produtivas de búfalas mestiças no Brasil. Rev. Bras. Saúde Prod. An.,10 (4), 830-839

SAS 2013. SAS User's guide: Statistics. SAS. Institute. INC, Cary, N.C., USA.

Tonhati, H., Cerón-Muñoz, M., de Oliveira, A.J., El Faro, L., Ferreira Lima, A.L., Galvão de Albuquerque, L. 2008. Test-day milk yield as a selection criterion for dairy buffaloes (*Bubalus bubalis* Artiodactyla, Bovidae). Genetics and Molecular Biology, 31 (3), 674-679.

CV-24. Estudio comparativo de monocultivo con *Megathyrsus maximus* y concentrado contra un sistema silvopastoril *Megathyrsus maximus y Leucaena leucocephala* para la producción de leche

Comparative study of monoculture with *Megathyrsus maximus* and concentrate versus a silvopastoral system with *Megathyrsus maximus* and *Leucaena leucocephala* for milk production

F. A. L. García Soldevilla

Instituto de investigaciones de Pastos y Forrajes. Boyeros La Habana Cuba 10800.

Correspondencia a: franciscogarciasoldevilla2017@gmail.com

RESUMEN

Para estudiar el efecto del nivel de concentrados sobre la eficiente utilización del pastizal y Sistema Silvopastoril de *Leucaena leucocephala* cv Cunninghan sobre *Megathyrsus maximus* para la producción de leche. Sobre un suelo Ferralítico Rojo Típico, Las precipitaciones promedio del periodo de evaluación representaron el 87.1, 90 y 87.8 % para las épocas y total anual, las temperaturas máximas en lluvias y seca representaron el 102.9% y 103.7 % del promedio anual, así mismo el promedio de las temperaturas mínimas para lluvias, seca y promedio anual fueron 108.3, 97.7 y 103.6 % la temperatura promedio anual fue 104.6 % y 87.8 % en el total anual, un suelo ferralítico rojo típico con un contenido de 4.08% materia orgánica (MO), pH de 7.5, 1.23 meq/100 g fósforo y 3.20meq/100 g de potasio , se estudiaron los tratamientos, A- pastoreo en Megathyrsus +0.5 kg a partir del 5to por cada litro producido, B- pastoreo en Megathyrsus +0.5 kg a partir del 8vo por cada litro producido y C- Sistema Silvopastoril sin concentrado Sobre un pastoreo de Megathyrsus en condiciones de secano y una fertilización orgánica de 30 t /ha/año, con carga de 3 vacas por ha. Los animales utilizados Siboney de Cuba (5/8 Holstein x 3/8 Cebú) con producciones entre 12 y 16 kg. de leche de 30 a 90 días de lactancia y de 2 a 5 lactancias, distribuidas en un diseño cuadrado latino balanceado para la determinación de efecto residual. con período de adaptación de 14 y 16 días y tomas de datos de 7 y 8 días para lluvia y seca, con ciclos de rotación de 21 y 28 días y tiempo de ocupación de 3 y 4 días en primavera y seca respectivamente. No se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos en producción de leche /días, ha y total. Así mismo se pudo constatar que los tratamientos con suplementación concentrada alcanzaron 11.7 y 12.9 kg/vaca/día en el lluvioso y el Sistema Silvopastoril sobre *Megathyrsus maximus* 9.66 a 12.7 kg /V/día seca y lluvias respectivamente. Se presentan información sobre él % utilización del pasto, hoja y altura, composición botánica, consumo de pasto y valor bromatológico. Se concluye que con pastos de alta disponibilidad y calidad el suministro de concentrados no es económico y un Sistema Silvopastoril Megathyrsus – *Leucaena leucocephala* mantuvo una producción de leche sin suplementación con concentrados.

Palabras clave: *composición botánica, % utilización, consumo y disponibilidad.*

ABSTRACT

The study of concentrate level effect on grassland efficient utilization in a *Leucaena leucocephala* cv Cunninghan and Megathyrsus máximus for milk production was the objective. Treatments on study were: A) Megathyrsus + 0.5 kg of concentrate from fifth litter produced, B)- Megathyrsus + 0.5 kg of concentrate eight litter produced. C) - Silvograzing system with Leucaena leucocephala without concentrates. All treatments on a *Megathyrsus maximus* grazing system without irrigation and an organic fertilization with 30 t /ha/year with a stocking rate of 3 cows/ha. Animals were from Siboney de Cuba (5/8 Holstein x 3/8 Cebu). With milk production between 12 to 16 litters and 30 to 90 days on lactation period and 2 to 5 lactations, distributed in a balanced Latin Square design for residual effect determination, with 14-16 days of adaptation and 7-8 days for collection for rainy and dry season, respectively, with rotation cycles of 21 to 28 days and occupation from 3 to 4 days, in rainy and dry season, respectively. No significant differences were found between treatments in milk production per day ha and total. The treatments with concentrate supplementation reached 11.7 and 12.9 kg of milk /day in rainy season and the silvograzing system on *Megathyrsus maximus* 9.66 a 12.7 kg /animal /day in dry and rainy season respectively. Information about utilization percentage of grass, leaves, botanic composition, high, grass intake and nutritive value are presented. It is concluded that with high availability and quality of pastures concentrate supplementation is not economic and that a silvograzing system with Megathyrsus – *Leucaena leucocephala* mantened milk production without concentrate supplementation

Keywords: *botanic composition, utilization and pasture availability*

INTRODUCCIÓN

La ganadería históricamente es una fortaleza y brinda múltiples oportunidades a sus protagonistas, asociados, clientes y beneficiarios por su papel esencial en las tradiciones y arraigo popular y cultural de los ganaderos, además aporta muchos productos útiles naturales y manufacturados, además de la leche y la carne y todos sus derivados y eso potencia su importancia económica y en la nutrición humana; en otra vía, son muchos los autores que señalan a los sistemas de producción animal en pastoreo como un importante promotor del deterioro de los principales recursos naturales, entre ellos citan la erosión y compactación de los suelos; la alteración del relieve; la uniformidad genética de pastizales y sabanas; la tala de árboles; la disminución de la diversidad biológica; la contaminación de aguas superficiales,



subterráneas y suelos cuándo la producción se realiza en confinamiento la alta demanda de energía y agua y la agresión al medio ambiente es bien notorio (Bennett y Hoffmann, 1992; Veldkamp,1993; Kaimowitz, 1996; Murgueitio, 1999; 2002; 2003; Machado y Martín, 2002; de la Colina, 2005; Acosta *et al.*, 2006). En estos tiempos se han introducido sistemas amigables con la naturaleza y el hombre, por ejemplo, la introducción de los sistemas Silvopastoril juega un papel importante en el incremento de las producciones agropecuarias en lo fundamental en la Ganadería, entre sus beneficios están en el incremento en la producción del leche y carne propiciando incrementos en el valor de la proteína bruta y energía de los pastos acompañantes, conservación de la humedad en el suelo, los árboles y arbustos captan el CO_2 y liberan O_2 al medio y reciclan Carbono y minerales a través de las hojas depositadas en el pastizal. El fomento de los SSPi o Bancos de proteína disminuyen el uso de los concentrados escasos y caros, mejora las condiciones ambientales, la biodiversidad, la calidad de las aguas subterránea y superficial.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para estudiar el efecto del nivel de Concentrados sobre la eficiente utilización del pastizal y Sistema Silvopastoril sobre la producción de leche se estudiaron los Tratamiento A) Pastoreo en Megathyrsus + 0.5 kg de concentrado a partir del 5to litro producido; Tratamiento B) Pastoreo en Megathyrsus + 0.5kg de concentrado a partir del 8vo por litro producido. Tratamiento C) Sistema silvopastoril *Megathyrsus maximus y Leucaena leucocephala* sin suplementación. En condiciones de secano y una fertilización orgánica de 30t/ha/año diferido 60 y 40% lluvia y seca respectivamente, con carga de 3 vacas por ha. Los animales utilizados fueron cruces raciales 5/8 Holstein x 3/8 Cebú con producciones entre 12 y 16 kg de leche de 30 a 90días de lactancia y de 2 a 5 lactancias, distribuidas en un diseño Cuadrado Latino balanceado para la determinación de efecto residual con período de adaptación de 14 y 16días y tomas de datos de 7 y 8 días para lluvia y seca, con ciclos de rotación de 21 y 28 días y tiempo de ocupación de 3 y 4 días en primavera y seca respectivamente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La población de los potreros se presenta como una comunidad diversa, toda vez que se encuentran en su composición botánica Megathyrsus, pasto estrella, leguminosas herbáceas asociadas y la Leucaena. La composición botánica en los pastoreos en monocultivo de Megathyrsus mantuvo niveles entre ellos superiores al 50 % en periodo poco lluvioso y lluvioso desde 55 a 79 %, en el sistema silvopastoril se mantuvo en 30 % promedio, en los tratamientos B y C existía leguminosas entre 3.6y8.1% y 10 y 11.5% en el silvopastoril.

Tabla.1 *Composición botánica (%) por época y Tratamiento*

Especies	**Época poco lluviosa**			**Época lluviosa**		
Tratamientos	Megathyrsus + 0.5 kg de concentrado a partir del 5to litro	Megathyrsus + 0.5kg de concentrado a partir del 8vo	Sistema silvopastoril *Megathyrsus maximus y Leucaena leucocephala* sin suplementación C	Megathyrsus + 0.5 kg de concentrado a partir del 5to litro A	Megathyrsus + 0.5kg de concentrado a partir del 8vo B	Sistema silvopastoril *Megathyrsus maximus y Leucaena leucocephala* sin suplementación C
Likoni	62.84	52.22	29.96	79.4	55.0	32.0
Otras Gramíneas	17.27	19.82	28.77	9.1	23.8	26.7
Leguminosas	-	8.14	11.58	-	3.6	10.5
Leucaena leucocephala	-	-	13.73	-	-	13.8
Malas Hierbas	7.87	8.72	11.42	2.9	6.8	13.0
Zona despoblada	15.02	11.10	4.94	13.1	10.8	4..0

La densidad de siembra de la leucaena no fue alta, ya que se sembraron hileras a 4 m por 2 m entre plantas, para una densidad de siembra de 1250 plantas / ha, según Menjurá, (2018) que utilizo en un sistema silvopastoril intensivo desde 1264, 4255 y 8899 plantas de leucaena / ha, corresponde con el utilizado en el tratamiento de menor densidad en el presente trabajo, la tendencia es la intensificación de las densidades de la leucaena en los SSPi del Valle et al. (2018) reportaron los beneficios con densidades de siembras altas (15 Mil plantas / ha) sembrando de forma directa alcanzando 263 plántulas en 10 m lineales.

En la tabla 2 se presentan los resultados de disponibilidad de pastos y Leucaena por tratamientos, Lamelas *et al.* (2009) obtuvieron 3.4 y 2.5 tMS/ha /rotación lo que tiene la misma tendencia por épocas que aparece en la literatura.

Tabla .2 *Disponibilidad de pasto x época y tratamientos (t MS/Rotación)*

Mediciones	**época poco lluviosa**			**época lluviosa**		
Tratamientos	Megathyrsus + 0.5 kg de concentrado a partir del 5to litro	Megathyrsus + 0.5kg de concentrado a partir del 8vo	Sistema silvopastoril *Megathyrsus maximus y Leucaena leucocephala* sin suplementación C	Megathyrsus + 0.5 kg de concentrado a partir del 5to litro	Megathyrsus + 0.5kg de concentrado a partir del 8vo	Sistema silvopastoril *Megathyrsus maximus y Leucaena leucocephala* sin concentrado
Disponibilidad						
T MS/ ha	2.35	2.57	2.33* 2.68**	2.58	2.77	2.53* 2.98**
Kg/vaca/día	32.7	37.5	32.8 2.34	26.9	28.9	26.4 28.9
% Utilización	33.6	31.6	35.9 59.0	44.5	40.2	41.48 71.9

*Pasto // **Leucaena

Tanto en las praderas en monocultivo y SSPi la disponibilidad se encuentra dentro del rango obtenido por los autores antes reseñados. Cuando la disponibilidad es menor de 30 Kg/vaca/día de la MS del pasto verde la producción de leche declina rápidamente Stobbs, (1975). En el Sistema Silvopastoril tenemos la misma tendencia en el pasto base, pero es conocido que los pastos bajo la semi sombra de los arbustos tienen incrementos en el valor de la proteína cruda que en el caso de la asociación con leucaena también recibe la captación del nitrógeno atmosférico a través de las bacterias nitrificantes Lamelas, (2009) la Proteína Cruda pudo incrementar en 20 % y el pasto acompañante de 7.4 a 9.5%, la fibra Cruda disminuyó entre 12 a 15 %. Esto ratifica que la calidad de la dieta mejora y apoya el incremento de la producción. En el SSP hubo un incremento en la disponibilidad de la biomasa con respecto al monocultivo de los pastos con un % de utilización de 28 y 28.6 unidades porcentuales para periodo lluvioso y poco lluvioso respectivamente.

Como se puede observar en la tabla 3 en el periodo lluvioso aumentó el consumo total en el caso del pasto suplementado con concentrado se aprecia un aumento en el consumo de pastos con respecto al SSP el consumo de leucaena sustituyó a los concentrados para obtener producciones de leches sin diferencias significativas, el efecto del incremento en la calidad del pasto acompañante y de leucaena favorece la calidad de la dieta ofrecida lo que permitió cubrir los requerimientos.





Tabla 3.- *Consumo de alimentos (Kg MS /vaca/día)*

	Época					
	poco lluviosa			lluviosa		
Alimentos	Megathyrsus + 0.5 kg de concentrado a partir del 5to litro	Megathyrsus + 0.5kg de concentrado a partir del 8vo	Sistema silvopastoril *Megathyrsus maximus y Leucaena leucocephala* sin suplementación C	Megathyrsus + 0.5 kg de concentrado a partir del 5to litro	Megathyrsus + 0.5kg de concentrado a partir del 8vo	Sistema silvopastoril *Megathyrsus maximus y Leucaena leucocephala* sin suplementación C
Pastos	14.52	14.33	14.02* 2.68**	8.50	9.74	9.46 2.22
Concentrado	3.15	2.48	0	2.67	1.43	0

*Pastos, **Leucaena biomasa comestible

Tabla 4.- *Composición bromatológica de los alimentos, Época poco lluviosa (%, Mcal/kg MS)*

Composición bromatológica		MS %	C %	PB %	FB %	Dig %	EM Mcal/kg MS
Pastos	Megathyrsus + 0.5 kg de concentrado a partir del 5to litro	34.41	8.31	8.43	27.54	58.48	2.03
	Megathyrsus + 0.5kg de concentrado a partir del 8vo	31.27	7.71	11.51	27.28	59.02	2.05
	Sistema silvopastoril *Megathyrsus maximus y Leucaena leucocephala* sin concentrado	27.40* 29.70**	7.59 7.33	11.61 28.25	27.51 23.90	58.16 61.8	2.02 2.16
Concentrado		98.0	-	16.0	4.0	-	2.6

*Pasto **Leucaena biomasa comestible

La Leucaena en las diferentes formas de uso, puede alcanzar entre 10 y 20 t/ha de MS/año, con digestibilidad (55-70%) y magnífica calidad (entre 22 y 32% de PB, 0.8-1.9% Ca y 0.23-0.27% P); no obstante, posee un compuesto tóxico denominado mimosina, que aunque es degradado en el rumen ante la presencia de la bacteria *Synergistes jonesii*, tiene efectos tóxicos en los no rumiantes, los que al consumirla muestran síntomas de cansancio, salivación, irritación de los ojos, caída del pelo y pérdidas de apetito, afectando negativamente la ganancia de peso vivo y la producción. Los resultados obtenidos muestran valores que rondan los expuestos por otros autores el resultado en cuanto a PB obtenidos fue de 28.25 % para periodo lluvioso y seco respectivamente.

Tabla 5. *Producción de leche (Litros)*

Tratamiento	PERIODO SECO			PERIODO LLUVIOSO		
	Vaca	Ha	Total	Vaca	Ha	Total
Megathyrsus + 0.5 kg de concentrado a partir del 5to litro **A**	11.7	23.40[b]	2564.6[b]	10.7	31.98	3519.8
Megathyrsus + 0.5kg de concentrado a partir del 8vo	12.93	25.86[a]	2841.5[a]	9.6	28.8	2881.9
Sistema silvopastoril *Megathyrsus maximus y Leucaena leucocephala* sin suplementación	12.7	27.1[a]	2564.6[b]	9.66	28.98	3419.6
Sig.	NS	P>0.05	P>0.05	NS	NS	NS
ES	± 0.80	± 4.42	± 61.43	± 0.87	± 2.52	± 164.76

En suelos Ferralíticos de unidades ganaderas de la Habana, el empleo de esta práctica, en condiciones de secano, ha permitido producciones diarias estables durante todo el año de 7 kg de leche/Vaca (Mesa,1998) y en suelos similares de Matanzas, Lamela, García – Trujillo, Rodríguez y Fung, (1995) obtuvieron 8 kg/día con vacas de primera lactancia y de mediano potencial; mientras que en Holguín, con vacas de alto potencial (grupo de alta de un rebaño de raza Holstein), Machín (1998) ha informado rendimientos superiores a los 12 kg/animal/día, lo que se corresponde con los potenciales de producción de leche reportados para el trópico por Arellano - Soto (1996) y los considerados por Pérez-Infante, Álvarez y Funes – Monzote (2000) a base de pastos y forrajes en Cuba. En el presente trabajo con vacas de mediano potencial se alcanzaron producciones de leche sin suplementación con concentrados entre 9.66 y 12.70 l/vaca/días no diferentes significativamente al monocultivo de pasto Megathyrsus suplementado con concentrado, lo que demuestra que la Asociación Megathyrsus - Leucaena tiene potencial nutritivo para lograr estas producciones.

Con relación a la leche, Milera, Iglesias, Remy y Cabrera (1994), en un sistema que incluía *Leucaena leucocephala* y guinea Likoni *(Megathyrsus maximus),* obtuvieron producciones de 10 Kg. /vaca/día y Simón y Suárez (1996), en condiciones edafoclimáticas similares lograron incrementar en un 40% la producción con relación a las restantes unidades donde no se incluyeron componentes arbóreos. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Rivero, Bello y Ayala (2010) en suelo Pardo sin carbonatos de Las Tunas y en un sistema que también incluía la Leucaena y la guinea Likoni en asociación.

CONCLUSIONES

Se concluye que con pastos de alta disponibilidad y calidad el suministro de concentrados no es económico en sistemas monocultivo y un Sistema Silvopastoril *Megathyrsus maximus con Leucaena leucocephala* mantuvo una producción de leche promedio anual de 11.2 vs 11.22 l/vaca/día sin suplementación con concentrados a partir de la calidad de la dieta ofertada. (11.2 vs 11.22 l/vaca/día promedio anual)

Con los beneficios ambientales y económicos que ofrece a las fincas.

Bibliografía

Anguiano, J.M., Aguirre, J., Palma, J.M. 2018: Establecimiento de Leucaena leucocephala con alta densidad de siembra bajo cocoteros. Universidad autónoma de Nayarit. México Posgrado en Ciencias Biológicas Agropecuarias y Pesqueras.

Arellano - Soto. 1996. Análisis del sector ganadero de América Latina y el Caribe 1994-1996, Rev. ACPA. 1:34.

Benavides, J. 1994 Árboles y arbustos forrajeros en América Central. Edic. CATIE. Costa Rica. 1.1994.

Bennett, D., Hoffman, R. 1992. La Ganadería en el nuevo mundo. En semilla de cambio. Ed: Hernán Viola Y Carolin Margolis. Instituto Smithsoniano, Washington y Londres.

Colina, A.J. 2005. Desafíos y perspectivas de la ganadería bovina en el desarrollo rural sostenible en AL y Cuba. IV Taller Científico Internac. "El medio rural en el nuevo milenio: retos y perspectivas". La Habana, CD ROM.



Kaimowitz, D. 1996. Livestock and deforestation. Central America in the 1980s and 1990s: A Policy Perspective. CIFOR, Yakarta, Indonesia p. 88.

Lamela, L., García-Trujillo R., Rodríguez, I., Fung, C. 1995. Efecto del banco de proteína de Neonotonia wightii en dos sistemas para producción de leche. Pastos y Forrajes "Indio Hatuey". 18:95.

Lamela, L., Valdés, R.Y.C., Fung. 1996. Comportamiento del banco de proteína para la producción de leche. Resúmenes. X Seminario Científico de Pastos y Forrajes. EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. p. 14.

Machado, H.Y.G. Martín. 2002. Situación ambiental en ecosistemas agropecuarios y soluciones para una producción sostenible. En V Taller Int. Silvopastoril y I Reunión Regional de Morera, Matanzas, Cuba. ISBN 959-16-0172-7.

Machín, A. 1998. Validación económica de un sistema silvopastoril en UBPC "José Velázquez". XII Fórum Ciencia y Técnica. Holguín.

Menjurá, R.M. 2018. Influencia de la densidad de árboles de Leucaena en la producción de leche y Nitrógeno úrico en vacas F1 Gyr x Holstein. Rev. de Med. Vet y Zoot.65) (1) Ene – abril 2019.

Milera, M., Iglesias, J., Remy, J. 1991. Empleo del banco de proteína con Leucaena cv. Perú para la producción de leche. Pastos y Forrajes 17(1):73-78.

MINISTERIO DE CIENCIA TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE (CITMA): Estrategia Nacional Ambiental, Cuba, 67pp, 1997.Estrategia Nacional Ambiental 2005/2010, Cuba, 70pp, 2006. Y Plan de Acción Nacional 2006/2010 de Diversidad Biológica, Centro Nacional de Seguridad Biológica, Cuba 64pp, 2006.

Molina, I.C., Canet, J.M., Montoya, S., Correa, G., Baraona Rosales. 2016. Effect of *Leucaena leucocephala* on method production of Lucerne heifers fed a diet based on *Cynodon plestostachyus*. Livest Sci 185:24-29

Murgueitio, E. 1999: Reconversión Social y Ambiental de la ganadería en Colombia. WAR, No. 93. FAO.

Murgueitio, E. 2002. Sistemas de producción ganadera y sus impactos en la transformación de los Ecosistemas andinos de Colombia. Memorias Seminario Internacional Transformación de Ecosistemas, Univ. Javeriana, Bogotá.

Murgueitio, E. 2003. Impacto ambiental de la ganadería de leche en Colombia y alternativas de solución. Livestock Research for Rural Development 15(10): 1-16.

Paretas, J.J, López, M., Oquendo, G. 1996. Glosas sobre el tema Árboles-Ganadería. Rev. ACPA.2:52-55.

Pérez-Infante, F., Álvarez, A., Funes-Monzote, F. 2000. Utilización de los pastos en Cuba. Realidades y perspectivas. En: Taller 35 Aniversario Instituto de Ciencia Animal. Ed. EAS. pp. 28.

CV-25. Política agraria en Cuba en apoyo a la producción de ganado menor y la sostenibilidad de los sistemas silvopastoriles

Agricultural policy in Cuba in support of small livestock production and the sustainability of silvopastoral systems

Y. García Brito[*] *y M. Cruz Legón*

Dirección Jurídica, MINAG, Cuba

[*]Correspondencia a: dirjuridico@oc.minag.gob.cu

RESUMEN

Para lograr una producción agropecuaria y forestal sostenible es vital, fomentar la combinación tanto del cultivo de árboles y pastos como la cría de ganado. En consonancia con ello, han sido aprobadas en el país, hasta la fecha, varias políticas en materia agraria y su consecuente instrumentación jurídica, que poseen incidencia directa en los sistemas silvopastoriles. El Ministerio de la Agricultura en articulación con otros organismos y en virtud de una de sus funciones específicas, ha estado inmerso en esta tarea. Entre estas normativas resulta dable resaltar la Ley No. 161/2022, Ley de Fomento y Desarrollo de la Ganadería, en la cual se preceptúa, entre las obligaciones que a los productores ganaderos compete, el empleo de sistemas silvopastoriles para la debida producción pecuaria, al pretenderse la realización de una ganadería baja en emisiones de gases de efecto de invernadero. La citada Ley prevé regulaciones para el ganado menor, dada su significación en la contribución al fortalecimiento de la seguridad alimentaria y nutricional y al logro de la soberanía alimentaria. Actores clave de seis municipios de la región central del país, pertenecientes al programa SAS Cuba han contribuido, tanto en las etapas de validación como en las etapas de implementación, donde muchas de las experiencias en la cadena de ganado menor a nivel municipal servirán de referencia para otros municipios del país. El proyecto POSAS perteneciente a este programa ha contribuido, además, en la formulación y validación de esta Ley y al Anteproyecto Ley de la Propiedad, Posesión y Uso de la Tierra que se vincula directamente con estas experiencias. Todas estas regulaciones centran su atención al enfoque de ¨Una Salud¨ y al empleo de la economía circular, que permita sentar un modelo de sostenibilidad, eficiencia de los recursos y la generación de múltiples beneficios ambientales y económicos.

Palabras clave: *normativa, ganadería, árboles, soberanía alimentaria*

ABSTRACT

To achieve a sustainable agricultural and forestry production, it is vital to promote the combination of trees and pasture cultivation, as well as livestock raising. Accordingly, several agrarian policies and their subsequent legal implementation have been approved in the country to date, which have a direct impact on silvopastoral systems. The Ministry of Agriculture, in coordination with other organizations and by virtue of one of its specific functions, has been immersed in this task. Among those regulations, it is worth highlighting the Law 161 of 2022, the Promotion and Development of Livestock Act, which establishes, among the obligations that livestock producers have, the use of silvopastoral systems for proper livestock production, in order to achieve livestock with low gas emissions. This law provides regulations for small livestock, given its significance in strengthening food and nutritional security and achieving food sovereignty. Key stakeholders from six municipalities in the central region of the country, participating of the Program ¨Strategic support for sustainable food security¨ (SAS-Cuba), have contributed both in the validation and implementation stages where many of the experiences in the small livestock supply chain at the municipal level will serve as a reference for other municipalities in the country. The ¨Project of strengthening policies for sustainable food security (POSAS) ¨, part of this program, has also contributed to the formulation and validation of this law and to the draft of the Land Ownership, Possession and Use Act, which is directly linked to these experiences. All of those regulations focus their attention on the "One Health" approach and the use of the circular economy, which allows for the establishment of a model of sustainability, resource efficiency and the generation of multiple environmental and economic benefits.

Keywords: *regulations, livestock farming, trees, food sovereignty*





CV-26. Resultados de la implementación del Sistema Integral de Gestión del Conocimiento para la formación de capacidades en la cadena de ganado menor

Results of the implementation of the Integrated Knowledge Management System for capacity building in the small livestock chain

J. Acosta Albiol

Centro de Investigaciones para el Mejoramiento Animal de la Ganadería Tropical (CIMAGT), Cuba

Correspondencia a: sreproduccion@cima-minag.cu

RESUMEN

La producción ovina y caprina en los diferentes escenarios del proyecto CONSAS demanda un esfuerzo organizativo de las diferentes entidades que participan. Es decir, debemos trabajar de conjunto entidades científicas y administrativas (CIMAGT, IIPF, EGAME y el CENCOP) para crear un ambiente productivo, expositivo y de comercialización. El material genético de los productores es excelente, sin embargo, no se observa una proyección concreta de la conformación de los núcleos genéticos, multiplicadores y comerciales que permita estructurar un sistema sostenible en el tiempo. Las acciones de capacitación que se ejecutan en el proyecto son imprescindibles en cada uno de los rebaños. El Sistema Integral de Gestión del Conocimiento se desarrolla en todos los eslabones de la cadena productiva. Sin embargo, hasta la fecha hemos trabajado principalmente en el eslabón productivo, queda todavía por abordar con más profundidad los eslabones de transformación y comercialización elementos determinantes en los resultados productivos.

Palabras clave: *ovino-caprino, capacitación, gestión del conocimiento*

ABSTRACT

The ovine and caprine production in the different scenarios of the CONSAS project require an organizational effort from different participating institutions. That is, scientific and administrative entities (CIMAGT, IIPF, EGAME, and CENCOP) must work together to create a productive, exhibition, and marketing environment. The genetic material of farmers is excellent, however, there is no clear plan for the formation of genetic, multiplier, and commercial nuclei that would allow structuring a sustainable system over time. The capacitation actions development in the project are essential for each of the herds. The Comprehensive Knowledge Management System is developed across all links of the production chain. However, to date we have mainly worked on the production link; there is still a need to address the transformation and commercialization links in greater depth, which are key elements in productive results.

Keywords: *ovine-caprine, capacitation action, knowledge management*

PRINCIPALES RESULTADOS ALCANZADOS

- **Apreciación de animales genéticos**

Los ovinos de los criadores en su mayoría son de capa bermejo oscuro, muchos de ellos de conformación carniceras en sus cuartos posteriores, ideales para el cruzamiento con razas carniceras especializadas con Dorper o Kathadin. Uno de ellos será beneficiado por el proyecto HABAMA para inseminar con semen importado de los mencionados anteriormente.





Rebaño ovino Pelibuey Típicos del proyecto

- **Identificación de los animales**

Para la identificación de los animales se utilizó el tatuaje con el sistema diseñado para el control genético. Ultimo numero es el año de nacimiento y el numero para para hembra e impar para el macho.



- **Conformación de la tarjeta de control de eventos en hembras y machos**

Se confecciono una tarjeta de control individual para el control genealógico, reproductivo y productivo de los animales

- **Estimación de la edad por la cronometría dentaria**

El conocimiento de la edad de los animales en los rebaños de fundación es vital para iniciar un trabajo de control genético. En este sentido se capacitaron los productores y los especialistas de las áreas de proyecto para su utilización.

- **Castración de machos sin las características para futuros sementales**

La castración de los machos sin características para la mejora genética es un elemento importante a realizar por los productores para ello, el proyecto adquirió un Burdizo para realizar la castración. En estos momentos el productor Cueto fue capacitado y castro todos los machos de su rebaño. Esta acción permitirá realizar la campaña reproductiva sin riesgo de falsa paternidad.



- **Estimación del nivel de infestación parasitaria por el índice de FAMACHA**

Una metodología sencilla para estimar el nivel de infestación parasitaria es el índice de FAMACHA. Este permite determinar en qué momento debemos desparasitar y evaluar la eficacia del tratamiento.

- **Inseminación artificial**

Esta técnica fue objeto de una capacitación a todos los productores y especialistas del proyecto. Se seleccionaron 10 productores (5 por provincias) para mejorar la genética del ovino pelibuey en sus rebaños a partir de la inseminación artificial con semen de ovinos con evaluaciones genéticas provenientes del núcleo genético Siboney de la Empresa EGAME.





Provincia	Municipio	Productor	Forma productiva	Contacto
Villa Clara	Remedio	Miguel Angel Molina Olivos	CCS Mariano Perez	53232029
	Remedio	Yandriel Marino Garcia	UBBI	53138297
	Placetas	Erisbel Perez Cuellar	UEB O C Placetas	56206973
Sancti Spíritus	Yaguajay	Roilan Cabrera	UBPC Isidro Piñera	59888464
	Yaguajay	Arley Chavez Perez	UEB Venegas	58653244
	Yaguajay	Miguel Angel Marquez	UEB Desarrollo Ganadero	58658901
	Taguasco	Jorge Felix Marrero Oliva	CCS Obdulio Morales	50648021

- **Estimación de la condición corporal**

La condición corporal es un índice que permite evaluar el nivel de emgrasamiento de los animales y su capacidad reproductiva. En este sentido, fueron capacitados los especialistas del proyecto.



- **Recorte de pezuña**

Esta actividad de rutina se realiza a todos los animales al menos dos veces al año. Previene las pododermatitis y los problemas de aplomos sobre todo en animales estabulados.



- **Diagnóstico de gestación por ultrasonografía**

La capacitación de los especialistas del proyecto en el uso de la ultrasonografía para el diagnóstico precoz de la gestación constituye una herramienta importante para los propósitos de atención a la reproducción y mejoramiento de la eficiencia reproductiva de los rebaños.





ACCIONES FUTURAS EN EL SIGC

- Conformación de la prueba de comportamiento
- Selección de machos mejoradores de futuros sementales
- Estimación del rendimiento de la canal por medidas zoométricas
- Sacrificio y rendimiento de la canal
- Elaboración de productos cárnicos y lácteos
- Presentación de productos para la comercialización
- Presentación de animales en ferias agropecuarias

CV-27. Programa de desarrollo de la cadena de ganado menor. Proyección para apoyar su proceso de municipalización

Minor livestock value chain development program: A plan to support its decentralization to the municipal level

D. Gómez

Empresa de Ganado Menor (EGAME), Cuba.

Correspondencia a: juliettevaldesinfanteherrero@gmail.com

RESUMEN

La actividad del ganado menor, ha transitado por diferentes etapas estando marcadas por el incremento de la masa en todo el país, así como el movimiento de crear en cada centro laboral un módulo pecuario o autoconsumo que sin lugar a dudas contribuyó al incremento de la misma. En el año 1988 fue donde mayor cantidad de carne se produjo (7 mil 800 toneladas), manifestándose a partir del año 2010 un decrecimiento de la masa ganadera. Dentro de las causas que provocaron este comportamiento se pueden referir: i) Deficiencia marcada en la gestión de la genética de las especies de ganado menor; ii) No existe una estructura a nivel local que sostenga la cadena de valor de los procesos productivos de ganado menor; iii) No se tiene un control estadístico de las existencias de animales de ganado menor en todo el país y iv) No se cuenta con un sistema que integre los resultados de las producciones de ganado menor en todo el país. La aprobación de un Programa de Desarrollo para estas especies juega un papel relevante en la propuesta de una proyección para fortalecer estas producciones a nivel local. En la misma e incluye el desarrollo de centros genéticos y multiplicadores, así como la introducción de animales, semen y embriones como contribución a la mejora de la masa ganadera que conlleve al incremento de la calidad y cantidad de carne y leche. De igual forma, la introducción de tecnologías como el diagnóstico precoz de gestación por ultrasonografía, la inducción del estro (celo), la inseminación artificial a tiempo fijo, la evaluación de la calidad espermática, el manejo de la alimentación con diferentes variantes de producción y conservación, Compra de medicamentos, antiparasitarios, vacunas, entre otros elementos que conduzcan a la mejora de indicadores de desempeño de la cadena.

Palabras clave: *desarrollo ganadero, propuesta de proyección, producciones locales*

ABSTRACT

Small livestock farming has gone through different stages, marked by an increase in the national herd, as well as a movement to create a livestock module or self-sufficiency unit at every workplace, which undoubtedly contributed to its growth. The highest quantity of meat was produced in 1988 (7,800 tons), but a decline in the livestock population has been observed since 2010. The causes for this trend include: i) A significant deficiency in the management of the genetics of small livestock species; ii) The lack of a local structure to support the value chain of small livestock production processes; iii) The absence of statistical control over the national inventory of small livestock animals; and iv) The lack of a system that integrates the results of small livestock production nationwide. The approval of a Development Program for these species plays a relevant role in proposing a projection to strengthen these productions at the local level. This program includes the development of genetic and multiplier centers, as well as the introduction of animals, semen, and embryos to contribute to the improvement of the livestock herd, leading to an increase in the quality and quantity of meat and milk. Similarly, the introduction of technologies such as early pregnancy diagnosis via ultrasonography, estrus (heat) induction, fixed-time artificial insemination, sperm quality evaluation, feed management with different production and conservation variants, and the purchase of medicines, antiparasitic, vaccines, among other elements, will lead to the improvement of the value chain's performance indicators.

Keywords: *livestock development, projection proposal, local productions*





CV-29. Oportunidades y desafios en entornos municipales para la producción sostenible de ganado menor

Opportunities and challenges in municipal environments of sustainable small livestock production

E. Murgueitio Restrepo

Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV), Colombia

Correspondencia a: enriquem@fun.cipav.org

RESUMEN

Por razones administrativas, geográficas, ambientales, políticas, geográficas y ciudadanas, el municipio se concibe como el ente esencial del ordenamiento y desarrollo de los territorios. En sus espacios se encuentra el gobierno local con las instituciones responsables de las políticas públicas nacionales, la academia, los sectores privados, sociales, comunitarios y culturales. En el municipio hay mayor interacción con los ciudadanos y es posible articular recursos procedentes de la escala nacional e internacional con la regional (provincias, departamentos o equivalente) y local (Alonso y Hernández, 2021). Por otra parte, el sistema alimentario global dominante recibe cuestionamientos de tipo social por sus impactos en la pérdida de equidad, la ruptura de la soberanía sobre los alimentos entre los más pobres y la contaminación con agroquímicos. También hay cuestionamientos ambientales ligados al cambio climático global, el derroche de energía, la deforestación y degradación de las tierras (Altieri y Nicholls, 2022). Contra esta sumatoria de problemas, se buscan modelos alternativos en varios lugares del mundo centrados en el desarrollo de cadenas alimenticias cortas que no requieran de las altas inversiones y costos del transporte internacional, que produzcan alimentos sanos en forma agroecológica, generen menos desperdicios, estimulen la economía circular y favorezcan las interacciones entre los campesinos y las empresas rurales con los ciudadanos (González de Molina y Guzmán, 2017). Hay ejemplos en la Unión Europea que responden a las políticas "de la granja a la mesa" y en América del Norte con la producción y consumo de "alimentos cero kilómetros" (hasta 100 km del lugar de consumo) promovidos por consumidores, mercados locales y restaurantes. En buena parte de América Latina y el Caribe, el municipio es el ámbito más apropiado para adaptar estas ideas y llevarlas a aplicaciones con positivos efectos económicos, sociales, ambientales y culturales y contribuciones en diferentes escalas desde la localidad hasta la globalidad.

Uno de los retos más importantes en los sistemas alimentarios municipales, es la generación de proteína de origen animal a partir de los animales domésticos, la acuacultura y la pesca. El consenso científico internacional, en forma mayoritaria, reconoce que los alimentos originados en la ganadería son fuente de proteínas de alta calidad y proporcionan nutrientes esenciales, como componente de dietas equilibradas en especial para niños, adolescentes, mujeres durante la gestión y lactancia, mujeres en edad reproductiva y adultos de la tercera edad (Peer y Leroy, 2023; The Dublin Declaration, 2023). Las especies domésticas herbívoras tienen muchas ventajas para la producción agroecológica ya que no compiten con los humanos por alimentos fibrosos y aprovechan recursos que los animales monogástricos como las aves (gallinas y pollos) no están en capacidad de usar. Los bovinos y bufalinos son muy importantes para la producción de carne, leche, pieles, trabajo y abono, así como para usar el territorio donde la agricultura tiene serias limitaciones. Además, la integración con actividades forestales a través de los sistemas silvopastoriles hace parte de las más importantes soluciones basadas en la naturaleza que en forma simultánea permite enfrentar el cambio climático, rehabilitar tierras degradadas, proteger la biodiversidad y producir bienes forestales y pecuarios. Son muy destacados y reconocidos los avances en América Latina y el Caribe tanto en investigación, innovación y aplicación de los sistemas silvopastoriles (Chará y Jose, 2023).

Aunque con menos desarrollo y publicidad, las especies domésticas consideradas "ganadería menor" como son los ovinos, caprinos, porcinos, aves campesinas (gallinas, pavos, patos), conejos y cuyes, tienen un enorme potencial para hacer parte de sistemas de producción sostenible (en especial cuando los animales son adaptados a cada localidad), incluyendo los silvopastoriles, porque tienen ventajas comparativas frente a la ganadería mayor (Uribe *et al.*, 2013). Estos méritos están relacionados con su fisiología digestiva, la mayor capacidad reproductiva, los menores requerimientos y la posibilidad de integrarse con cultivos (Molina *et al.*, 2013). Frente a una misma productividad primaria del agroecosistema pastoril o silvopastoril y con el supuesto teórico de igualdad en el consumo y aprovechamiento de los forrajes (en la práctica no siempre es así), el número de cabezas ovinas o caprinas, es diez veces mayor a las bovinas, mientras que el potencial reproductivo es dos a cuatro veces mayor por los menores tiempos de gestación y la mayor probabilidad de partos múltiples (Borrero, 2020). En cuanto a la calidad nutricional, no hay ninguna desventaja para la carne ovina y caprina y sí un reconocido atributo de mejores propiedades nutritivas en la leche caprina en especial para los grupos de población con demandas mayores o limitaciones de salud (Bidot, 2017). Por su parte, la carne de conejo se caracteriza por ser magra, baja en grasa y colesterol y rica en proteínas de alto valor biológico (Lukefhar, 2007).

En el contexto del desarrollo sostenible de los municipios, la producción y consumo de productos pecuarios agroecológicos a partir de la ganadería menor tiene otros atractivos como la facilidad de ser manejados por mujeres y jóvenes rurales, la transformación artesanal o en microempresas. La tradición culinaria para estos productos puede enriquecer gracias a la plasticidad de las carnes y vísceras de ovejas, cabras, conejos y aves campesinas para contribuir a la innovación gastronómica, fusionándose con hortalizas, cereales, frutas y tubérculos generados en cadenas cortas de alimentación y consumo.

Palabras clave: *desarrollo local, seguridad alimentaria, ovinos, caprinos, conejos*

ABSTRACT

For administrative, geographical, environmental, political, and civic reasons, the municipality is conceived as the essential entity for the planning and development of territories. Its spaces are home to local government with the institutions responsible for national public policies, academia, and the private, social, community, and cultural sectors. In the municipality, there is greater interaction with citizens and it is possible to coordinate resources from the national and international levels with the regional (provinces, departments, or equivalents) and local levels (Alonso and Hernández, 2021). On the other hand, the dominant global food system is questioned on social grounds for its impact on the loss of equity, the breakdown of food sovereignty among the poorest, and contamination with agrochemicals. There are also environmental concerns linked to global climate change, energy waste, deforestation, and land degradation (Altieri and Nicholls, 2022). In response to this combination of problems, alternative models are being sought in various parts of the world, focusing on the development of short food chains that do not require high investment and international transport costs, produce healthy food in an agroecological way, generate less waste, stimulate the circular economy, and encourage interactions between farmers and rural businesses with citizens (González de Molina and Guzmán, 2017). There are examples in the European Union that respond to "farm-to-table" policies and in North America with the production and consumption of "zero-kilometer food" (up to 100 km from the place of consumption) promoted by consumers, local markets, and restaurants. In much of Latin America and the Caribbean, the municipality is the most appropriate level for adapting these ideas and applying them with positive economic, social, environmental, and cultural effects and contributions on different scales, from the local to the global.

One of the most important challenges in municipal food systems is the production of animal protein from domestic animals, aquaculture, and fishing. The international scientific consensus largely recognizes that foods originating from livestock are a source of high-quality protein and provide essential nutrients as part of a balanced diet, especially for children, adolescents, pregnant and lactating women, women of reproductive age, and older adults (Peer and Leroy, 2023; The Dublin Declaration, 2023). Domestic herbivorous species have many advantages for agroecological production as they do not compete with humans for fibrous foods and make use of resources that monogastric animals such as poultry (hens and chickens) are unable to use. Cattle and buffalo are very important for the production of meat, milk, leathers, labor, and manure, as well as for the use of land where agriculture has serious limitations. In addition, integration with forestry activities through silvopastoral systems is one of the most important nature-based solutions that simultaneously addresses climate change, rehabilitates degraded land, protects biodiversity, and produces forest and livestock products. The advances in Latin America and the Caribbean in research, innovation, and application of silvopastoral systems are highly noteworthy and recognized (Chará and Jose, 2023).

Although less developed and publicized, domestic species considered "small livestock," such as sheep, goats, pigs, farmyard poultry (chickens, turkeys, ducks), rabbits, and guinea pigs, have enormous potential to be part of sustainable production systems (especially when the animals are adapted to each locality), including silvopastoral systems, because they have comparative advantages over large livestock (Uribe *et al.,* 2013). These merits are related to their digestive physiology, greater reproductive capacity, lower requirements, and the possibility of integration with crops (Molina *et al.,* 2013). Given the same primary productivity of the pastoral or silvopastoral agroecosystem and the theoretical assumption of equality in the consumption and use of forage (in practice this is not always the case), the number of sheep or goats is ten times greater than that of cattle, while the reproductive potential is two to four times greater due to shorter gestation periods and a higher probability of multiple births (Borrero, 2020). In terms of nutritional quality, there is no disadvantage to sheep and goat meat, and goat milk is recognized as having better nutritional properties, especially for population groups with higher demands or health limitations (Bidot, 2017). Rabbit meat is characterized by being lean, low in fat and cholesterol, and rich in proteins of high biological value (Lukefhar, 2007).

In the context of sustainable municipal development, the production and consumption of agroecological livestock products from small-scale farming has other attractions, such as the ease with which they can be managed by rural women and young people, and their transformation by artisans or micro-enterprises. The culinary tradition for these products can be further enriched thanks to the versatility of meat and viscera from sheep, goats, rabbits, and farmyard poultry, contributing to gastronomic innovation by combining them with vegetables, cereals, fruits, and tubers produced in short food and consumption chains.

Keywords: *local development, food security, sustainability, sheep, goats, rabbits*

Bibliografía

Alonso, M.A., Hernández, M.A. 2021. Repensar de forma innovadora el autoabastecimiento alimentario municipal. Contribución del enfoque de sistemas agroalimentarios sostenibles resilientes y con equidad promovido por el programa SAS-Cuba. Ministerio de la Agricultura con el apoyo de la Unión Europea (UE), el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). P 15 p.

Altieri, M.A., Nicholls, C.I. 2022. Agroecología, policrisis global y la transformación de los sistemas alimentarios. Centro Latinoamericano de Investigaciones Agroecológicas (CELIA): Medellín, Colombia.



Bidot Fernández, A. 2017. Composición, cualidades y beneficios de la leche de cabra: revisión bibliográfica. Rev. prod. anim. [online]. 29(2), 32-41. ISSN 2224-7920

Borrero, J.M. 2020. Viviendo com cabras. Guía de capricultura agroecológica. CIPAV, Cali Colombia. 260 p.

Chará, J., Jose, S. 2023. Silvopastoral systems of Meso America and Northern South America. Springer International Publishing, Switzerland.

González de Molina, M., Guzmán Casado, G.I. 2017. Agroecology and Ecological Intensification. A Discussion from a Metabolic Point of View. Sustainability 9(86)

Lukefahr, S.D. 2007. The small-scale rabbit production model: Intermediate factors. Livestock Research for Rural Development. Volume 19, Article #69. Retrieved September 27, 2025, from http://www.lrrd.org/lrrd19/5/luke19069.htm

Molina, E.J., Molina, C.H., Molina, E.J., Suarez, J.F., Uribe, P., Valencia, L., Murgueitio, E. 2013. Ovinos y caña de azúcar. Indicadores productivos, dificultades y retos de los ovinos integrados al cultivo agroecológico de la caña de azúcar. Revista DeCarne, número 6, Pp 55-58

Peer Ederer, F.L. 2023. The societal role of meat—what the science says, Animal Frontiers, 13(2), 3–8, https://doi.org/10.1093/af/vfac098

The Dublin Declaration of Scientists on the Societal Role of Livestock. 2023. Anim. Front. 13(2):10. doi:10.1093/af/vfad013

Uribe, P., Castaño, K., Murgueitio, E., Uribe, F., Xóchitl F. M., Valencia, L., Molina C.H., Molina E.J., Suárez, J.F. 2013. Sistemas silvopastoriles intensivos para producir carne ovina. Revista De Carne, número 5, septiembre 2013, 56-59. Bogotá, Colombia.

CV-29. Impacto ambiental del manejo sostenible de recursos fito y zoogenéticos en áreas protegidas

Environmental impact of the sustainable management of plant and animal genetic resources in protected areas

A. Socorro García[1]; O. Guzmán Proenza[1]; N. Puig Rosales[1]; L. Fernández Granda[1] y D. Sosa Mirabal[2]*

[1]Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical "Alejandro de Humboldt" (INIFAT), Cuba.

[2]Centro de Investigaciones para el Mejoramiento Animal de la Ganadería Tropical. (CIMAGT), Cuba

[*]Correspondencia a: alfresoco45@gmail.com

RESUMEN

El proyecto GEF-FAO "COBIMAS" incide en la conservación de recursos genéticos de importancia para la alimentación y la agricultura (RGAA) en cuatro áreas protegidas (AP): Ciénaga de Zapata, Jobo Rosado, Tunas de Zaza y Delta del Cauto. En el presente trabajo, se presentan las acciones realizadas para conservar 12 RGAA, de ellos, siete fitogenéticos (RFG) (géneros *Ipomoea, Oryza, Annona* y *Capsicum* y las especies maíz, yuca y sandía) y cinco zoogenéticos (RZG) (razas de cabra criolla, cerdo criollo, conejo pardo cubano, gallina cubalaya y el género *Melipona sp.*). Las acciones comprendieron colectas de semillas promisorias adaptadas a las condiciones edafoclimáticas locales para su conservación *ex situ*, y el desarrollo de cotos genéticos para conservar los RZG las razas cubanas con alto nivel de tolerancia al estrés abiótico y de bajos insumos para potenciar una ganadería sostenible. Los rendimientos de los cultivos manejados mediante prácticas de manejo ISPA (Intensificación Sostenible de la Producción Agropecuaria), fueron evaluados y comparados con respecto a las prácticas de agricultura convencional mediante una prueba t de Student, recopilando no menos de tres muestras en cada zona de implementación. Se obtuvo que no existe diferencia significativa en los rendimientos, pero si una tendencia al incremento en el caso ISPA. De igual modo se compararon los movimientos de rebaño en los cotos desde 2019 hasta 2024, destacando la recuperación de razas amenazadas y vinculando áreas de manejo de ganadería menor con paisajes naturales.

Palabras clave: *biodiversidad; ganadería, prácticas de manejo, semillas; sostenibilidad*

ABSTRACT

The GEF-FAO "COBIMAS" project impacts on the conservation of genetic resources of importance for food and agriculture (GRFA) in four protected areas (PAs): Ciénaga de Zapata, Jobo Rosado, Tunas de Zaza, and Delta del Cauto. This paper presents the actions taken to conserve 12 GRFA, of which seven are plant genetic resources (PGR) (*Ipomoea, Oryza, Annona, and Capsicum* genders, and the maize, cassava, and watermelon species) and five are zoogenetic resources (ZGR) (four breeds of Creole goat, Creole pig, Cuban brown rabbit, Cubalaya hen, and the gender *Melipona sp.*). The actions included the collection of promising seeds adapted to local soil and climate conditions for *ex situ* conservation, and the development of genetic reserves to conserve GZRs, Cuban breeds with high tolerance to abiotic stress and low inputs, to promote sustainable livestock farming. Crop yields managed using practices SIAP (Sustainable Intensification of Agricultural Production) were evaluated and compared with conventional agricultural practices using a Student t-test, collecting at least three samples in each implementation area. It was found that there was no significant difference in yields, but there was an upward trend in the ISPA case. Similarly, herd movements in the reserves from 2019 to 2023 were compared, highlighting the recovery of endangered breeds and linking small livestock management areas with natural landscapes.

Keywords: *biodiversity, livestock, management practices, seeds; sustainability*

INTRODUCCIÓN

El proyecto "Introducción de nuevos métodos agrícolas para la conservación y el uso sostenible de la biodiversidad, incluyendo recursos fito y zoo genéticos, en paisajes productivos en áreas seleccionadas de Cuba (COBIMAS)"**,** tiene como objetivo la conservación de los recursos genéticos que son considerados de valor para la alimentación en Cuba, y al mismo tiempo representan una fuente de alimento de gran importancia por su valor endémico y/o tolerancia a condiciones de estrés abiótico a nivel territorial. Adicionalmente, la iniciativa promueve a la Intensificación Sostenible de la Producción Agrícola (ISPA), que incluye un paquete de prácticas de manejo que permiten preservar los ecosistemas con altos niveles de producción (FAO, 2011).

La estrategia de COBIMAS para la conservación de los Recursos genéticos de importancia para la alimentación y la Agricultura (RGAA) tiene dos componentes. En primero lugar, la evaluación de la presencia biodiversa de cada uno de ellos, contemplando tanto la presencia de una gran variabilidad de accesiones de alto valor territorial (productividad, tolerancia a condiciones edafo-climaticas locales, aspectos bioculturales, entre otros), así como como los denominados parientes silvestres en el caso de los cultivos vegetales. En segundo lugar, se propone una aproximación de producción bajo prácticas ISPA, con el enfoque de "Ahorrar para Crecer" que utiliza genotipos de alto valor adaptativo, incluyendo plantas y animales, con énfasis para estos últimos con el empleo de razas cubanas.



Esta estrategia constituye un importante grupo de razones que determinan la necesidad del cambio tecnológico en la agricultura cubana (Antón, 2014), hacia una perspectiva de que se puede producir con menor gasto de insumos, manteniendo los mismos rendimientos respecto a la agricultura convencional. Por otra parte, la conservación de la agrobiodiversidad tiene entre su accionar, recopilar un mayor conocimiento a nivel local, de la variabilidad de especies, variedades y razas y de este modo contrarrestar diferentes tipos de amenazas observadas a estos RGAA (González, 2022).

Este trabajo tuvo como objetivo, desarrollar una estrategia de conservación de 12 RGAA (7 RFG y 5 RZG), en aras de potenciar su uso sostenible en las unidades productivas asociadas a 4 áreas protegidas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se seleccionaron siete recursos Fitogenéticos. Por un lado, cuatro géneros *Ipomoea spp, Oryza spp, Annona spp* y *Capsicum spp* y las especies maíz (*Zea mayz* L.), yuca (*Manihot esculenta* Crantz) y sandía (*Citrullus lanatus* (Thunb. Matsumura *et* Nakai)). En el caso de los Recursos Zoogenéticos se empleó la cabra criolla (*Cabra hircus*), el cerdo criollo *(Sus scrofa domesticus*), la gallina cubalaya (*Gallus gallus domesticus*), el conejo pardo cubano (*Oryctolagus cuniculus domesticus*) y el género de abeja melipona *(Melipona Sp.*).

Se realizaron expediciones la 4 áreas protegidas: Área "Ciénaga de Zapata" (APRM-CZ), situada en el municipio de igual nombre al sur de la provincia de Matanzas; Área Protegida de Recursos Manejados "Jobo Rosado" (APRM-JR) en el municipio de Yaguajay, provincia de Sancti Spíritus; Área Protegida de Refugio de Fauna "Tunas de Zaza" (APRF-TZ), municipio de Sancti Spíritus (SS), provincia de igual nombre y Área Protegida de Refugio de Fauna "Delta del Cauto" (APRF-DC), municipio Rio Cauto (RC), provincia de Granma.

En las expediciones se planificaron búsquedas de parientes silvestres de los 4 géneros, para hacer colectas de materiales, así como la georeferenciación de la ubicación de los mismos (Guzmán 2021; Guzmán *et al*., 2023). De igual modo, se localizaron y colectaron semillas de genotipos promisorios de importancia a nivel territorial para trasladar muestras de estas accesiones al Banco de Germoplasma del INIFAT. Por otra parte, se llevó a cabo el cultivo de las variedades comerciales de alto nivel de adaptación local, en las unidades productivas ubicadas en las zonas de amortiguamiento de las AP. Para ello se seleccionaron un grupo de hectáreas para cada cultivo y se llevó a cabo la implementación de prácticas de manejo, contempladas en la aproximación "Ahorrar para crecer", basadas en los principios de la Intensificación Sostenible de la Producción Agrícola (ISPA), para los siguientes cultivos melón (*C. lanatus*), maíz (*Z. mays*), ají (*C. annuum*), y boniato (*I. batatas*) y yuca (*M. esculenta*). Se identificaron las prácticas asociadas a los principios básicos de ISPA, para cada cultivo. Se evaluaron los rendimientos en áreas de manejo convencional y manejo ISPA, bajo condiciones de producción. Para la toma de datos, se dividieron los territorios por unidades productivas (fincas o empresas) y se aplicó una prueba paramétrica de t de student para comparar los resultados.

Paralelamente a ello, se desarrollaron cotos genéticos para conservar los RZG las razas cubanas con alto nivel de tolerancia al estrés abiótico y de bajos insumos para potenciar una ganadería sostenible. En el caso de la Cabra criolla (Sancti Spíritus y Río Cauto), se partió de ejemplares mestizos con algunas criollas puras para el manejo de semen e inseminación por pajuelas. Los cerdos criollos se ubicaron en la comunidad de Los Alpes en Ciénaga de Zapata, mientras que los conejos pardo cubano se distribuyeron por varias fincas de dicha área protegida, empleando técnicas de inseminación artificial con material genético aportado por la Empresa Cunícola 26 de Julio. Las gallinas cubalayas fueron distribuidas en unidades productivas en Jobo Rosado (Yaguajay) y en Río Cauto, mientras que las colmenas de abeja melipona, se distribuyeron por todas las áreas de implementación, apoyado con el desarrollo de capacidades en el caso de nuevos productores.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Acciones de conservación de los RFG

Las acciones de conservación muestran colectas en más de 130 puntos de monitoreo, en los que se han localizado 35 especies pertenecientes a 14 familias y 14 géneros. Se trasladaron muestras de semillas maíz y melón al banco de germoplasma del INIFAT. En el caso del melón se colectaron semillas de una accesión de alta tolerancia a la salinidad (Paticito), en cinco fincas de la comunidad de Cabezada, Río Cauto (Figura 1). Las colectas fueron trasladadas hacia el Banco de Germoplasma vegetal del INIFAT cumpliendo con las normas para este tipo de procedimiento (Socorro *et al*., 2024). Un grupo de estas muestras fueron trasladadas a una finca productora de semillas en el municipio Güira de Melena, para caracterizar el material y contar con mayor número de semillas, con una producción de que llegó hasta 2 kg y de esta forma poder llevar a cabo posteriores experimentos de estrés abiótico.

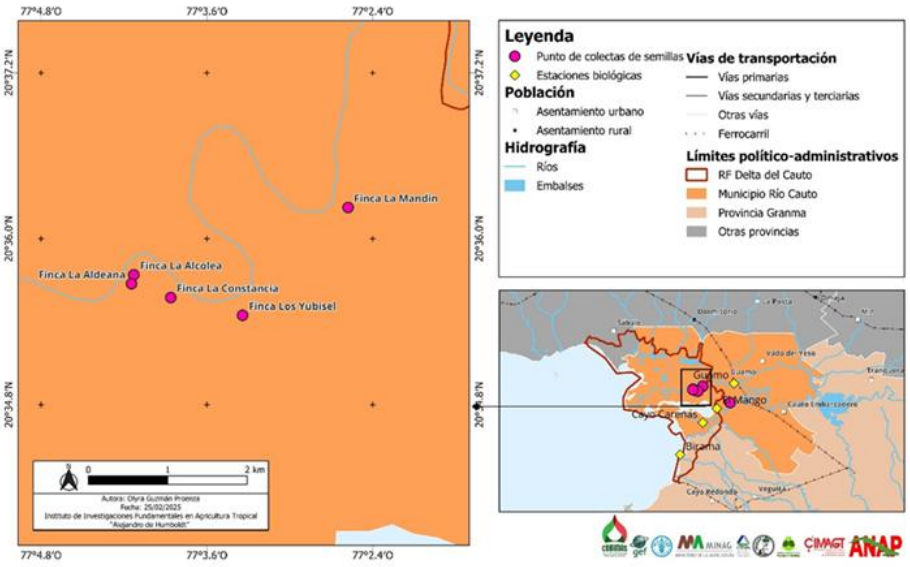


Figura 1. *Puntos de colecta de semillas de melón Accesión "Paticito" (nombrada así en la comunidad de Cabezada, Río Cauto).*

En el caso de maíz (Figura 2), se han realizado colectas de semillas en diferentes fincas o parcelas cultivadas, conservando germoplasma nativo tradicional con alto potencial de resiliencia a condiciones ambientales. Las accesiones más abundantes en la colecta corresponden a tayuyo, maizón, pineo, rosita, maiz felo, maiz rosita blanco y criollo.

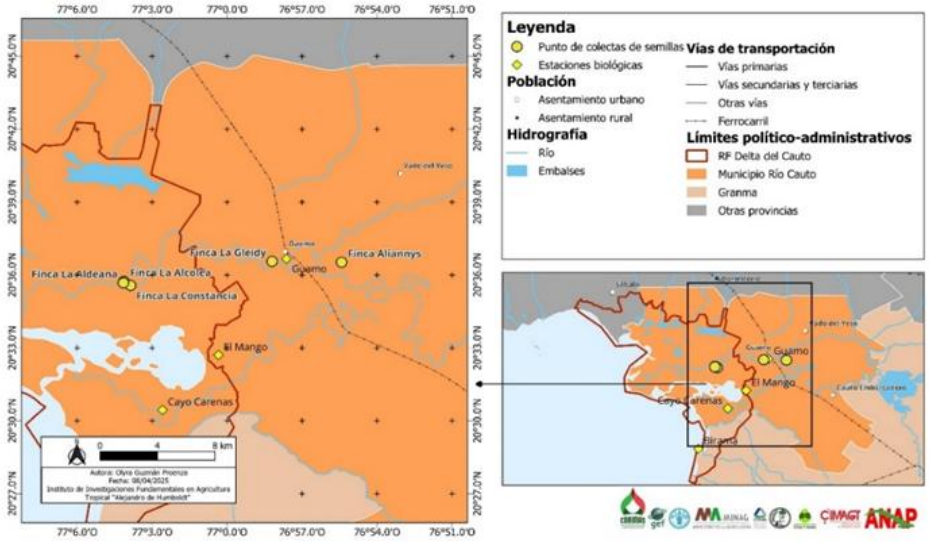


Figura 2. *Puntos de colecta de semillas de maíz en Río Cauto.*

Para los parientes silvestres, además de la ubicación georeferenciada de *Capsicum frutescens* L. en Ciénaga de Zapata, en el APRM Jobo Rosado también se han encontrado ejemplares que han sido identificados. Para los géneros *annonna, oryza* e *Ipomoea*, fue encontrada una diversidad de especies silvestres, como la guanábana cimarrona (*Annona montana* Macf.), que se consume en las comunidades de Jobo Rosado y el bagá (*Annona glabra* L.) en la zona sur de Sancti Spíritus. Por otra parte, *Oryza latifolia* fue identificada en la zona núcleo del APRF "Delta del Cauto". En el caso de los parientes silvestres del boniato (*I. batatas*), se encontró gran variedad de plantas de *I. triloba*, las cuales se localizaron dentro de regiones de alto nivel de vegetación, donde algunos productores instalaron colmenas de meliponas. Existen reportes que muestran el alto potencial melífero de estas plantas (Pérez, 2020), lo que evidencia una sinergia entre un ecosistema conservado y una unidad productiva.

Prácticas de manejo sostenibles

El manejo de melón (*C. lanatus*) mediante prácticas ISPA, llevó a cabo una siembra de 10 ha en la comunidad de cabezada (Delta del Cauto), donde se empleó la cubierta de suelos, rotación de cultivos, empleo de técnicas de colecta de agua para manejo eficiente de este recurso, mínima labranza para ahorro de combustible y uso de semillas adpatadas a ese entorno. Aunque se empleó la accesión tradicional "Paticito", de alta tolerancia a la salinidad, se incluyeron también variedades comerciales. El resultado de la prueba paramética de t de Studend, para el rendimiento ISPA de 4.8 ton/ha, respecto al rendimiento convencional: 3-4 ton/ha, mostró una diferencia significativa de p=0.049.

Por otra parte, las 6 ha de maiz, bajo manejo ISPA, con la aplicación de cubierta de suelos (residuos de cosecha y paja), rotación de cultivos, empleo de técnicas de colecta de agua para manejo eficiente de este recurso, mínima labranza para ahorro de combustible y empleo de variedades con probada adaptación en el territorio, mostraron una tendencia al incremento del rendimiento de 1 ton/ha con ISPA, respecto al rendimiento convencional de 0.7 ton/ha (Diferencia no significativa p=0.053), de acuerdo a la prueba t de Studend). Del mismo modo, en Ciénaga de Zapata, para el cultivo del pimiento, se aplicaron prácticas similares, así como el uso de variedades comerciales con probada adaptación en el territorio (Español y California), con rendimientos mediante ISPA de 3.9 t/ha, por encima del rendimiento por manejo convencional de 3.5 t/ha (test de student p=0.058).

Igualmente, los cultivos de los clones de boniato experimentaron tendencias al incremento. Genotipos promisorios con genes de tolerancia incorporados con varias de las ipomoeas silvestres mostraron 6.5 t/ha, ligeramente superior a los 6.4 t/ha por vía convencional (diferencia no significativa de acuerdo a la prueba t de Studend, p=0.089). Las prácticas empleadas fueron: ahorro de agua (Con prácticas de captura de agua), Cubierta vegetal, rotación de cultivos y empleo de abonos verdes (Canavalia). En cambio, con estas mismas prácticas de manejo se apreció una diferencia no significativa (p=0.112), con una tendencia a la disminución del rendimiento, en las fincas de la CCS 10 de octubre en S. Spíritus, con 6.0 t/ha con ISPA, y un rendimiento por manejo tradicional de 6.1 t/ha, en un área demostrativa total de 14 ha.

Prácticas similares se aplicaron en yuca en el APRM "Ciénaga de Zapata". Las variedades utilizadas son señorita, criolla, CMC 40, CMC 30, con rendimientos llegaron a 3.2 t/ha mediante ISPA. Comparando este cultivo aplicando la agricultura convencional, se plantea que su productividad es variable, en dependencia de los insumos aplicados y el tipo de suelo (Magaña et al., 2020). No obstante, resultó sin diferencias significativas p=0.06, respecto los 3.0 t/ha que habitualmente se obtiene con ese tipo de suelo.

Rescate y conservación de RZG

Las acciones desarrolladas en el caso de la cabra criolla, estuvieron encaminadas a evaluaciones fenotípicas para determinar la pureza de cada ejemplar, una adecuada capacitación al personal técnico con el equipamiento para la Inseminación artificial con tecnologías de pastillas y de pajuelas, así como diagnóstico de gestión por ultrasonografía. Se obtuvieron los primeros F1 de los cruzamientos de hembras mestizas con sementales criollos puros, hasta obtener la cuarta y/o quinta generación. En el caso del cerdo criollo (capa oscura), se creó un coto genético en la finca de Reserva genética "Los Alpes", cuyos movimientos de rebaño oscilan en intervalos de 80-100 ejemplares. Los animales se encuentran en excelente estado fenotípico y se adaptan con gran facilidad. La alimentación se apoya en recursos naturales como el palmiche que existe en el área, además de aplicar plantas proteicas y forrajeras. Las gallinas cubalayas han sido extendidas en las zonas de Jobo Rosado y Delta del Cauto, mientras que las acciones sobre el conejo pardo cubano han permitido incrementar el número de ejemplares en Ciénaga de Zapata y en Sancti Spíritus. El manejo de meliponas habían sobrepasado 450 colmenas hasta 2023, empleando zonas boscosas y de amplia vegetación donde predominan plantas melíferas. La figura 3 recoge los incrementos de ejemplares de los RZG en el trascurso del período 2019-2023, en las áreas del proyecto

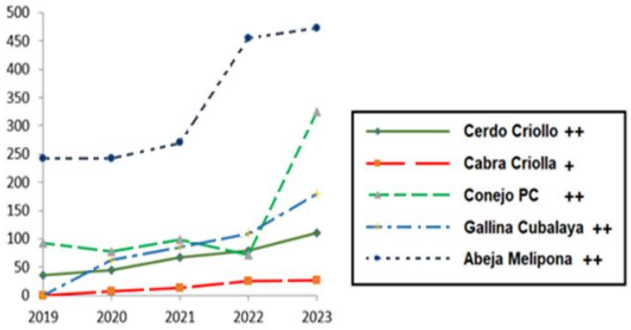


Figura 3. *Gráfica que muestra Número de ejemplares de Cerdo criollo, Cabra criolla, Conejo Pardo Cubano y Gallina Cubalaya, así como el número de colmenas de abejas Melipona.*

+Diferencias significativas ($p<0.05$) y ++Diferencias muy significativas ($p<0.01$), según la prueba de t de Student para la comparación de los valores entre 2019 y 2023.

De modo general, se puede plantear qué a partir de estos resultados, se puede establecer un procedimiento operacional para cada uno de los RRAA de modo que puedan ser conservados. En el caso de los RFG estos pueden ser estudiados y conservados *tanto in situ* como *ex situ*, a partir de un material genético de uso tradicional con alto nivel de tolerancia al estrés abiótico. La ubicación y colecta de sus parientes silvestres, contribuye a engrosar la colección de materiales que pueden representar un apoyo para futuros planes de mejoramiento buscando variedades más adaptadas. El ISPA contempla prácticas de manejo que contribuyen a un uso de menos cantidad de insumos, al tiempo que propone precisamente la utilización de genotipos mejor adaptados. Ello se aplica también con los estudios de caso llevados a cabo con los cinco RZG que proponen una conservación en entornos naturales, donde la sinergia entre paisajes manejados y conservados está presente.

Bibliografía

Antón, N.A. 2014. Estrategia de capacitación agroecológica para la Sostenibilidad Alimentaria de la Comunidad Ecológica Río Ariguanabo. Tesis en opción al título académico de Máster en Desarrollo Social. Universidad de La Habana Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO-CUBA).

FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2011). Ahorrar para crecer. Guía para los responsables de las políticas de Intensificación Sostenible de la Producción Agrícola en pequeña escala. Ed. FAO, Roma, 106 pp. ISBN 978-92-5-306871-5. https://www.fao.org>

González Gutiérrez, P.A. 2022. Inventarios florísticos en localidades del municipio Calixto García, provincia Holguín, Cuba. Acta Botánica Cubana, 221, Enero-Diciembre. Disponible en: https://revistasgeotegh.com/abc/issue/view

Guzmán, O. 2021. Análisis espacial de las unidades productivas en el área protegida de los recursos manejados "Ciénaga de Zapata". Tesis para optar por el título de Licenciatura en Geografía. Universidad de La Habana.

Guzmán, O., Socorro, A., Herrera, A. 2023. Análisis espacial de las unidades productivas en el área protegida de los recursos manejados Ciénaga de Zapata. Agrotecnia de Cuba, 47 (1), 1 –10 enero-junio. ISSN: 2414- 4673

Magaña, W., Obrador, J.J., García, E., Castelán, M., Carrillo, E. 2020. Comparative yield of cassava under mineral fertilization and green manure. Revista Mexicana Ciencias Agrícolas, 11(6),1259-1271.

Pérez, A. 2020) Potencial productivo de dos melíferas cubanas: *Ipomoea triloba* L. y *Turbina corymbosa* (L.) Raf. Tesis en opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. La Habana, 2020

Socorro, A., Guzmán, O., Díaz, G.R., Puig, N., Santos, M., Milagros, I. 2024. La conservación de la Agrobiodiversidad y su impacto en los sistemas agroalimentarios cubanos. Agrotecnia de Cuba (En prensa).





CV-30. Rescate de la cabra criolla como recurso zoogenético, vinculado a la producción lechera en áreas protegidas

Rescue of the creole goat as a zoogenetic resource, linked to milk production in protected areas

D. C. Sosa Mirabal[*]*; L. Interian Álvarez; Z. Lopez Abreu; N. Díaz Martínez; R. Denis García; J. Ranciel Collazo; M. Interian; Y. Marrero y E. Galvan*

Centro de Investigaciones para el Mejoramiento Animal de la Ganadería Tropical (CIMAGT)

[*]Correspondencia a: danaysosa76@gmail.com

RESUMEN

La cabra criolla cubana es una raza en estado crítico por lo que se encuentra en peligro de extinción, se adapta a las condiciones extensivas de producción, se caracteriza por su baja estacionalidad reproductiva, multiplicándose durante todo el año, es muy tolerante a las condiciones ambientales tropicales, a las enfermedades y los parásitos. El presente trabajo permite visualizar acciones que se han realizado con el objetivo de disminuir el grado de amenaza de la cabra criolla cubana y establecer sistemas de producción lechera en áreas de intervención del proyecto internacional COBIMAS. El trabajo se realizó en el Área de Protección de Recursos Manejados Jobo Rosado, y los Refugios de Fauna Tunas de Zaza y Delta del Cauto pertenecientes a la Empresa Nacional para la Conservación de la Flora y la Fauna. Las acciones realizadas consistieron en: 1. Visitas a las áreas de intervención del proyecto (Rio Cauto, Jobo Rosado y Tunas de Zaza. 2. Se evaluaron animales fenotípicamente en la Provincia de Santiago de Cuba para su compra y traslado a las áreas de Granma y Sancti Espíritus. 3. Adquisición de equipo de congelación en pajuelas por el CIMAGT. 4. Entrega del equipamiento para la inseminación artificial a las áreas de intervención del proyecto. 5. Capacitación al personal técnico con el equipamiento para la Inseminación Artificial caprina con la tecnología en pastillas y pajuelas. 6. Congelación de semen perteneciente de sementales de la raza criolla. 7. inducción y sincronización de celo. 8. Aplicación de la Inseminación Artificial. 9. Diagnóstico de gestión por ultrasonografía. Ya se han obtenido los primeros animales F1 de los cruzamientos de hembras mestizas con sementales criollos puros hasta obtener la 4ta generación o 5ta generación es aquí donde se considera que sería la criolla absorbida.

Palabras clave: *cabra, criolla, rescate, acciones.*

ABSTRACT

The Cuban Creole goat is a breed in a critical state and is therefore endangered. It adapts to extensive production conditions, is characterized by low reproductive seasonality and can multiply throughout the year. It is very tolerant of tropical environmental conditions, diseases, and parasites. This work allows us to see the actions that have been carried out to reduce the threat level to the Cuban Creole goat and establish dairy production systems in the areas where the international COBIMAS project is implemented. The work was carried out in the Managed Resources Protection Area Jobo Rosado, and the Wildlife Refuges Tunas de Zaza and Delta del Cauto, belonging to the National Company for the Conservation of Flora and Fauna. The actions carried out consisted of: 1. Visits to the project's intervention areas (Cauto River, Jobo Rosado, and Tunas de Zaza). 2. Animals were phenotypically evaluated in Santiago de Cuba Province for their purchase and transfer to the areas of Granma and Sancti Spíritus. 3. Acquisition of freezing equipment in straws by CIMAGT. 4. Delivery of equipment for artificial insemination to the project's intervention areas. 5. Training of technical staff with the equipment for goat artificial insemination using pill and straw technology. 6. Freezing of semen from purebred Creole male goats. 7. Estrus induction and synchronization. 8. Application of artificial insemination. 9. Management diagnosis by ultrasonography. The first F1 animals from crossbreeding mestizo females with pure Creole males have already been obtained, up to the 4th or 5th generation, at which point it is considered that the Creole line would be absorbed.

Keywords: *goat, Creole, rescue, actions*

CV-31. Impacto de la silvicultura en la APRM Ciénaga de Zapata a través de las acciones del proyecto COBIMAS

Impact of forestry on the APRM Ciénaga de Zapata through the actions of the COBIMAS project

A. Fuentes Arcia

Empresa para la Conservación de la Ciénaga de Zapata, Cuba

Correspondencia a: andriafuentesarcia@gmail.com

RESUMEN

La Ciénaga de Zapata es el humedal más grande del Caribe insular, con la mayor área de pantanos y marismas de Cuba, constituyendo una reserva natural de enorme valor que la han hecho merecedoras de reconocimientos internacionales como Reserva de la Biosfera, Sitio Ramsar y Área de Importancia para las Aves. El manejo forestal Sostenible de los bosques va encaminado a buscar un equilibrio entre tres objetivos fundamentales en lo económico, social y ambiental en armonía con la naturaleza, en el marco del proyecto internacional ¨Introducción de nuevos métodos agrícolas para la conservación y el uso sostenible de la biodiversidad, incluyendo recursos fito y zoogenéticos, en paisajes productivos en áreas seleccionadas de Cuba¨. (COBIMAS), por la agencia implementadora GEF-FAO, se realizaron un grupo de acciones dirigidas a la actualización del inventario florísticos, a través de colectas, tomas de datos, fotos, contribuyendo a la actualización de la ordenación forestal y poder contar con una herramienta pata la toma decisiones en cuantos a los manejos silviculturales.

Palabras clave: *conservación, humedal, manejo, sostenible*

ABSTRACT

The Zapata Swamp is the largest wetland in the insular Caribbean, with the largest area of swamps and marshes in Cuba, constituting a natural reserve of enormous value, which has earned it international recognition as a Biosphere Reserve, Ramsar Site, and an Important Bird Area. Sustainable forest management aims to achieve a balance among three fundamental objectives: economic, social, and environmental, in harmony with nature, within the framework of the international project "Introduction of new agricultural methods for the conservation and sustainable use of biodiversity, including plant and animal genetic resources, in productive landscapes in selected areas of Cuba." (COBIMAS), through the implementing agency GEF-FAO, a series of actions were carried out aimed at updating the floristic inventory, through collections, data recording, and photos, contributing to the updating of forest management and providing a tool for decision-making regarding silvicultural practices.

Keywords: *conservation, wetland, management, sustainable*





CV-32. Finca Soler como oportunidad de negocios para la comercialización de quesos al sector turístico en el norte espirituano

Finca Soler as a business opportunity for marketing cheeses to the tourism sector in northern Sancti Spiritus

M. Santos Jiménez[1]; Y. Morales Díaz[1]; Y. Yanes Méndez[1] e I. García Viamontes[2]*

[1]Empresa Flora y Fauna Sancti Spíritus, Cuba

[2]Centro Universitario Municipal "Simón Bolívar" de Universidad de Sancti Spíritus "José Martí", Cuba

[*]Correspondencia a: desarrollo@ffnorte.ssp.minag.cu

RESUMEN

Los objetivos de esta investigación, son: Fomentar la cabra criolla, con un enfoque de sostenibilidad. Cerrar ciclo con la producción y comercialización de quesos. Identificar los nichos del mercado interno y externo. Para ello los materiales y métodos utilizados fueron investigación descriptiva, no experimental de carácter transversal y se define una muestra no probabilística que obedece a los criterios de selección del autor. Proponiéndonos los resultados siguientes: La Finca Soler, constituye un coto genético para la conservación y fomento de la cabra criolla. La producción de queso al ser específicamente de leche de cabra criolla aportará valor agregado y será un incentivo al productor para continuar el fomento de esta raza. La comercialización de este producto, amplias potencialidades debido al área geográfica donde se encuentra ubicada la Finca Soler, es zona centro del mercado turístico internacional. Enclavada en el municipio Yaguajay, tiene al norte el Polo Turístico Jardines del Rey con Cayo Santa María y Cayo Coco, al Sur el Polo Turístico de Trinidad. Además, contamos con nichos internos a partir de restaurantes que complementan la actividad de turismo de naturaleza que se presta en los escenarios naturales de nuestra empresa. Concluyendo que: Con la Finca soler, escenario de implementación del Proyecto Cobimas, se pretende conservar in situ, la raza criolla, lo que favorecerá la capacidad de revertir el grado de amenaza que tienen. Se activa la cadena de comercialización del producto, al cerrar ciclo con la producción y comercialización de quesos. Están identificados los nichos del mercado interno y externo.

Palabras clave: *minindustria, queso, cabra criolla, mercado turístico, comercialización.*

ABSTRACT

The objectives of this research are: To promote the creole goat, with a focus on sustainability. To close the cycle with the production and marketing of cheeses. To identify niches in the domestic and international markets. For this, the materials and methods used were descriptive, non-experimental, and cross-sectional research, and a non-probabilistic sample was defined according to the author's selection criteria. We propose the following results: The Soler farm constitutes a genetic reserve for the conservation and promotion of the creole goat. The production of cheese, being specifically from creole goat milk, will provide added value and will be an incentive for the producer to continue promoting this breed. The commercialization of this product has significant potential due to the geographic area of Soler farm, which is in the central zone of the international tourist market. Located in the municipality of Yaguajay, it has to the north the Tourist Complex Jardines del Rey with Cayo Santa María and Cayo Coco, and to the south the Tourist Complex of Trinidad. In addition, we have internal niches based on restaurants that complement the nature tourism activities offered in the natural settings of our company. In conclusion: With Soler farm, the site of the Cobimas Project implementation, the aim is to conserve the creole breed *in situ*, which will help to reverse the degree of threat they face. The product's marketing chain is activated by closing the cycle with the production and sale of cheeses. Internal and external market niches have been identified.

Keywords: *mini-industry, cheese, Creole goat, tourist market, marketing.*

CV-33. Aportes de los servicios veterinarios en la implementación del Sistema Integrado de Gestión del Conocimiento (SIGC). Caso estudio Villa Clara

Contributions of veterinary services in the implementation of the Integrated Knowledge Management System (SIGC). Case study: Villa Clara

Y. Sáez Sarria[1*] *y A. Y. Borges Espinos*[2]

[1]Instituto de Investigaciones Porcinas (IIP), La Habana, Cuba

[2]Departamento de Sanidad Animal de Villa Clara, Cuba

[*]Correspondencia a: saezsarriayanaisy@gmail.com

RESUMEN

La medicina veterinaria y la zootecnia son de gran importancia para la producción de la especie ganadera e incide directamente en la producción de alimentos. La aplicación de la ciencia y la tecnología, la atención médica, uso de tratamientos adecuados procuran obtener resultados relevantes en la producción. El proyecto CONSAS acompaña a los especialistas involucrados a mejorar el servicio veterinario de tres municipios pilotos de la provincia Villa Clara. Mediante apoyo de medicamentos equipos e insumos acompañados de la capacitación, clases prácticas y la extensión agraria se evidencia un cambio en el óptimo rendimiento de las explotaciones pecuarias.

Palabras clave: *atención veterinaria, ganado menor, capacitación, extensión agraria*

ABSTRACT

Veterinary medicine and animal husbandry are of great importance for livestock production and directly impact on food production. The application of science and technology, medical care, and the use of appropriate treatments aim to achieve significant results in production. The CONSAS project supports the specialists involved in improving veterinary services in three pilot municipalities of Villa Clara province. Through the provision of medications, equipment, and supplies, along with training, practical classes, and agricultural extension, a change in the optimal performance of livestock farms is evident.

Keywords: *veterinary care, small livestock, training, agricultural extension*





FERIA DE CONOCIMIENTOS SOBRE AGROECOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE

COORDINADOR:
Dr. C. Giraldo J. Martín Martín, Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey

2025
SILVOPAT

ISBN: 978-959-7171-88-1
Cu-ID: https://cu-id.com/book/978-959-7171-88-1



TABLA DE CONTENIDO

FCA-01. Acciones comunitarias para la conservación de la biodiversidad ante los efectos del cambio climático al Sur del municipio Artemisa 2

FCA-02. Obtención de un fertilizante ecológico a partir de los residuos de *Thalassia testudinum* 3

FCA-03. Iniciativas de desarrollo local como parte del fortalecimiento del desempeño ambiental en la gestión de fincas agroecológicas y valoración de las cadenas gestadas en Geoparque Viñales 4

FCA-04. Transferencia de cultivares mejorados y tecnologías ecoeficientes para potenciar el desarrollo sostenible y la adaptación al cambio climático en la Cooperativa de Créditos y Servicios Niceto Pérez, municipio Güira de Melena 5

FCA-05. El proyecto Clim@s y su impacto en la transición agroecológica de la agricultura familiar en un municipio cubano 6

FCA-06. Creación de capacidades para extender la agroecología en fincas familiares de Cuba 7

FCA-07. Fortalecimiento de la gobernanza local para la territorialización de la agroecología en Cuba 8

2-FCA

FCA-01. Acciones comunitarias para la conservación de la biodiversidad ante los efectos del cambio climático al Sur del municipio Artemisa

Community actions for biodiversity conservation in response to the effects of climate change in the southern Artemisa municipality

A. Argudin Pereira; Maydelín Padrón Collazo; Aimara Calderín Cruz; L. Almeida Medina; Y. Rodríguez Piedra; M. P. Rodríguez Navarro; E. Piedra Albiza y M. L. Pérez Hernández

Proyecto PPD Las Cañas. Artemisa, Cuba

Correspondencia a: mayelinpadron1@gmail.com

RESUMEN

En el municipio Artemisa, las acciones comunitarias para la conservación de la biodiversidad han sido fundamentales ante los efectos del cambio climático. Un resultado importante ha sido la conservación de abejas meliponas, esencial para la polinización y producción de miel y otros derivados. Esta iniciativa ha logrado resultados significativos como el incremento en el número de meliponarios, lo que ha permitido mayor producción y un fortalecimiento de la biodiversidad local. Se ha promovido la utilización de especies exóticas invasoras para la construcción de los meliponarios, mejorando así el habitad en el ecosistema. Importante ha sido la conservación del suelo, con acciones directas como la aplicación de insumos orgánicos, recogida de obstáculos y cobertura con especies herbáceas lo que logra fomentar cultivos más sostenibles que sirven además de alimento para las abejas. El objetivo central de esta iniciativa ha sido Incrementar la conservación de la biodiversidad de especies de abejas *Melipona becheii* en paralelo con la transformación de la matriz energética en fincas de la CCSF "Sierra Maestra" para adaptar la producción de alimentos a los desafíos del cambio climático. Al implementar fuentes renovables de energía como la solar se busca adaptar la producción agrícola a los desafíos del cambio climático. La recuperación de cuerpos de agua naturales y adquisición de sistemas de riego más eficientes han sido de las acciones dirigidas a un uso eficiente del agua. La capacitación ha sido eje transversal a concebir durante todo el período de implementación, donde se fomenta la formación colectiva y el aprendizaje.

Palabras clave: *capacitación, biodiversidad, cambio climático, meliponas*

ABSTRACT

In the Artemisa municipality, community actions for biodiversity conservation have been fundamental in the face of the effects of climate change. One important outcome has been the conservation of Melipona becheii bees, essential for pollination and the production of honey and other derivatives. This initiative has achieved significant results, such as an increase in the number of meliponary nests, which has allowed for greater production and a strengthening of local biodiversity. The use of invasive exotic species has been promoted for the construction of meliponary nests, thus improving the ecosystem habitat. Soil conservation has been important, with direct actions such as the application of organic inputs, the removal of obstacles, and mulching with herbaceous species, which promote more sustainable crops that also serve as food for bees. The central objective of this initiative has been to increase the conservation of the biodiversity of the Melipona becheii bee species in parallel with the transformation of the energy matrix on farms in the Sierra Maestra Community Forestry Commission (CCSF) to adapt food production to the challenges of climate change. By implementing renewable energy sources such as solar energy, the goal is to adapt agricultural production to the challenges of climate change. The restoration of natural water bodies and the acquisition of more efficient irrigation systems have been among the actions aimed at achieving efficient water use. Training has been a cross-cutting theme throughout the implementation period, fostering collective learning and development.

Keywords: *training, biodiversity, climate change, meliponas*





FCA-02. Obtención de un fertilizante ecológico a partir de los residuos de *Thalassia testudinum*

Obtaining an ecological fertilizer from *Thalassia testudinum* waste

Y. Hernández Rivera[1]; M. González Hurtado[2]; L. Siverio Martínez[2]; M. I. Hernández[3]; Y. Acosta Suárez[1]; K. González García[1]; I. Rodeiro Guerra[1]; M. Rodríguez García[1] y A. Pérez Martínez[4]

[1]Instituto de Ciencias del Mar (ICIMAR). Calle Loma #14 e/ 35 y 37, Alturas del Vedado, Plaza de la Revolución, La Habana, Cuba. CP10600.

[2]Instituto de Ciencias y Tecnologías de los Materiales (IMRE-UH), Zapata y G, Plaza de la Revolución, La Habana.

[3]Instituto de Investigaciones Agrícolas Liliana Dimitrova, Km 33 ½, Carretera Bejucal–Quivicán, Quivicán, Mayabeque.

[4]Paisaje Natural Protegido Rincón de Guanabo, Vía Blanca, kilómetro 29, Guanabo, Habana del Este, La Habana, Cuba.

Correspondencia a: kethiagg15@gmail.com

RESUMEN

Thalassia testudinum es una de las plantas marinas más abundantes de la plataforma insular cubana. Esta especie presenta una gran diversidad de compuestos biológicamente activos. En el Instituto de Ciencias del Mar (ICIMAR), se obtiene un extracto a partir de esta fanerógrama marina que resulta de interés para la industria farmacéutica y cosmecéutica. De este proceso se genera un residuo sólido que aún contiene compuestos beneficiosos para las plantas. En el presente trabajo se evaluaron los efectos de una formulación ecológica obtenida a partir de los residuos de *T. testudinum* en cultivos de ciclo corto. Inicialmente se determinó la presencia de macro y micronutrientes en los residuos, lo cual demuestra el aporte nutricional de éstos a la formulación. Además, el estudio de liberación *in vitro* de los macronutrinetes (N, P, K) evidenció que todas las formulaciones obtenidas muestran un mayor control de liberación respecto al fertilizante convencional. El análisis morfológico de la formulación mostró una elevada irregularidad en la superficie de las partículas obtenidas, así como la presencia de grietas o cavidades, todo lo cual facilita la salida de los principios activos hacia el medio. Por otro lado, la aplicación en cultivos de pimientos híbridos evidenció que la formulación ecológica, fue superior en un 20 % con respecto al fertilizante convencional. La formulación ecológica obtenida podría constituir una alternativa con potencialidades de uso en la agricultura.

Palabras Claves: *Thalassia testudinum, formulación ecológica, residuos, formulación*

ABSTRACT

Thalassia testudinum is one of the most abundant marine plants on the Cuban insular shelf. This species exhibits a wide variety of biologically active compounds. At the Institute of Marine Sciences (ICIMAR), an extract is obtained from this marine phanerogram, which is of interest to the pharmaceutical and cosmeceutical industries. This process generates a solid residue that still contains compounds beneficial to plants. In this study, the effects of an organic formulation obtained from *T. testudinum* residues on short-cycle crops were evaluated. Initially, the presence of macro- and micronutrients in the residues was determined, demonstrating their nutritional contribution to the formulation. Furthermore, the in vitro release study of macronutrients (N, P, K) showed that all the formulations obtained exhibit greater release control compared to conventional fertilizer. Morphological analysis of the formulation showed a high degree of surface irregularity in the obtained particles, as well as the presence of cracks or cavities, all of which facilitate the release of the active ingredients into the environment. Furthermore, application to hybrid pepper crops showed that the organic formulation was 20% superior to conventional fertilizer. The organic formulation obtained could constitute an alternative with potential use in agriculture.

Key words: *Thalassia testudinum*, organic formulation, residues, formulation

FCA-03. Iniciativas de desarrollo local como parte del fortalecimiento del desempeño ambiental en la gestión de fincas agroecológicas y valoración de las cadenas gestadas en Geoparque Viñales

Local development initiatives as part of strengthening environmental performance in the management of agroecological farms and valuing the chains created in the Viñales Geopark

R. Romero Miranda; M. Alberto Sánchez Carrillo; J. A Casabella Martínez; Y. Lorenzo Lozano; Yuneisy Arteaga Martínez y *Luis A. Hernández Bosmenier*

Geoparque Viñales. Cuba. Teléfono: 50983061

Correspondencia a: ricardoromeromiranda2021@gmail.com

RESUMEN

Geoparque Viñales otorga gran importancia al logro del bienestar y desarrollo sostenible de las comunidades enclavadas en su territorio. Desde los proyectos liderados con PPD/PNUD se han creado capacidades que fortalecen la gestión ambiental y tributan a la soberanía alimentaria del municipio. En alianzas con actores económicos locales hemos incentivado y coauspiciado iniciativas de desarrollo local que constituyen referencia para la producción de alimentos, la crianza de animales y la práctica del agroturismo. Desde el propósito de fortalecer el desempeño ambiental que garantice producciones estables en el tiempo, pondere el uso racional de los recursos, el acceso a tecnologías y la valorización de las cadenas de comercialización ha surgido la "Minindustria Las Playuelas", "Innova Pecuaria Viñales", "Finca Mogote Verde" y de reciente aprobación "SHEL", entre otros. Desde ellos no solo se pretende proporcionar acceso a recursos e insumos de calidad sino que también se promueve la educación y el uso de técnicas avanzadas y sostenibles, que incluye la creación de una granja modelo para demostración y capacitación, un centro de distribución que asegura la disponibilidad y calidad de los productos, la introducción de principios bioclimáticos para hacer un mejor uso de la tecnología y prácticas de economía circular como contribución a la sostenibilidad ambiental y productiva. Las mejoras tecnológicas y las prácticas avanzadas previstas buscan que sean adoptadas y se mantengan y evolucionen de acuerdo a las necesidades cambiantes del sector, integrando soluciones innovadoras a partir de la demostración y la toma de decisiones informadas y adaptativas.

Palabras claves: *alianzas, capacitación, sostenibilidad*

ABSTRACT

Viñales Geopark places great importance on achieving the well-being and sustainable development of the communities within its territory. Projects led by PPD/UNDP have built capacities that strengthen environmental management and contribute to the municipality's food sovereignty. In partnership with local economic stakeholders, we have encouraged and co-sponsored local development initiatives that serve as benchmarks for food production, animal husbandry, and agrotourism. The aim of strengthening environmental performance that guarantees stable production over time, considers the rational use of resources, access to technologies, and the valorization of marketing chains has led to the emergence of the "Minindustria Las Playuelas," "Innova Pecuaria Viñales," "Finca Mogote Verde," and the recently approved "SHEL," among others. These initiatives not only aim to provide access to quality resources and inputs but also promote education and the use of advanced and sustainable techniques. This includes the creation of a model farm for demonstration and training, a distribution center to ensure product availability and quality, the introduction of bioclimatic principles to make better use of technology, and circular economy practices as a contribution to environmental and productive sustainability. The planned technological improvements and advanced practices are intended to be adopted, maintained, and evolve according to the changing needs of the sector, integrating innovative solutions based on demonstration and informed and adaptive decision-making.

Keywords: *partnerships, training, sustainability*





FCA-04. Transferencia de cultivares mejorados y tecnologías ecoeficientes para potenciar el desarrollo sostenible y la adaptación al cambio climático en la Cooperativa de Créditos y Servicios Niceto Pérez, municipio Güira de Melena

Transfer of improved cultivars and eco-efficient technologies to promote sustainable development and climate change adaptation at the Niceto Pérez Credit and Services Cooperative, Güira de Melena municipality

Mirella Acosta Lorenzo; O. Báez Ravelo; R. Báez Salgado y J. L. Denis González

Proyecto PPD-PNUD El Junco, CCS Niceto Pérez, Güira de Melena, Artemisa, Cuba.

Correspondencia a: mirellaacosta61@gmail.com

RESUMEN

La transferencia de cultivares de malanga entre otros, ha sido una acción estratégica para diversificar la producción agrícola y fortalecer la seguridad alimentaria. Estos tubérculos, adaptados a condiciones tropicales, se han introducido en nuevas áreas mediante prácticas agroecológicas, selección de variedades resistentes y capacitación técnica, lo que ha permitido mejorar los rendimientos y la resiliencia ante plagas y enfermedades. Para apoyar la lombricultura, se ha implementado un sistema de riego eficiente que mantiene niveles óptimos de humedad en los lechos de cría. Este sistema, de bajo consumo hídrico, favorece la producción de humus de lombriz, un abono orgánico de alta calidad que mejora la fertilidad del suelo y promueve prácticas sostenibles. La construcción de una casa de postura ha permitido establecer un espacio protegido para la germinación y desarrollo inicial de cultivos. Esta estructura facilita la producción de postura sanas y vigorosa, listado un túnel de secado para el procesamiento de condimentos, que permite reducir la humedad de forma controlada, mejorando su conservación y valor agregado. Finalmente, la instalación de una estación agrometeorológica automática ha fortalecido el monitoreo climático, proporcionando datos precisos y en tiempo real sobre temperatura, humedad, precipitaciones y velocidad del viento. Esta información es esencial para la planificación agrícola, el manejo del riego y la prevención de eventos extremos. Estas acciones integradas promueven un modelo agrícola resiliente, sostenible y tecnológicamente avanzado.

Palabras claves: *cultivares, lombricultura, condimentos, resiliente*

ABSTRACT

The transfer of malanga cultivars, among others, has been a strategic action to diversify agricultural production and strengthen food security. These tubers, adapted to tropical conditions, have been introduced into new areas through agroecological practices, the selection of resistant varieties, and technical training, which has led to improved yields and resilience to pests and diseases. To support vermiculture, an efficient irrigation system has been implemented that maintains optimal moisture levels in the breeding beds. This low-water-consumption system favors the production of worm castings, a high-quality organic fertilizer that improves soil fertility and promotes sustainable practices. The construction of a seedling house has provided a protected space for germination and initial crop development. This structure facilitates the production of healthy and vigorous seedlings. A drying tunnel is also included for seasoning processing, which allows for controlled moisture reduction, improving their conservation and added value. Finally, the installation of an automatic agrometeorological station has strengthened climate monitoring, providing accurate, real-time data on temperature, humidity, precipitation, and wind speed. This information is essential for agricultural planning, irrigation management, and the prevention of extreme events. These integrated actions promote a resilient, sustainable, and technologically advanced agricultural model.

Keywords: *cultivars, vermiculture, condiments, resilient*

FCA-05. El proyecto Clim@s y su impacto en la transición agroecológica de la agricultura familiar en un municipio cubano

The Clim@s project and its impact on the agroecological transition of family farming in a Cuban municipality

Leidy Casimiro Rodríguez, Disney Prado Jiménez y G. J. Martín Martín.

Universidad de Sancti Spíritus, Cuba.

Correspondencia a: leidy7580@gmail.com

RESUMEN

La agroecología se basa en el uso sostenible de recursos naturales, el diálogo de saberes, el empleo de la biodiversidad para brindar servicios ecosistémicos y contextualizar soluciones que producen beneficios para la resiliencia. El Proyecto Clim@s, financiado por el PPD, tuvo como objetivo: "Crear capacidades en fincas campesinas lideradas por mujeres para el fomento de prácticas y tecnologías que contribuyan con soluciones de acceso a la energía adaptadas a nivel local y orientado a la comunidad baja en emisiones de carbono". El proyecto ha evidenciado con acciones locales para la transición energética basada en el uso de las fuentes renovables de energía y el liderazgo de las mujeres, el aprendizaje colectivo y la implementación de acciones puntuales facilitadas por pequeñas cantidades de recursos financieros, impactos significativos en el beneficio a comunidades campesinas y en la oferta de nuevos productos en el mercado local que dependían hasta ahora de importaciones, mejora en índices de eficiencia, calidad de vida de familias beneficiadas y prácticas contextualizados para el mejoramiento del medio ambiente en la mitigación y adaptación al cambio climático. Las nuevas prácticas, capacitaciones y tecnologías apropiadas ofrecen hoy a las familias alternativas energéticas que generan beneficios ecológicos, culturales y socioeconómicos, con énfasis en la introducción de sistemas de riego fotovoltaicos, la diversificación de la producción de alimentos y de cultivos de plantas oleaginosas para la obtención de aceites vegetales como nuevo producto para las familias campesinas y la comunidad.

Palabras claves: *agroecología, mujeres, fuentes renovables, capacitación*

ABSTRACT

Agroecology is based on the sustainable use of natural resources, the dialogue of knowledge, the use of biodiversity to provide ecosystem services, and contextualize solutions that produce benefits for resilience. The Clim@s Project, funded by the PPD, aimed to: "Build capacity on women-led peasant farms to promote practices and technologies that contribute to locally adapted, community-oriented, low-carbon energy access solutions." Through local actions for energy transition based on the use of renewable energy sources and women's leadership, collective learning, and the implementation of specific actions facilitated by small amounts of financial resources, the project has demonstrated significant impacts on the benefit of peasant communities and the supply of new products in the local market that until now depended on imports. It has also improved efficiency indices and the quality of life of beneficiary families, as well as contextualized practices to improve the environment in mitigating and adapting to climate change. New practices, training, and appropriate technologies now offer families energy alternatives that generate ecological, cultural, and socioeconomic benefits, with an emphasis on the introduction of photovoltaic irrigation systems, the diversification of food production, and the cultivation of oilseed plants to produce vegetable oils as a new product for rural families and the community.

Keywords: *agroecology, women, renewable sources, training*





FCA-06. Creación de capacidades para extender la agroecología en fincas familiares de Cuba

Capacity building to expand agroecology on family farms in Cuba

G. J. Martín Martín[1], F. Reyes Ocampo[1], Elaisis Milán Leyva[2], S. Martínez Hernández[3], N. Padrón Rodríguez[4] y R. Castillo Mestre[5]

[1]Investigador EEPF Indio Hatuey; [2]Investigadora UEICA Holguín; [3]Especialista cultivos varios MINAG Sancti Spíritus; [4]Especialista cultivos varios MINAG Pinar del Río; [5]Profesor Universidad de la Isla de la Juventud

Correspondencia a: giraldo.ihatuey@gmail,com

RESUMEN

La producción de papa se ha basado de forma tradicional en sistemas de producción de altos insumos que se traducen en un elevado uso de maquinaria y agroquímicos. Ello ha contribuido a deteriorar la calidad ambiental, ocasionando problemas de compactación, acidificación, salinización y erosión de los suelos. Para revertir esta situación, se debe buscar la sustitución de las fuentes inorgánicas por fertilizantes orgánicos, como compost, estiércol, abonos verdes o biofertilizantes que conlleven a un incremento de la fertilidad del suelo a través de la mineralización de la materia orgánica, lo que ocasiona una mayor actividad biológica y mejoras en las propiedades físicas del suelo. En este sentido, en Cuba se han utilizado los abonos orgánicos en la producción de tubérculos semilla a partir de semilla botánica de papa. De igual forma en la Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey se ha experimentado en la producción de papa para consumo humano con el empleo de abonos orgánicos en el suelo y el uso de microorganismos eficientes (IHPLUS BF®); además de otros bioproductos de elaboración nacional para la biofertilización y el control de las plagas. Teniendo en consideración los resultados científicos existentes, se procedió a la transferencia de dicha tecnología a las fincas de productores con los objetivos de contribuir al autoabastecimiento local de alimentos. Al introducir y extender esta tecnología durante cinco campañas se ha llegado a 45 municipios de ocho provincias y el municipio especial Isla de la Juventud. Se han involucrado 405 familias campesinas y 295 organizaciones productivas. La producción total ha alcanzado la cifra de 5310,7 t de papa consumo y se han guardado como tubérculos/semillas 298 t.

Palabras claves: *agroecología, capacitación, papa, microorganismos eficientes*

ABSTRACT

Potato production has traditionally been based on high-input production systems that result in extensive use of machinery and agrochemicals. This has contributed to deteriorating environmental quality, causing problems of soil compaction, acidification, salinization, and erosion. To reverse this situation, we must seek to replace inorganic sources with organic fertilizers, such as compost, manure, green manure, or biofertilizers. These fertilizers increase soil fertility through the mineralization of organic matter, resulting in greater biological activity and improved soil physical properties. In this regard, organic fertilizers have been used in Cuba to produce seed tubers from botanical potato seeds. Similarly, the Indio Hatuey Pasture and Forage Experimental Station has experimented with potato production for human consumption using organic fertilizers in the soil and efficient microorganisms (IHPLUS BF®). In addition to other domestically produced bioproducts for biofertilization and pest control. Considering existing scientific results, this technology was transferred to producers' farms with the goal of contributing to local food self-sufficiency. By introducing and expanding this technology over five campaigns, it has reached 45 municipalities in eight provinces and the special municipality of Isla de la Juventud. A total of 405 farming families and 295 productive organizations have been involved. Total production has reached 5,310.7 tons of edible potatoes, and 298 tons have been stored as tubers/seeds.

Keywords: *agroecology, training, potato, efficient microorganisms*

8-FCA

FCA-07. Fortalecimiento de la gobernanza local para la territorialización de la agroecología en Cuba

Strengthening local governance for the territorialization of agroecology in Cuba

Leidy Casimiro Rodríguez; L. Vázquez Moreno; G. J. Martín Martín; Margarita Fernández; Aleida Yanes; R. Pérez y Mónica Saura.

Universidad de Sancti Spíritus, Cuba.

Correspondencia a: leidy7580@gmail.com

RESUMEN

La experiencia se desarrolla en el municipio de Cabaiguán, provincia de Sancti Spíritus, en el contexto de un proceso nacional de reforma del marco legal en Cuba, que promueve la descentralización y reconoce la agroecología y la soberanía alimentaria como ejes estratégicos para el desarrollo local. El Colectivo Agroecológico de Cabaiguán, conformado por diversos actores del Sistema Alimentario Local (SAL), ha impulsado un proceso de construcción participativa de capacidades para la autogestión y la autogobernanza, articulando esfuerzos locales con marcos jurídicos nacionales, y en diálogo con proyectos como "Municipios Sostenibles" para abordar la falta de metodologías adecuadas para guiar procesos territoriales de transición agroecológica, las brechas entre el marco legal nacional favorable a la agroecología y su implementación práctica a nivel local, la limitada articulación de actores del SAL para integrar sostenibilidad y gobernanza en los procesos agroecológicos y la persistencia de enfoques convencionales en la agricultura que relegan la agroecología a estrategia de crisis. Entre los principales resultados se destaca la construcción y aplicación de una metodología participativa para evaluar la transición agroecológica en ecosistemas, con criterios armonizados a partir de metodologías ya existentes en el país, la integración conceptual y operativa de la agroecología en los marcos de gobernanza local del sistema alimentario, la sistematización del vínculo entre las macrofunciones municipales y los atributos de sostenibilidad agroecológica, así como el fortalecimiento de capacidades locales que aportan directamente a la implementación de la Ley de Soberanía Alimentaria y Nutricional.

Palabras claves: *descentralización, agroecología, gobernanza, autogestión, metodología*

ABSTRACT

This experience is taking place in the municipality of Cabaiguán, province of Sancti Spíritus, within the context of a national process of legal framework reform in Cuba, which promotes decentralization and recognizes agroecology and food sovereignty as strategic pillars for local development. The Cabaiguán Agroecological Collective, made up of various actors in the Local Food System (LFS), has promoted a participatory capacity-building process for self-management and self-governance, coordinating local efforts with national legal frameworks and in dialogue with projects such as "Sustainable Municipalities" to address the lack of adequate methodologies to guide territorial agroecological transition processes, the gaps between the national legal framework favorable to agroecology and its practical implementation at the local level, the limited coordination of LFS actors to integrate sustainability and governance into agroecological processes, and the persistence of conventional approaches in agriculture that relegate agroecology to a crisis strategy. Among the main results are the construction and application of a participatory methodology to evaluate the agroecological transition in ecosystems, with harmonized criteria based on existing methodologies in the country; the conceptual and operational integration of agroecology into local governance frameworks for the food system; the systematization of the link between municipal macrofunctions and agroecological sustainability attributes; and the strengthening of local capacities that directly contribute to the implementation of the Food and Nutrition Sovereignty Law.

Keywords: *decentralization, agroecology, governance, self-management, methodology*





SERVICIOS ECOSISTÉMICOS: UN RETO EN LA ACTIVIDAD AGROPECUARIA ACTUAL Y FUTURA

COORDINADORES:

Dr. C. Jatnel Alonso Lazo. Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba

Dr. C. Sandra Lok Mejías, Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba

2025

SILVOPAT

ISBN: 978-959-7171-88-1

Cu-ID: https://cu-id.com/book/978-959-7171-88-1



TABLA DE CONTENIDO

SE-01. Sistemas silvopastoriles biodiversos y la restauración ecológica de agroecosistemas: una respuesta de la ganadaria regenerativa a la emergencia climática 2

SE-02. Sistemas silvopastoriles: Multifuncionalidad y evaluación integral para la sostenibilidad 9

SE-03. Servicios ecosistémicos y evaluación de prácticas agrícolas para la adaptación y mitigación del cambio climático ... 12

SE-04. Sostenibilidad pecuaria de la ganadería bovina de doble propósito de Dajabón, República Dominicana 18

SE-05. Sostenibilidad pecuaria de la ganadería bovina de doble propósito de Santiago Rodríguez, República Dominicana ... 26

SE-06. Variación temporal de indicadores fitosociológicos en una comunidad vegetal sometida a pastoreo 34

SE-07. Contribución del manejo agroecológico de sistemas ganaderos intensivos a la reducción de los límites planetarios en Cuba 37

SE-08. Especies del trópico alto con potencial forrajero 45

SE-09. Potencial bioativo das folhas de *Caryocar brasiliense* Cambess. remanescentes em áreas de pastagem no Cerrado 46

SE-10. Diversidad estructural y uso ganadero como determinantes de la regeneración de bosques de *Austrocedrus chilensis* en la Patagonia argentina 54

SE-11. Especies arbustivas con potencial forrajero, similitudes nutricionales y germinativas cercanas a *Sambucus nigra L* para implementar en un SSP en un paisaje Altoandino 62

SE-12. Comportamiento fenológico y patrón de floración de *Jatropha curcas* L. 72

SE-13. Mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero mediante prácticas silvopastoriles en Honduras: análisis de simulaciones del Proyecto MAF-Ganadería-HN 80

SE-14. Atributos microbiológicos em diferentes sistemas de produção no Cerrado 85

SE-15. Reservas de carbono y nitrógeno del suelo en sistemas silvopastoriles tradicionales del trópico de México 93

SE-16. Diagnóstico cromatográfico da qualidade biológica do solo em sistemas agrossilvipastoris: uma abordagem agroecológica visual 99

SE-17. Efecto de la fertilización en la producción y absorción de nutrientes de la *Trichanthera gigantea*.....106

SE-18. Compactación de un Oxisol de piedemonte por efecto de sistemas de pasturas 108

SE-19. Nanozeolita en la producción intensiva de gramíneas: efectos sobre la producción de biomasa, calidad nutricional, captura de carbono, emisiones edáficas de CO_2 y eficiencia en el uso del nitrógeno.....111

SE-20. Los sistemas silvopastoriles de *Nothofagus antarctica* contribuyen a la producción y fijación biológica de N en Patagonia sur, Argentina 113

SE-21. Efecto de la implementación de un sistema silvopastoril con *Megathyrsus maximus* cv. Mombasa y *Leucaena leucocephala* sobre la producción de biomasa y captura de carbono en un bosque seco tropical 119

SE-22. Influencia del cambio de uso del suelo en los indicadores físicos, químicos y biológicos en áreas de la UEB Ganadera Ciro Frías 125

SE-23. Sellamiento del suelo en diferentes sistemas de pasturas de un Oxisol de piedemonte.....132

SE-24. Efecto de un sistema silvopastoril con leucaena sobre la disponibilidad de nitrógeno y fósforo edáfico en el Valle del Cauca, Colombia 135

SE-25. Condiciones medioambientales asociadas al estrés por calor y al bienestar animal en sistemas silvopastoriles de diferentes regiones de Argentina.....136

SE-26. Capacidad de Carga Turística de un sendero interpretativo 144

SE-27. Descomposición de las excretas y su relación con la dinámica parasitológica de nematodos gastrointestinales de bovinos en sistemas silvopastoriles 150

SE-28. Comportamiento del cultivar c86-12 a la fertilización potásica en suelo ferralítico rojo típico 158

SE-29. Niveles y métodos de aplicación de *Azotobacter chroococcum* sobre el rendimiento de biomasa de Morera (Morus alba) 166

SE-30. El vermicompostaje como técnica de ingeniería ecológica y de economía circular para mejorar la sostenibilidad de los viñedos y la salud del suelo y las vides.....171

SE-31. Estructura ecológica, valor nutricional y almacenamiento de carbono en sistemas silvopastoriles y convencionales en la región amazónica del Perú 179

PA-32. Balance de carbono en arreglos silvopastoriles (SSP) orientados al levante y ceba bovina en una región de bosque seco tropical colombiano.....186

SE-33. Balance de carbono en sistemas ganaderos regenerativos del Chaco paraguayo: un análisis exploratorio 187

SE-34. Biomass production and carbon accumulation of *Eucalyptus urograndis* in an intensive silvopastoral system in southeastern Brazil 198

SE-35. Carbono retenido mediante análisis dasométricos en sistemas silvopastoriles en áreas de intervención del proyecto Cienpinos en viñales.....199

SE-36. Evaluación del secuestro de carbono orgánico de suelo en dos sistemas: silvopastoril y pastizal 207

2-SE

SE-01. Sistemas silvopastoriles biodiversos y la restauración ecológica de agroecosistemas: una respuesta de la ganadaria regenerativa a la emergencia climática

Abdon Schmitt Filho[a,b,e,]; Joshua Farley[b,d,e]; Daniele Kazama[a,b]; Arcangelo Loss[a,b]; Fernando Joner[a,b]; André A Silva[a,b]; Lui M Schmitt[b]; Rafael R Buch[a,b], Luiz F Z Battisti[a,b], Paulo Sinisgalli[b,c]*
[a]Pós-graduação em Agroecossistemas, Univ. Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil
[b]Lab. de Sistemas Silvipastoris e Restauração Ecológica, Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil
[c]Institute for Energy and Environment- IEE, Universidade de Sao Paulo - USP, Sao Paulo, Brasil
[d]Dept. Community Development and Applied Economics, University of Vermont, Burlington, Vermont, USA
[e]Gund Institute for Environment, University of Vermont, Burlington, Vermont - UVM, USA
*Correspondencia a: abdonfilho@hotmail.com

ABSTRACT
Agriculture is the most important sector of the global economy. However, conventional agriculture is perhaps the biggest threat to global ecosystems. We risk potentially irreversible consequences if the ecological impacts of agriculture are not rapidly reversed in the most vulnerable biomes. The Silvopastoral System with nuclei (SPSnu*clei*) was designed in a participatory framework to encompass the ecological restoration of agroecosystems, livelihoods *and multiple ecosystem services*. Our goal was to rehabilitate agroecosystems while synergically increasing food security through non-timber forest products (NTFP), providing shade for livestock, increasing tree biodiversity, improving connectivity, and changing the landscape matrix from pasture to dispersed forest with integrated grass-based livestock production. The system, inspired on applied nucleation theory, consists of 40 nuclei (5 m x 5 m) evenly distributed on each hectare of pasture. This paper aims to discuss the (1) theoretical framework of the SPSnu*clei* and its effect on (2) habitat and biodiversity; (3) carbon sequestration potential; (4) forage production quality; (5) microclimate; and (6) soil attributes. The study tests the hypothesis that the incorporation of native tree nuclei enhances production and ecological processes, partially mitigating the adverse effects of conventional livestock farming practices on biodiversity and climate change. SPSnu*clei* accumulated 18,630 kg of biomass and 4.20 Mg of carbon stock per hectare. The presence of nuclei, despite reducing the area usable forage, optimizes production and quality, thus compensating for the same mass as the treeless system. The SPSnu*clei* improved the microclimate at 120 cm height and near the ground. It also improved the biodiversity and richness of birds, bees, and ants. These results show that SPSnu can mitigate some of the effects of climate change on ecosystem processes and services and create the conditions for ecological rehabilitation of agroecosystems. These figures could be boosted at the biome level once the adoption of SPSnu on treeless pastures is facilitated by public policies, including payment for ecosystem services.
Key words: *climate change, family farming, agroforestry, nature-based solutions, regenerative livestock farming*
Palabras clave: *cambio climático, agricultura familiar, agroforestería, soluciones basadas en la naturaleza, ganadería regenerativa*

INTRODUÇÃO
Los científicos han definido nueve límites planetarios que la humanidad no puede cruzar sin arriesgarse a impactos catastróficos en los ecosistemas globales. La agricultura ya nos ha llevado más allá de los límites seguros en al menos cinco de estos límites que sao: integridad de la biosfera, nuevas entidades, flujos biogeoquímicos, cambio climático, cambio de uso del suelo (Steffen et al. 2015, Persson et al. 2022). Hoy la agricultura convirtiéndose en una de las mayores amenazas para los ecosistemas globales (Godfray, 2011; Foley et al. 2011; Tomalka et al, 2023) y los servicios ecosistémicos que sustentan la vida que estos generan (MEA 2011), incluyendo muchos que sustentan la propia agricultura (DeClerck et al. 2011, Farley Schmitt Filho, 2024). La agricultura industrial convierte aproximadamente 10 calorías en una caloría de comida en un plato, e se centra en cultivos *commodities* (Pimentel et al., 2008; Calo et al. 2025), se convirtiendo en unos dos pillares de las cadenas de concentración de riquezas, jubilado el campesino de su tierra e aumentando la desigualdad (Kemi, 2023).
Convertir los ecosistemas naturales en áreas agrícolas altamente impactadas es una de las mayores preocupaciones para la conservación de la biodiversidad, la resiliencia climáticas y la soberanía alimentaria (Asner et al., 2004). La preservación de la biodiversidad y la prestación de servicios ecosistémicos esenciales para el bienestar humano a largo plazo no pueden ser garantizada únicamente dentro de las unidades de conservación (Fischer et al., 2011) .
Al mismo tiempo, los paisajes agrícolas pueden mantener una parte importante de la biodiversidad si se planifican y gestionan adecuadamente (Fahrig et al., 2011; Seppelt et al., 2020) . Estos paisajes suelen contener elementos naturales, como remanentes de bosques nativos, inmersos en matrices antropogénicas manejadas para la producción agrícola. Y también estas áreas deben planificarse y gestionarse para la producción de alimentos y al mismo tiempo mejorar sinérgicamente la diversidad, el secuestro de carbón y la rehabilitación ecológica dos agroecossistemas.
Las matrices agroforestales, silvopastoriles e agroecológicas heterogéneas benefician el secuestró de carbón e la biodiversidad al permitir una mayor dispersión de organismos entre hábitats naturales y al mismo tiempo reducir los efectos de borde en el borde de los remanentes (Franklin & Lindenmayer, 2009; Urrutia et al., 2020). Logo, los paisajes agrícolas bien planificados pueden satisfacer las necesidades de producción de alimentos y mejorar sinérgicamente los procesos y servicios de los ecosistemas y la conservación de la biodiversidad (Schmitt Filho, et al., 2019; Seppelt et al., 2020; Tscharntke et al., 2012) .
La resiliencia ambiental de los agroecosistemas y el manejo de pasturas tienen un impacto directo en la producción ganadera, especialmente en las regiones tropicales y subtropicales (Nascimento et al., 2017; Nienaber; Hahn, 2007). En Brasil, la producción de carne y leche se ha basado principalmente en pasturas, pero una gestión deficiente ha resultado en más de 42 millones de hectáreas de pasturas degradadas, que son aún más susceptibles al cambio climático (MapBiomas, 2023; Dias-Filho, 2016). Por lo tanto, vincular la producción con la preservación y la restauración ecológica es uno de los desafíos de la agricultura posmoderna. Restaurar, preservar y reducir el impacto de los sistemas de producción puede permitir a la agricultura una renovada viabilidad económica (Kastner et al., 2012; Nelson et al., 2014).



Las regiones intertropicales y subtropicales han demostrado sufrir un mayor impacto del cambio climático, principalmente con una alta frecuencia de condiciones climáticas extremas durante la primavera y el verano. Estas condiciones han perjudicado principalmente a la agricultura convencional, afectando directamente la producción y la rentabilidad (de Souza et al., 2016). Para minimizar los impactos generados por los elementos climáticos antropogénicos en la producción animal alimentada con pasto, es fundamental la búsqueda de alternativas que puedan proporcionar interacciones sinérgicas entre los componentes del agroecosistema (Altieri, 2012). Mejorar los servicios ecosistémicos es fundamental para mantener la calidad del forraje a largo plazo y la productividad ganadera sostenible basada en pasturas (Dosskey et al., 2012; Baliscei et al., 2013). Por lo tanto, los árboles en pasturas tropicales y subtropicales se convirtieron en una necesidad. Por lo tanto, los sistemas silvopastoriles (SSP) se convirtieron en una alternativa beneficiosa para todos por su capacidad para integrar la rehabilitación ecológica de las pasturas de manera rentable (Varella et al., 2016; Fedrigo et al., 2018; Murgueitio et al., 2011; Lopes et al., 2016; Lima et al., 2018).

Como alternativa a la producción animal en pasturas sin árboles en el Bioma Mata Atlántica, el Laboratorio de Sistemas Silvopastoriles y Restauración Ecológica (LASSre/UFSC) ha estado desarrollando el Sistema Silvipastoril con Núcleos (SSPnúcleo) atreves de una metodología de investigación-acción participativa (Méndez et al. 2017) en el sur de Brasil (Schmitt Filho et al. 2013, 2017, 2018, 2019; Schröter et al. 2015; Schmitt Filho y Farley 2020). SSPnúcleo se inspiró en el concepto de nucleación aplicada, un método de restauración ecológica para recuperar bosques degradados basado en múltiples grupos pequeños de árboles (núcleos o islas) como un trampolín para la entrada de biodiversidad (Reis et al., 2003; Corbin y Holl, 2012).

Este trabajo tiene como objetivo discutir el (1) marco teórico del Sistema Silvipastoril con Núcleos (SSPnúcleos), e su efecto en (2) el hábitat y biodiversidad; (3) el potencial para el secuestro de carbono; (4) la cualidad e producción forrajera, (5) lo microclima, y (6) los atributos del suelo. El estudio testa la hipótesis de que la incorporación de núcleos de árboles nativos intensifica la producción e los procesos ecológicos mitigando parcialmente los efectos adversos de las prácticas ganaderas convencionales sobre el cambio climático en la biodiversidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Biomasa e carbono

Los datos fueron recolectados durante febrero y marzo de 2017. Todos los árboles evaluados tenían cinco años de edad y sus mediciones incluyeron diámetro a la altura del pecho (DAP), diámetro a la altura del suelo (DSH) y altura total (h), según lo realizado de acuerdo con Higa et al. (2014). El diámetro de los árboles se midió utilizando una cinta métrica y su altura total se determinó utilizando una regla telescópica de 15 metros, siguiendo el método descrito por Lacerda et al. (2009). Los análisis de datos para la estimación de biomasa y carbono se realizaron utilizando información de 60 núcleos agroforestales. Los cálculos de biomasa en cada núcleo se basaron en la ecuación propuesta por Brown (1997), para especies de árboles en el bosque tropical de América del Sur **[ln Carbono (kg) = -3.59289 + 1.65173 x ln (diámetro) + 1.19272 x ln (h)]**. Para la evaluación del carbono se utilizó la ecuación propuesta por Miranda et al. (2011) para individuos arbóreos tanto en plantaciones forestales como en agroforestería **[(ln Carbono (kg) = -3,59289 + 1,65173 x ln (diámetro) + 1,19272 x ln (h)].**

El análisis se ajustó a modelos lineales múltiples con biomasa y stock de carbono como variables dependientes y densidad, riqueza y porcentaje de leguminosas como variables independientes. Para el análisis de biomasa y carbono se aplicó el método Stepwise delineado por Steffen et al. (2011).

Microclima

Se midieron los parámetros del ambiente térmico y de la pastura en los núcleos de los SSPnúcleos y se compararon con una pastura sin árboles (TLP) durante cuatro estaciones. Ambos sistemas se dividieron en áreas alrededor de los núcleos (AN) y áreas internúcleos (IN). Para las mediciones del ambiente térmico, se registraron las áreas sombreadas o no por los árboles de los núcleos. En cada estación, se midieron los siguientes factores ambientales: temperatura del aire (TA, ºC), humedad relativa (HR, %), iluminancia (ILUM, lux), velocidad del viento (WS, m/s) y temperatura superficial del suelo (TSM, ºC). Además, se evaluaron la composición botánica (%), producción de la pastura (kg/MS/ha), altura de la pastura antes del pastoreo (cm) y calidad de la pastura (%).

Habitat & biodiversidad

Pájaros

Este estudio se realizó en 3 fincas de leche ubicados en la matriz agrícola del bioma Mata Atlántica en el sur de Brasil. Para cuantificar la diversidad de aves, se instalaron grabadoras de sonido simultáneamente dentro de estos hábitats durante la primavera y el verano de 2016 y 2017 en tres granjas lecheras.

Hormigas

Este estudio se realizó en 3 fincas de leche ubicados en la matriz agrícola del bioma Mata Atlántica en el sur de Brasil. La recopilación de datos sucedió en 2017 y 2018. Se formó una comunidad de hormigas epigeas evaluados con trampas de caída en tres hábitats: bosque, pastura sin árboles, y SSPnúcleos.

4-SE

Las muestras de hormigas recolectadas se conservaron en etanol al 70%, se clasificaron y se montó al menos un individuo por morfoespecie en alfileres entomológicos.

Comunidad de abejas

Este estudio evaluamos la influencia del SSPnúcleos sobre la diversidad, riqueza y abundancia de abejas. Varios individuos de abejas, muestreados por rango temporal, fueron capturados en el componente pastura sin árboles (PSA), Sistema Silvopastoril con Núcleos (SPSnu - SSP) y Bosque (FFL)

Producción e cualidad de pasturas

Se establecieron dos áreas experimentales para las evaluaciones de este estudio. El área experimental 1 se ubica en el municipio de Santa Rosa de Lima, en Santa Catarina, sur de Brasil. El área de pastizales manejadas bajo el Sistema Voisin desde 1999. Durante el período invernal, la pastura se resembra con *Avena sativa, Lolium multifolium* y *Triflolim repens*. El Sistema Silvipastoril con Núcleos (SSPnucleos) se implementó en la propiedad en 2012 a una densidad del 10% (SSPnu10) del área (40 núcleos de 5x5m por ha. Se tomaron como control potreros sin árboles (PSA). Las evaluaciones se llevaron a cabo en los años 2017 a 2019 en las áreas circundantes (a 2,5 m del núcleo) y en el internúcleo (a 5 m del núcleo).

El área experimental 2 está ubicada en la Unidade de Ensino e Pesquisa em Sistemas Silvipastoris con Núcleos de la Granja Experimental de Ressacada (UFSC), en el municipio de Florianópolis, Sur de Brasil. En el área experimental existe un pastizal manejado bajo el Sistema Voisin El SSPnúcleos se implementó en la zona en 2019. El área consta de 18 potreros de 2.500 m² cada uno divididos en 3 bloques con 2 potreros de cada uno de los tres tratamientos: SSPnu5 (5% del área con núcleos, 20 por ha) y SSPnu10 (10% del área con núcleos, 40 por ha), además de los pastos sin árboles (PSA). El manejo del pastoreo se realiza con un período de ocupación de 48 horas y una carga promedio de 3.3 $UA.ha^{-1}$ y un período de descanso promedio de 58 días. El pasto se evaluó en ciclos de ocupación entre agosto de 2021 a julio de 2022 y abril a octubre de 2023. Los datos de producción masiva de forraje y calidad de los diferentes tratamientos se sometieron a anova para estimar las medias y a la prueba de Tukey al 5% para compararlos entre sí.

RESULTADOS

SISTEMA SILVOPASTORIL CON NÚCLEOS - SSPNU

Los SSPnu se basan en la diversidad funcional (Petchey etal. 2012; Laureto et al., 2015) para acelerar la restauración ecológica a través de procesos sucesionales. Seleccionamos especies tanto por sus beneficios ecológicos como económicos, y utilizamos la estrategia de nucleación aplicada, con pequeños grupos de árboles que imitan la sucesión natural como una técnica de **restauración rentable** (Corbin et al. 2012). El SSPnu consisten en cinco grupos funcionales (GF). El GF1 es el suministro de servicios con especies pioneras (incluidos los plátanos, la única especie exótica), centrados en lograr una cobertura de dosel y la producción comercial rápida. En este GF existen dos spp, 4 *Schinus therembitifoius* y 4 *Mimosa sp* por núcleo, para la producción de plátano y pimienta rosa, respectivamente. El GF2 es la reestructuración del paisaje/facilitación de la sucesión.Este consiste 6 especies pioneras de rápido crecimiento que pueden crear rápidamente las condiciones necesarias para que prosperen otras especies nativas. El GF3 es el suministro de servicios con especies clave, con 8 palmas Juçara (Euterpe edulis) per nucleo, una especie clave y pariente cercana del açai (E. oleraceae) con un alto valor de mercado. El GF4 es el enriquecimiento, con dos árboles clímax para incrementar la biodiversidad. FG5 son polinizadores, que consisten en colmenas de abejas nativas, cuya miel es un producto de mercado valioso. Asi son, 60 especies nativas diferentes por hectárea (Schmitt Filho y Farley, 2020).

Los núcleos de 5x5 metros de agroforestería nativa se colocan en pastizales sin árboles. Así, se colocan 40 núcleos/ha de forma equidistante. Los grupos funcionales se plantan en el transcurso de 4-5 años. Los núcleos agroflorestales cubren el 10% de los pastizales y en 2 años proporcionan una sombra de más del 30%, aliviando el estrés térmico, que en los subtropicos puede reducir la producción de leche en 20% (Craesmeyer et al., 2017; Deniz et al. 2018). Muchos agricultores quieren el SSPnu simplemente por la sombra del pasto. (Joseph et al. 2016). El resultado es 40 núcleos agroflorestales por hectárea totalizando 800 arboles de 60 spp distintos, mas 160 plátanos y 8 colmenas de abejas nativas. Destes 320 son *E. edulis* y 160 *Schinus terbitifolius* para producir açaí de Jucara y pimeta rosa, respectivamente, además 160 plátanos. Estes son productos forestales no maderables que generan ingresos (Schmitt-Filho y Farley 2020).

En una proyección a 10 años, el periodo de recuperación descontado es de 3 a 4 años. La TIR (tasa interna de retorno) fue del 57%, El VPN (valor actual neto) fue de R$ 58.163,94, lo que demuestra que el SSPnu es económicamente competitivo (Schmitt Filho y Farley 2020).

Biomassa e carbono secuestrada

Se muestrearon un total de 534 árboles individuales en 60 núcleos distribuidos en 8 potreros. El diámetro varió de 0,4 a 34 cm, mientras que la altura varió entre 0,14 y 11 metros. Las especies secundarias tempranas y tardías representan el 44,8 y el 37,9 % del total de especies en los núcleos. Sin embargo, una especie pionera (M. scabrella) tiene un área basal mayor con el 82,9 % del total.



En cuatro años, la biomasa acumulada fue de 18.630 kg/ha de SPSnu mientras que el stock de carbono fue de 4,2 Mg C/ha (1000 m2 de 40 núcleos contiguos). Son 40 núcleos con una superficie de 25 m² en 1 hectárea de pastura, totalizando 1000m² de superficie de núcleos en una hectárea del sistema SPSnu. Durante el establecimiento de los núcleos agroforestales (SPSnu), M. scabrella, mostró la mayor acumulación de biomasa con 162,3 Mg ha-1, y reflejó el mayor stock de carbono con 37,5 Mg C ha-1 (Tabla 2). Citharexylum myrianthum y Euterpe edulis se encuentran a continuación, con 7,4 y 5,8 Mg ha-¹ de biomasa y 1,7 y 0,6 Mg C ha-¹, respectivamente.

Tanto la biomasa como el carbono exhibieron un aumento con el aumento de la densidad de árboles en los núcleos (Figura 3). Nuestro análisis profundizó más en cómo el aumento se ve afectado por la riqueza y el porcentaje de plantas leguminosas. La densidad de árboles demostró un efecto significativo en la acumulación de biomasa ($R^2 = 0,16$; valor p < 0,001), mientras que no se observó correlación con la riqueza de especies y el porcentaje de plantas leguminosas en los núcleos (Figura 3a). En cuanto al stock de carbono, tanto la densidad de árboles como el porcentaje de plantas leguminosas en los núcleos exhibieron una influencia significativa ($R^2 = 0,11$; p-valor = 0,020; Figura 3b). Cabe destacar que la riqueza de especies no mostró una relación significativa ni con la acumulación de biomasa ni con el stock de carbono. De manera similar, como se observó en relación con la biomasa, el stock de carbono está relacionado con la densidad de individuos de árboles en los núcleos. También observamos que la acumulación de carbono está relacionada con la densidad de individuos en cada núcleo.

Resultados: pájaros

Ocho especies del interior y borde del bosque fueron observadas en el SPSnu, pero no en los pastizales sin árboles. Ocurrencia de las 10 principales aves en el interior del bosque. Para el borde del bosque y los hábitats SPSnu, la curva de rarefacción de las especies de aves observadas tiende a estabilizarse, mientras que para el interior del área de bosque y pasto, la asíntota puede estar cerca.

Los SPSnu se asociaron con un aumento de aproximadamente el 25% en las especies de aves en las fincas estudiadas (de 27 a 34). En los núcleos SPS se observaron ocho especies del interior y borde del bosque, pero no en los pastizales sin árboles. Los núcleos agroforestales multiespecies de SPSnuclei actuaron como trampolines para aumentar la conectividad entre los remanentes de bosques.

Resultado: hormigas

La riqueza total de especies en SPSnu fue similar a la de los bosques y mayor que la de los pastizales sin árboles. La composición de especies encontrada en SPSnu fue bastante variable y más similar a la composición de los pastos sin árboles que a la de los bosques.

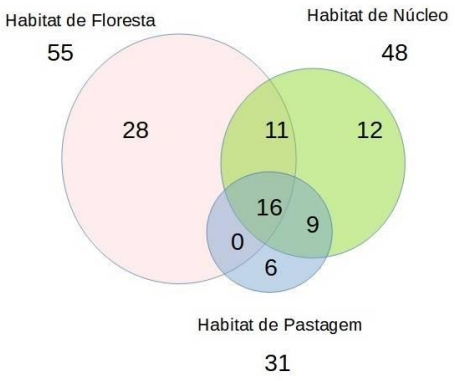


Diagrama de Venn que representa el número de especies compartidas entre hábitats.

Estos resultados muestran que existe un aumento de la riqueza con la inclusión de núcleos arbóreos en comparación con pastos sin árboles. Otros estudios también indican que la inclusión de componentes de árboles aumenta la diversidad de hormigas.

Resultado: Comunidad de abejas

Varios individuos de abejas, muestreados por rango temporal, fueron capturados en el componente Pastizales sin árboles (PSA), Sistema Silvopastoril de Alta Biodiversidad (SPSnu - SSP) y Fragmento de Bosque (FFL).

Apinae: 749 individuos (91%)

Halictnae: 59 individuos (7,24%)

Megachilinae con 11 individuos (1,35 %)

6-SE

Número de especies, individuos, diversidad y dominancia (Shannon-Wiener y Simpson), e índices de uniformidad (Pielou) para especies de abejas capturadas en el componente de pastos sin árboles (PSA), el Sistema Silvipastoril de Alta Biodiversidad (SPSnu-SSP) y el fragmento de bosque (FFL).).

Indices de diversidade	PSA	SSP	FFL
Número de espécies	14	23	20
Número de indivíduos	164	370	285
Shannon-Wiener	1,33	1,817	1,049
Simpson	0,5695	0,7192	0,4415
Pielou	0,5041	0,5794	0,3502

El sistema silvopastoril de Alta Biodiversidad (SPSnu) influyó positivamente en la comunidad de abejas, indicando que la presencia de especies vegetales nativas favorece a estos insectos, considerados bioindicadores de la calidad ambiental.

El SPSnu presenta mayor abundancia de individuos muestreados y el Fragmento de Bosque tiene mayor diversidad de especies según los índices de diversidad utilizados. El índice Jaccard apunta a una mayor similitud entre Forest Fragment y SSPnu. El SPSnu presenta una distribución de abundancia más uniforme. El SPSnu promovió un aumento en la abundancia de abejas A. mellifera en comparación con pastos sin árboles.

Resultados: Producion e qualidade de pasturas

En el área experimental 1, en 2017, se encontró que en las estaciones el área internúcleo presentó mayor producción de masa en relación con el PSA (Tabla 1), a excepción del otoño donde la masa fue la misma. Además, el valor promedio anual de proteína cruda (PC) de las áreas con núcleo fue de 19.8% en el entorno y de 18.9% en el internúcleo, superior ($p<0.05$) al PSA, que presentó PC de 17.9%.

En los años 2018 y 2019, los valores de producción anual promedio de massa fueron similares, con valores de 3573.30 en 2018 y 3714.06 kg de MS. ha^{-1} en 2019 para SSPnu10. Para PSA, se observaron valores de 3256.76 en 2018 y 3737.80 kg de MS. ha^{-1} en 2019 (Tabla 2). En 2018, la masa del dosel forrajero fue 317 kg de MS. ha^{-1} mayor para los SSPnúcleos en relación con el PSA, lo cual es una diferencia importante para la competitividad de la producción basada en pasturas en SSPnúcleos.

En el área experimental 2, donde también se evaluó la densidad de 5% de núcleos en el área, al comparar los sistemas (PSA, SSPnu5 y SSPnu10 - Tabla 2) se observó que no hubo diferencia significativa ($p<0.05$) en la producción de materia seca (MS) entre los diferentes tratamientos, a pesar de las variaciones en el área disponible para el crecimiento de forraje en los diferentes tratamientos. El rendimiento promedio de MS fue de 1,393 $kg.ha^{-1}$ para PSA, 1,334 $kg.ha^{-1}$ para SSPnu5 y 1,285 $kg.ha^{-1}$ para SSPnu10. Al analizar el porcentaje de PC, se observó una diferencia significativa ($p<0,05$) donde SSPnu10 (8.9%) fue mayor que PSA (8.1%) y SSPnu5 (8.1%), y no hubo diferencia para los valores de FDN.

Tabla 2. Producción promedio de Materia Seca (MS) en kg por ha, porcentaje de proteína cruda (PC) y fibra detergente neutro (FDN) por ocupación en los tratamientos de Pastos Sin Árboles (PSA), Sistema Silvipastoril 5% (SSPnu5) y 10% (SSPnu10) en el área experimental 2 entre los años 2021 a 2022.

Variables	PSA	SSPnu5	SSPnu10
MS, $kg.ha^{-1}$	1393	1334	1285
PC, %	8.1b	8.1b	8.9a
FDN, %	38.2	38.3	38.2

Las medias seguidas de la misma letra en la línea no difieren entre sí según la prueba de Tukey ($p<0.05$).

La mitigación microclimática observada en las pasturas bajo SSPnúcleos citada por Deniz et al. (2018) y las mejoras en los atributos químicos y físicos del suelo citadas por Battisti et al. (2018) explican las mayores o iguales producciones em masa de tratamientos con SSPnu, aun cuando la presencia de estos ocupe una proporción del área y con sombreado en partes. Además, se destaca el potencial de los SSPnu para mejorar la calidad de las pasturas.

Los árboles contribuyen significativamente a la calidad del suelo a través de la adición de materia orgánica y el ciclo de nutrientes, lo que puede compensar la pérdida de área útil para el crecimiento del forraje, lo que resulta en una producción total de forraje que no difiere significativamente de las áreas sin árboles (CARVALHO et al., 2001).



Investigaciones destacan el potencial de la sombra y la biomasa arbórea para aumentar la disponibilidad de nitrógeno en el suelo, aumentando a su vez la concentración de nitrógeno en la materia seca de las especies forrajeras (PACIULLO et al., 2014). Este aumento de nitrógeno se traduce en una mejora en la calidad de las pasturas (SOUSA et al., 2010) y un aumento en la producción de pasturas (CARVALHO et al., 2001; DIAS-FILHO, 2006). En el presente estudio, esta dinámica se observó en los rendimientos promedio de materia seca (MS) y proteína cruda (PC) entre los pastos sin árboles (PSA) y los sistemas silvopastoriles (SSPnu5 y SSPnu10).

CONCLUSIONES

Biomassa e carbono

El Sistema Silvopastoril con Núcleos (SPSnu) acumuló 18.630 kg de biomasa y 4,20 Mg de reserva de carbono por hectárea del sistema (1000 m de núcleos agroflorestais contiguos). La extracción de carbono atmosférico mediante la implementación de núcleos agroforestales de SPSnuclei puede considerarse un sumidero de carbono significativo con el potencial de mitigar parcialmente el impacto de la ganadería convencional sobre el cambio climático.

Los resultados de esta investigación destacan que la introducción de núcleos agroforestales en pasturas no naturales del Bioma Mata Atlántica condujo a la rehabilitación ecológica de agroecosistemas y paisajes rurales. Este proceso promueve el secuestro de carbono de forma sinérgica con la producción ganadera. Por lo tanto, los núcleos SPS, funcionando como un modelo ganadero de bajo carbono, emergen como una alternativa viable para los programas de Pago por Servicios Ecosistémicos.

Hábitat & biodiversidad

El SPSnu se caracteriza por ser una fuente de recursos para las abejas, aumentando la diversidad y los servicios ecosistémicos asociados. El SPSnu incrementó la diversidad de aves en el agroecosistema. Estos estudios demostraron los beneficios de la nucleación aplicada a hormigas, pájaros y abejas en SPSnu. La influencia de la nucleación aplicada en el diseño de SPSnu ha integrado sinérgicamente los pastos con la conservación de la biodiversidad de hormigas, aves y abejas.

Estos sugieren que el SPSnu en el contexto agroecológico puede conciliar la agricultura, la rehabilitación del paisaje, los servicios ecosistémicos y la conservación de la biodiversidad.

Producion e qualidade de pasturas

La presencia de núcleos de árboles en la pastura, a pesar de reducir el área útil para forraje, optimizam la producción y calidad, así, compensa con la misma masa que el sistema sin árboles. SSPnu se caracteriza por ser un excelente sistema que combina la producción animal y la restauración ecológica con el potencial de mitigar los efectos climáticos extremos.

BIBLIOGRAFÍA

Alvez, JP, Schmitt Filho, AL, Farley, J, Erickson, JD, Méndez, VE. Transition from semi-confinement to pasture-based dairy in Brazil: farmers view of economic and Environment performances. *Agroecology and sustainable food systems*. 38:9, p. 995-1014. doi: 10.1080/21683565.2013.859222 (2014).

Brasileiro-Assing, A. C. B.; Kades, J.; de Almeida Sinisgalli, P. A.; Farley, J.; Schmitt-Filho, A., Performance Analysis of Dairy Farms Transitioning to Environmentally Friendly Grazing Practices: The Case Study of Santa Catarina, Brazil. *Land* **2022,** 11, (2), 294.

Brown, S. Estimating biomass and biomass change of tropical forests: a primer. Forestry Paper 134. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome, 55p. (FAO Forestry Paper - 134) (1997).

Bustamante, MMC, Silva, JS, Scariot, A. Ecological restoration as a strategy for mitigating and adapting to climate change: lessons and challenges from Brazil. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*. 24, p. 1249–1270. doi: 10.1007/s11027-018-9837-5 (2019).

Brown, IF, Martinelli, LA, Thomas, WW, Moreira, MZ, Ferreira, CAC, Victoria, RI. Uncertainty in the biomass of Amazonian forests: an example from Rondônia, Brazil. *Forest Ecology Management*, v. 75, p. 175-189. doi: 10.1016/0378-1127(94)03512-U (1995).

Corbin, J. D.; Holl, K. D., Applied nucleation as a forest restoration strategy. *Forest Ecology and Management* **2012,** 265, (0), 37-46.

Farley, Schmitt Filho, 2024

Higa, RCV, Cardoso, DJ, Andrade, GC, Zanatta, JA, Rossi, LMB, Pulrolnik, K, Nicodemo, MLF, Garrastazu, MC, Vasconcelos, SS, and Salis, SM. Protocolo de medição e estimativa de biomassa e carbono florestal [recurso eletrônico]. Dados eletrônicos - Colombo: Embrapa Florestas (2014).

IPCC. Clima Change. Intergovernamental Panel on climate change. Impacts, Adaptation and Vulnerability. 2022. March 2022 by the IPCC, Switzerland. ISBN 978-92-9169-159-3 (2022).

Joseph, L.; Schmitt-Filho, A. L.; Zambiazi, D. C.; Fantini A.C.; A.C., C., Percepção de produtores de leite com sistema Voisin em relação à implantação de Sistemas Silvipastoris. *Cadernos de Agroecologia* **2016,** 11, (2).

Lee, J, Sohye, L, Seung, HH, Seongjun, K, Yujin, R, Kamariah, AS, Stephan, AP and Yowhan, S. Estimating Carbon Dynamics in an Intact Lowland Mixed Dipterocarp Forest Using a Forest Carbon Model. Florestas, 8 (4). doi: 10.3390/f8040114 (2017).

Lacerda JS, Couto HT, Hirota MM, Pasishnyk, J. Polizel L. Estimativa da biomassa e carbono em áreas restauradas com plantio de essências nativas. Centro de Métodos Quantitativos do *Depto. de Ciências Florestais*, ESALQ, Universidade de São Paulo (2009).

Laureto, L. M. O.; Cianciaruso, M. V.; Samia, D. S. M., Functional diversity: an overview of its history and applicability. *Natureza & Conservação* **2015,** 13, (2), 112-116.

Miranda, DLC, Melo, ACG and Sanquetta, CR. Equações alométricas para estimativa de biomassa e carbono em árvores de reflorestamento de restauração. *Revista Árvore*, vol. 35, n° 3, p. 679-689. doi: 10.1590/S0100-67622011000400012 (2011).

Mottet, A, De haan, C, Falcucci, A, Tempio, G, Opio, C and Gerber, PJ. Livestock: On our plates or eating at our table? A new analysis of the feed/food debate. *Global Food Security*. 14, p. 1-8. doi: 10.1016/j.gfs.2017.01.001(2017).

Prasad, R, Kumar, R, Yadav, AQ, Kumar, S, Kumar and M, Singh R. Impacts of climate change on agriculture: Adaptation, mitigation and environmental Policy. In: Shukla V, Kumar , Kumar N. (eds) *Plant Adaptation strategies in Changing Environment Springer*, Singapore. doi: 10.1007/978-981-10-6744-0-14 (2017).

Pimentel, D.; Pimentel, M., *Food, energy, and society*. CRC Press: Boca Raton, Florida, 2008.

Pfeiffer, D. A., *Eating fossil fuels: oil, food, and the coming crisis in agriculture*. New Society Publishers: 2006.

Petchey, O. L.; Gaston, K. J., Functional diversity: back to basics and looking forward. *Ecology Letters* **2006,** 9, (6), 741-758.

Schmitt, Filho. AL, Fantini, AC and Farley, J. Nucleation theory inspiring the design of high biodiversity silvopastoral system in the Atlantic Forest biome: ecological restoration, family farm livelihood and agroecology. VII World Conference on Ecological Restoration – SER, Foz do Iguaçu BR (2017).

Schmitt, Filho. AL. and Farley, J. Transdisciplinary case approaches to the ecological restoration of rainforest ecosystems. In: Felix Fuders and Pablo Donoso (Eds.), Ecological economic and socio ecological strategies for forest conservation with special focus on Chile and Brazil: A transdisciplinary approach. *Springer International Publishing AG*. Zug Switzerland. doi.org/10.1007/978-3-030-35379-7_10 (2020).

Steffen, W, Persson, A, Deutsch, L, Zalasiewicz, J, Williams, M, Richardson, K and Svedin, U. Anthropocene: From Global Change to Planetary Stewardship. AMBIO. 40(7), p. 739–761. (2011).

Wickham, H. Ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis. Springer-Verlang, New York. (2009).





SE-02. Sistemas silvopastoriles: Multifuncionalidad y evaluación integral para la sostenibilidad
Silvopastoral Systems: Multifunctionality and integrated sustainability assessment

J. Chará

CIPAV, Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria. Carrera 25 # 6-62, Cali, Colombia.

Correspondencia a: julian@fun.cipav.org.co

ABSTRACT

Livestock production faces the dual challenge of meeting the growing global demand for animal protein while reducing its environmental footprint and enhancing rural well-being. In Latin America and the Caribbean, livestock occupies most of the transformed land, either directly through grazing or indirectly for feed production, and thus has enormous potential to contribute to climate change mitigation, ecosystem restoration, and rural development when based on sustainable systems. Silvopastoral systems (SPS) — integrated combinations of trees, shrubs, pastures, and livestock — represent nature-based solutions capable of reversing the negative impacts of conventional livestock production while improving productivity, profitability, and resilience.

The multifunctionality of SPS arises from the synergies among their components. Pastures protect and enrich soils, promote nutrient cycling, and support soil fauna and biodiversity. Trees provide shade, fodder, and additional income sources while enhancing soil stability, moisture retention, and carbon sequestration. They also improve animal welfare, contribute to nitrogen fixation, and create habitats and ecological corridors that increase landscape connectivity. The animal component transforms forage into valuable products while contributing to nutrient recycling. Through these interactions, SPSs increase total biomass production per hectare, reduce input requirements, and deliver multiple ecosystem services.

Given their potential to provide environmental, economic, and social benefits, SPS contribute directly to several Sustainable Development Goals, including poverty reduction, food security, climate action, and ecosystem conservation. To optimize their benefits and monitor progress, it is essential to evaluate SPS performance through an integrated framework encompassing biodiversity protection, carbon sequestration, greenhouse gas mitigation, climate resilience, animal welfare, productivity, livelihoods, and water protection. Such evaluation should be context-specific and participatory, reflecting local conditions and stakeholder priorities. Silvopastoral systems thus emerge as a multifunctional pathway toward sustainable livestock production and resilient rural landscapes.

Key words: *agroforestry, biodiversity, climate resilience, ecosystem services, sustainable livestock production*

RESUMEN

La producción animal se enfrenta al reto de generar más alimentos y proteínas en las próximas décadas para satisfacer la creciente demanda mundial y, al mismo tiempo, reducir su huella climática y medioambiental, y aportar al bienestar del sector rural. La producción ganadera ocupa la gran mayoría de la tierra transformada en América Latina y el Caribe, tanto directamente en las zonas de pastoreo como indirectamente para generar alimentos y otros insumos. Por esta razón tiene también un gran potencial para contribuir al desarrollo rural, la mitigación del cambio climático y la restauración de vastos territorios si se desarrolla a partir de sistemas de producción sostenibles. Los sistemas silvopastoriles (SSP) se han propuesto como parte de las soluciones basadas en la naturaleza para revertir el impacto ambiental negativo de la ganadería y aumentar al mismo tiempo la producción animal, el rendimiento económico y los medios de vida de poblaciones rurales.

Los sistemas silvopastoriles son una integración sinérgica entre árboles, arbustos, pastos y ganado que potencia la producción, la biodiversidad, la resiliencia, el bienestar animal y la salud del suelo. Debido a la combinación de estratos y de especies, los SSP pueden prestar múltiples servicios en el ámbito productivo, ambiental y climático, y contribuir con los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) como los de producción y consumo responsable (ODS 12), de conservación de ecosistemas (ODS 15) de reducción de efectos negativos sobre el clima (ODS 13) y de reducción de la pobreza y el hambre (ODS 1 y 2).

Para obtener los mayores beneficios, cada componente incluido en el sistema silvopastoril debe ser manejado de manera estratégica considerando a su vez las interacciones que tiene con los demás componentes y su influencia sobre la producción, sobre el suelo (y la influencia de este sobre el ciclo hidrológico), y sobre la diversidad biológica, entre otros.

Los pastos (que incluyen gramíneas, leguminosas y otras plantas herbáceas) son la principal fuente de forraje para el ganado. Su producción depende de las condiciones del suelo y de los nutrientes que reciba de otros componentes del sistema o de fuentes externas. Además de las condiciones inherentes del suelo, influyen en su producción los niveles de radiación solar, la humedad y la temperatura que son, a su vez, moderadas por la presencia de árboles, su estructura y

distribución. Por último, el estado y crecimiento de las pasturas son afectadas positiva o negativamente por el componente animal a través del consumo, pisoteo y aporte de nutrientes. El ritmo de consumo por parte del ganado, que incluye la carga animal, así como los periodos de ocupación y descanso, son elementos fundamentales que deben manejarse de acuerdo con la producción, época del año y las especies presentes en la pastura para aprovecharla en su momento óptimo de producción y contenido de nutrientes, y conservarla a lo largo del tiempo. Desde el punto de vista de su influencia en otros componentes del sistema, las pasturas son fundamentales en la conservación del suelo pues lo protegen de la erosión o deterioro por desecación o por el impacto de la lluvia y, a través de su sistema radicular y la producción de follaje, reducen la compactación, aportan materia orgánica, y contribuyen a la captura de carbono y al ciclaje de nutrientes. Plantas herbáceas como leguminosas también benefician al suelo a través de la fijación de nitrógeno atmosférico y algunas otras plantas aportan también a la disponibilidad de otros nutrientes a través de diferentes mecanismos. Las pasturas en buenas condiciones de biomasa son también importantes desde el punto de vista de la conservación de la biodiversidad pues muchas especies de aves, artrópodos, reptiles y roedores, entre otros, las utilizan como fuente de alimento, anidación o refugio. Las pasturas en buen estado contribuyen a que el suelo tenga adecuadas condiciones para la macrofauna que incluye, entre otros, insectos, termitas, lombrices, miriápodos, arácnidos e isópodos que actúan como ingenieros del suelo y contribuyen a su estabilidad, estructura, infiltración de agua, reciclaje y disponibilidad de nutrientes. Además de las importantes funciones que cumplen en el suelo, muchos de estos organismos son a su vez, fuente de alimento para aves, reptiles y otros animales.

Los árboles de los SSP proporcionan sombra, refugio y forraje para el ganado con lo que contribuyen a su bienestar. Además, generan ingresos por la venta de productos como madera, leña, frutas o nueces, entre otros productos. De acuerdo con el sistema y el tipo de árbol, representan un aporte importante de alimento para el ganado sobre todo en épocas secas cuando la producción de pastos disminuye y los árboles pueden proporcionar follaje verde, hojas secas, vainas y frutos que suministran nutrientes fundamentales en épocas críticas. Adicionalmente, a través de la deposición de hojarasca, frutos y detritos aportan nutrientes al estrato herbáceo, ayudan a conservar la humedad y reducen la desecación causada por el sol y el viento con lo cual contribuyen a la resiliencia del sistema. Los árboles también juegan un rol fundamental en la protección del suelo con su sistema radicular que contribuye a la estabilidad del terreno, la infiltración del agua y la deposición de materia orgánica, y a la extracción de nutrientes de capas profundas que son devueltos al suelo a través de la hojarasca. Los árboles de varias especies contribuyen a la solubilización de fósforo y de otros nutrientes mediante la asociación con micorrizas y otros organismos en la rizosfera. Adicionalmente las especies leguminosas contribuyen también a la fijación de nitrógeno atmosférico mediante asociaciones simbióticas. En los paisajes agrícolas, los SSP proporcionan alimento y refugio a las aves y otros organismos, y sirven de corredores de vida silvestre donde se pueden encontrar conjuntos de especies únicas. Además, la presencia de arbustos y árboles en estos sistemas ha demostrado tener efectos positivos en la biodiversidad, ya que crean hábitats más complejos para los animales y plantas silvestres, albergan una biota del suelo más rica y aumentan la conectividad del paisaje. El componente arbóreo también ha demostrado tener efectos sobre las propiedades físicas, químicas y microbiológicas del suelo, ya que proporciona más capas de vegetación que transforman la energía solar en biomasa que se deposita en el suelo en forma de hojas, ramas, frutos, legumbres y exudados. También contribuyen a aumentar la captura de carbono, reducir las emisiones de metano entérico gracias a la mejora de la nutrición y la presencia de leguminosas forrajeras, y a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero del suelo debido a la reducción del uso de fertilizantes y la mejora de la microbiota edáfica.

El componente animal del sistema incluye principalmente ganado bovino, pero puede estar representado por otras especies herbívoras como ovinos, búfalos, caprinos, equinos, e incluso cerdos y aves de corral. Su rol principal es el de transformar el material vegetal aportado por los forrajes en productos valiosos para el mercado y para el consumo en los predios rurales. En este proceso contribuyen también al ciclaje de nutrientes mediante el aporte de estiércol y orina al suelo que a su vez contribuye a su conservación y a la producción de pasto y de otros componentes del sistema.

A través de la interacción de todos estos elementos, los SSP producen más materia seca y nutrientes por hectárea, y aumentan la producción de leche y carne, al tiempo que generan otros productos valiosos en el mismo terreno y reducen la necesidad de fertilizantes y de concentrados, en comparación con sistemas de pasturas en monocultivo.

Aunque la motivación para implementar sistemas silvopastoriles varía según cada contexto local o regional, existe un reconocimiento común de los beneficios que podrían lograrse con estos sistemas en términos de servicios ambientales (Chará-Serna et al. 2023, Rois-Díaz et al. 2006), el secuestro de carbono (Aryal et al. 2022), la reducción de emisiones (Rivera et al. 2024), el bienestar animal (Broom 2022), la productividad (Chará et al. 2019, Agethen et al. 2024), y los beneficios sociales (Rasmussen et al. 2024) entre otras ventajas. Estos beneficios pueden variar en magnitud según el tipo de SSP, su disposición espacial y las condiciones locales. El propósito de la incorporación de los árboles puede ser la producción de madera, fruta o forraje, o pueden ser árboles nativos manejados a densidades que permitan la producción de pasto. En estos sistemas, gracias a la producción en estratos verticales de árboles, arbustos y pastos, se maximiza la productividad de la biomasa, y la energía solar se aprovecha como insumo básico (Montagnini et al. 2015). Estos elementos y características demuestran la multifuncionalidad de los sistemas silvopastoriles que pueden generar beneficios a diferentes niveles a partir de la diversidad de sus componentes y de las interacciones entre los mismos. Estos beneficios pueden ser potenciados con un adecuado manejo de los componentes mencionados y de sus interacciones (Poudel et al. 2024, Mackay-Smith et al. 2025)

Aunque los SSP son diversos, es importante poder analizar su impacto en varios indicadores a lo largo del tiempo, o compararlos con otros sistemas predominantes. Si bien el progreso en diferentes indicadores puede analizarse utilizando

métodos estándar para algunos aspectos (secuestro de carbono, biodiversidad, rentabilidad), algunos pueden ser muy costosos o especializados, lo que dificulta su aplicación en contextos locales específicos.

A pesar de la diversidad de sistemas silvopastoriles que existe, se propone un marco de medición que incluya los siguientes aspectos: 1) protección de la biodiversidad, 2) secuestro de carbono, 3) reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, 4) resiliencia al cambio climático, 5) bienestar animal, 6) eficiencia productiva, 7) impacto en los medios de vida y 8) protección de las fuentes de agua. En la calificación de estos indicadores deben tenerse en cuenta los beneficios mencionados anteriormente por cada componente del sistema, así como las evidencias existentes en la zona para cada tipo de sistema silvopastoril a evaluar. Los indicadores específicos por región y su ponderación deben ajustarse localmente a partir de consultas participativas con los actores involucrados.

Palabras clave: *agroforestería, biodiversidad, ganadería sostenible, servicios ecosistémicos, resiliencia climática*

BIBLIOGRAFÍA

Agethen K., Mauricio RM., Deblitz C., Izquierdo MD., Reyes E., Chará J. 2024. Future perspectives of Brazilian beef production: what is the role of Silvopastoral systems? Agroforestry Systems. https://doi.org/10.1007/s10457-024-01005-7.

Aryal, D.R., Morales-Ruiz, D.E., López-Cruz, S. *et al.* 2022. Silvopastoral systems and remnant forests enhance carbon storage in livestock-dominated landscapes in Mexico. *Sci Rep* **12**, 16769 https://doi.org/10.1038/s41598-022-21089-4

Chará J., Reyes E., Peri P., Otte J., Arce E., Schneider F. 2019. Silvopastoral Systems and their Contribution to Improved Resource Use and Sustainable Development Goals: Evidence from Latin America. FAO, CIPAV and Agri Benchmark. Cali, 58p. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. ISBN: 978-958-9386-84-2. http://www.cipav.org.co/pdf/SPS_Report_ISBN_FAO.pdf

Chará-Serna A.M., Chará J., Giraldo L.P., Castaño-Quintana K. 2023. Effect of Silvopastoral Systems on Biodiversity and the Provision of Environmental Services in Tropical Agro-Landscapes. IN: Chará J., Jose Sh. (Eds). Silvopastoral systems of Meso America and Northern South America. Advances in Agroforestry 12. Springer, Dordrecht.Dagang ABK, Nair PK (2003) Silvopastoral research and adoption in Central America: recent findings and recommendations for future directions. Agroforestry Systems, 59:149-155.

FAO. (2019). *Environmental performance of animal diets: Guidelines for assessment.* LEAP Partnership.

Mackay-Smith T., Spiekermannc R., Richards D., Harcourt N., Burkitta L. 2025. An integrative approach to silvopastoral system design: perspectives, potentials and principles. New Zealand Journal of Agricultural Research. 68: 218–258. https://doi.org/10.1080/00288233.2023.2298922

Montagnini F, Somarriba E, Murgueitio E, Fassola H, Eibl B (2015) Sistemas Agroforestales. Funciones Productivas, Socioeconómicas y Ambientales., Cali, Colombia, CIPAV.

Poudel S., Pent G., Fike J. 2024. Silvopastures: Benefits, Past Efforts, Challenges, and Future Prospects in the United States. Agronomy 2024, 14,1369. https://doi.org/10.3390/agronomy14071369.

Rasmussen L.V., Grass I., Mehrabi Z., Smith O.M., Bezner-Kerr R., Blesh J., Garibaldi L.A., Isaac M.E., Kennedy C., Wittman A., Batáry P., Buchori D., Cerda R., Chará J. et al., 2024. Joint environmental and social benefits from diversified agriculture. Science 384, 87–93. https://www.science.org/doi/10.1126/science.abo0504

Rivera J., Villegas G., Serna L., Chará J. 2024. Cattle intensification based on silvopastoral systems with Leucaena leucocephala (Lam.) De Wit as a strategy to increase production and mitigate greenhouse gas emissions in the Caribbean region of Colombia. Agroforesty Systems. https://doi.org/10.1007/s10457-024-01000-y

Rois-Díaz M., Mosquera-Lo9zada R., Rigueiro-Rodríguez A. 2006. Biodiversity indicators on silvopastoralism across Europe. EFI Technical Report 21. European Forestry Institute. Joensuu, 66p.

Lebacq, T., Baret, P.V. & Stilmant, D. (2013) Sustainability indicators for livestock farming. A review. *Agron. Sustain. Dev.* **33**, 311–327. https://doi.org/10.1007/s13593-012-0121-x

SE-03. Servicios ecosistémicos y evaluación de prácticas agrícolas para la adaptación y mitigación del cambio climático

J.M. Martínez-Paz[1]; V. Martínez-García[2]; F. Alcon[2]

[1]Departamento de Economía Aplicada, Campus de Espinardo, Universidad de Murcia, 30100 Murcia, España. jmpaz@um.es

[2]Departamento de Economía de la Empresa. Universidad Politécnica de Cartagena. España.

ABSTRACT

Climate change poses an urgent challenge to the sustainability of agriculture, requiring adaptation and mitigation of its impacts without compromising food production. In this context, sustainable intensification through climate change-adapted and mitigating practices is imperative, although its assessment remains a subject of debate in the scientific literature. The most commonly used methodologies include Life Cycle Assessment (LCA) and the Ecosystem Services (ES) approach, which is generally applied in isolation. The present paper proposes an innovative methodology for integrating both approaches, with a view to focusing ES in order to assess sustainability in terms of its contribution to human well-being. Consequently, monetary valuation enables the net contribution of agricultural practices to human well-being to be quantified and assessed holistically. The proposed methodology is applied, as an example, to the analysis of agricultural practices for the sustainable intensification of lemon cultivation in Campo de Cartagena (Region of Murcia, Spain). The results of this case study demonstrate the necessity to consider the positive and negative impacts in the form of ecosystem services and counter-services, respectively. The study highlights controlled deficit irrigation and the incorporation of crop residues as the practices with the highest total economic value. The proposed application scheme would be valid for any agroecosystem, including livestock and/or forestry, and would allow a comparative evaluation not only of practices for a specific crop, but also between agroecosystems with different production orientations.

Key words: *agroecosystems, services and disservices, life cycle analysis, sustainable intensification, non-market valuation*

RESUMEN

El cambio climático representa un desafío urgente para la sostenibilidad de la agricultura, pues exige adaptar y mitigar sus impactos sin comprometer la producción de alimentos. En este contexto, la intensificación sostenible, a través de prácticas adaptadas y mitigadoras del cambio climático es clave, aunque su evaluación sigue siendo un tema de debate en la literatura científica. Entre las metodologías más utilizadas destacan el Análisis de Ciclo de Vida (ACV) y el enfoque de Servicios Ecosistémicos (SE), generalmente aplicados de forma aislada. Este trabajo propone una metodología innovadora para la integración de ambos enfoques, priorizando los SE para evaluar la sostenibilidad en función de su contribución al bienestar humano. De este modo, la valoración monetaria permite cuantificar la contribución neta de las prácticas agrícolas al bienestar humano y su evaluación integral. La metodología propuesta se aplica, a modo de ejemplo. al análisis de prácticas agrícolas para la intensificación sostenible del cultivo de limón en el Campo de Cartagena (Región de Murcia, España). Los resultados de este caso de estudio evidencian la necesidad de considerar los impactos positivos y negativos en forma de servicios y contraservicios ecosistémicos, destacando el riego deficitario controlado y la incorporación de residuos del cultivo como las prácticas con mayor valor económico total. El esquema de aplicación propuesto seria valido para cualquier agroecosistema, incluyendo los ganaderos y/o forestales, y permitirá evaluar de forma comparada no solo practicas para un cultivo concreto, sino también entre agroecosistemas con diferente orientación productiva.

Palabras clave: a*groecosistemas, servicios y contraservicios, análisis de ciclo de vida, intensificación sostenible, valoración de no-mercado*

INTRODUCCIÓN

La agricultura mantiene una relación bidireccional con el cambio climático, ya que contribuye a su avance al tiempo que es una actividad especialmente vulnerable a sus efectos (Alcon et al., 2022). En consecuencia, lograr su adaptación y mitigación sin comprometer la producción de alimentos representa un desafío urgente.

En este contexto, es necesario un proceso de intensificación sostenible en la agricultura basado en la adopción de prácticas de cultivo que permitan mantener, o incrementar, la producción de alimentos y reducir los impactos negativos sobre el medio ambiente (Brouwer et al., 2023). Por lo tanto, el análisis la sostenibilidad de dichas prácticas resulta un aspecto de suma importancia (Pretty et al., 2018).

Tradicionalmente, el análisis de la sostenibilidad de la agricultura se ha realizado mediante el Análisis de Ciclo de Vida (ACV) y el enfoque de los Servicios Ecosistémicos (SE). El ACV se basa en la cuantificación de impactos ambientales asociados a productos o procesos a partir de un inventario de inputs (materias primas y energía) y outputs (emisiones) (Martin-Gorriz et al., 2020). Este se encuentra orientado a analizar actividades industriales, por lo que no se adecúa a la multifuncionalidad de la agricultura (Montemayor et al., 2022). Los SE adoptan ese paradigma multifuncional,

reconociendo que los agroecosistemas, además de producir alimentos, generan otros servicios y contraservicios que contribuyen positiva o negativamente al bienestar humano (Dubs et al., 2023). Además, su perspectiva antropocéntrica permite la valoración económica de estos (contra)servicios en forma de beneficios y costes.

La integración del ACV y los SE es limitada, y las pocas propuestas que hay para ello toman al ACV como marco principal, sin considerar los contraservicios ecosistémicos (VanderWilde y Newell, 2021). Esta exclusión impide abordar el solapamiento conceptual entre impactos ambientales y contraservicios en ecosistemas antropizados, como los agroecosistemas, donde confluyen procesos ecológicos y la intervención antrópica (Schaubroeck & Rugani, 2017). La limitación responde, en parte, a la dificultad de distinguir entre procesos ecológicos puros de aquellos influenciados por la actividad humana (Barot et al., 2017).

En este contexto, este trabajo propone un marco teórico para integrar el ACV y los SE en el análisis de la sostenibilidad de prácticas agrícolas orientadas a la adaptación y mitigación del cambio climático. La integración se articula dentro del marco Fuerza-Presión-Estado-Impacto-Respuesta (FPEIR), adoptando el enfoque de los SE como eje principal y con el objetivo de valorar económicamente la contribución neta de los agroecosistemas al bienestar humano. A modo de aplicación práctica, el marco se emplea para evaluar la sostenibilidad de distintas Buenas Prácticas de Manejo (BMPs) en el cultivo de limón bajo regadío intensivo en el Campo de Cartagena, ubicado en la Región de Murcia, sureste de España.

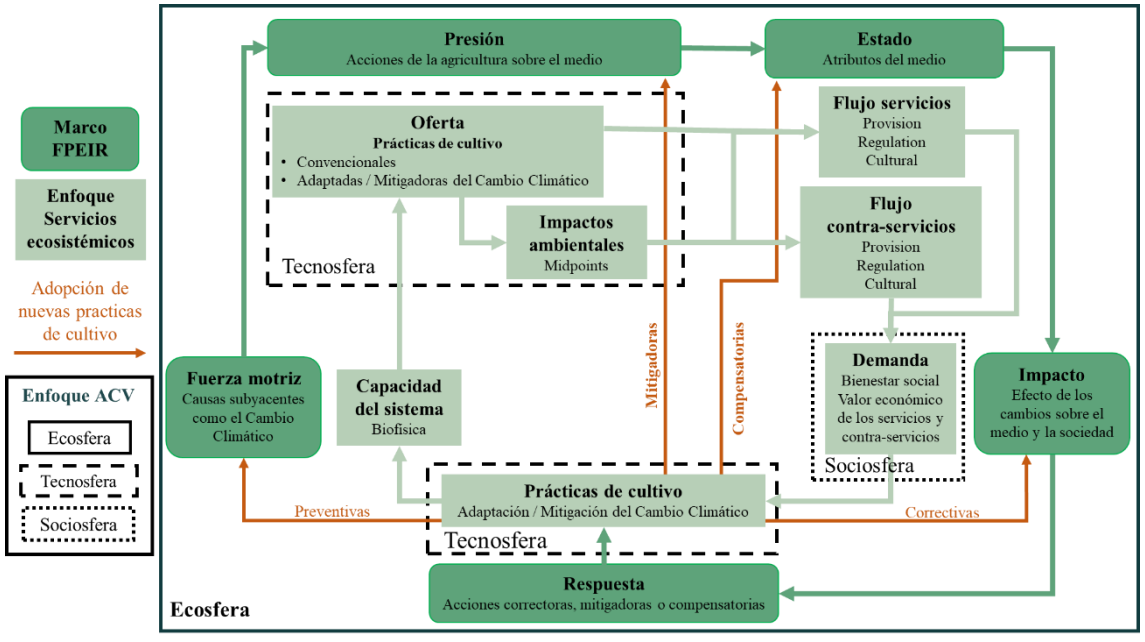
METODOLOGÍA

Marco conceptual para evaluar la sostenibilidad de prácticas de cultivo

El marco teórico propuesto parte de que, en los agroecosistemas, no es posible distinguir los efectos de la intervención humana de los procesos ecológicos, tanto en servicios como en contraservicios (Barot et al., 2017). Esta dificultad se acentúa al considerar la existencia de *quasi*-servicios, cuya contribución al bienestar humano depende de su nivel de provisión y del de otros (contra)servicios (Zabala et al., 2021b). Además, dado que se considera que la sostenibilidad es un concepto utilitario centrado en el bienestar humano (Schaubroeck & Rugani, 2017), se adopta el enfoque de los SE como principal. Los impactos ambientales del ACV se consideran como indicadores de los contraservicios, lo que permite integrar su valoración económica con la de los servicios ecosistémicos y, con ello, evaluar de forma integral la contribución neta de las prácticas agrícolas al bienestar humano.

La integración del ACV y los SE requiere un marco causal que capte la complejidad de las relaciones entre sociedad y ecosistemas. Por ello, se parte del marco Fuerza-Presión-Estado-Impacto-Respuesta (FPEIR), que representa vínculos causa-efecto entre ambos sistemas y está orientado a la toma de decisiones y diseño de políticas (Bergez et al., 2022). La aplicación de marco FPEIR en la propuesta realizada, el cambio climático se considera una fuerza motriz que modifica la capacidad biofísica de los agroecosistemas y, con ello, los flujos de servicios y contraservicios que acontecen sobre las prácticas de cultivo actuales. Estos cambios afectan al flujo de SE y (contra)servicios y, en consecuencia, al bienestar humano. Para la adaptación de la agricultura al cambio climático se deberán generar respuestas como la adopción de nuevas prácticas de cultivo para mitigar impactos negativos o reforzar efectos positivos.

Gráfico 1. *Propuesta metodológica para la integración del ACV y los SE*



14-SE

Metodología específica para su aplicación

El ejemplo de aplicación del marco metodológico propuesto se ha realizado en el Campo de Cartagena, un ejemplo paradigmático de agroecosistema de regadío intensivo que alcanza las 42.255 ha y emplea múltiples fuentes de agua, tanto convencionales como no convencionales. En este contexto, el limonero es su principal cultivo leñoso, ocupando 8.951 ha. Esta área se enfrenta a diversos problemas ambientales, como escasez hídrica, contaminación de acuíferos, degradación del suelo y eutrofización (Zabala et al., 2021a).

A partir de entrevistas a agricultores y expertos, se identificaron seis BMPs para el limonero en esta área, cuya descripción se recoge en la tabla 1.

Tabla 1. Mejores Prácticas de Manejo para el cultivo de limón y su definición.

Mejores Prácticas de Manejo (BMPs)	Definición
Riego deficitario controlado (RDC)	Estrategia de riego basada en el riego controlado por sensores para reducir los aportes de agua en periodos en los que un déficit hídrico no afecta a la producción. En el cultivo de limón, el agua de riego se reduce en un 30%
Diversificación de cultivos (DIVE)	Establecer cultivos intercalados de leguminosas (habas)
Control biológico (BIOC)	Sustituir el uso de plaguicidas químicos por control biológico de plagas: uso de depredadores naturales, trampas cromáticas, feromonas...
Fertilización orgánica (FERO)	Sustituye la aplicación de fertilizantes minerales por fertilizantes orgánicos como compost, humus o estiércol
Incorporación de residuos de cultivos (RESI)	Triturar e incorporar los residuos de los cultivos al suelo.
Setos perimetrales (SETO)	Establecer y mantener los márgenes y límites con vegetación, para fomentar los hábitats naturales.

El ACV se realizó de la cuna a la puerta, considerando solo las labores realizadas para la producción del cultivo hasta la salida del cultivo de la finca. El método ReCiPe (De Luca Peña et al., 2022) ha sido el empleado para el cálculo de impactos ambientales, de los cuales se seleccionaron cinco con mayor relevancia para el bienestar humano como indicadores de contraservicios. Los (contra)servicios agroecosistémicos más relevantes, sus indicadores asociados se han seleccionado a partir de la literatura, mientras que su valor económico se es establecido por el método de transferencias de beneficios (Tabla 2).

Tabla 2. (Contra)Servicios agroecosistémicos, indicadores y valor económico empleado.

	Servicios (+) / Contraservicios (-)	Indicador	Valor económico	Unidades	Método de valoración	Fuente
Servicios de provisión	**Provisión de alimentos (+/-)**	Margen bruto	7.304	€/ha	Valor de mercado	GarcíaGarcía (2018); CARM (2023)
	Agua de riego (+/-)	Consumo de agua (ACV)	-0,04	€/m3	Experimento de elección	Zabala, et al., (2021a)
Servicios de regulación	**Regulación climática (+/-)**	Calentamiento global (ACV)	-80,00	€/Kg CO2 eq	Valor de mercado	Sendeco2 (2025)
		Secuestro de carbono	80,00	€/Kg CO2	Valor de mercado	Sendeco2 (2025)
	Emisión de contaminantes a la atmósfera (+/-)	Formación de materia particulada fina (ACV)	-54,40	€/Kg PM 2.5 eq	Transferencia de valor	De Bruyn et al. (2018); González et al., 2017
	Depuración de aguas y tratamiento de residuos (+/-)	Eutrofización marina (ACV)	-320	€/Kg N eq	Experimento de elección	Zabala, et al., (2021a)
	Mantenimiento del suelo (+/-)	Reducción de la tasa de erosión del suelo	9,26	€/t ha	Transferencia de valor	Enriquez-de-Salamanca, (2023)

	Regulación de inundaciones (+)	Umbral de escorrentía (mm)	0,54	€/p.p escorrentía reducida	Costes evitados	Martínez-García et al., 2022
	Biodiversidad (+/-)	Riqueza de especies de aves	4,11	€/p.p riqueza de aves	Experimento de elección	Albaladejo-García et al. (2022); Zabala et al., (2021a)
Servicios culturales	**Recreación (+)**	Recreación al aire libre	2,25	€/p.p. índice de recreación	Experimento de elección	Albaladejo-García et al. (2023); Zabala et al., (2021a)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La aplicación del método propuesto muestra los niveles de provisión biofísica para servicios (SE) y contraservicios (CSE) ecosistémicos del cultivo de limón en el Campo de Cartagena bajo las diferentes BMPs, como se muestra en la Tabla 3.

El manejo convencional (CONV) es la práctica con menor SE (a excepción del servicio de provisión de alimentos) y la segunda con mayores niveles de provisión de CSE, apenas superada por DIVE debido al mayor consumo de insumos. Por otro lado, los niveles más bajos de provisión de CSE se han encontrado en el FERO y el RESI, respectivamente.

Los valores más altos de aprovisionamiento de alimentos están relacionados con CONV y FERO, mientras que los valores más bajos están asociados con DIVE, incluso cuando se contabiliza el rendimiento del cultivo en callejón. Los niveles de uso de agua son todos cercanos a CONV, excepto en el caso de RDC, donde son consecuentemente más bajos, y DIVE, debido a la demanda adicional de agua de los cultivos en callejones.

Entre los servicios de regulación, las emisiones que causan el calentamiento global están muy influenciadas por el consumo de insumos, ya que FERO y BIOC muestran la reducción más significativa. Los valores más altos de secuestro de carbono también son proporcionados por FERO, seguidos por RESI, DIVE y SETOS. En el caso de la formación de material particulado, los valores máximos corresponden al DIVE, debido al mayor consumo de insumos y maquinaria, mientras que los menores están relacionados con RESI y BIOC. Además, la sustitución de fertilizantes sintéticos tiene un fuerte impacto en la eutrofización marina, siendo FERO y RESI las BMP con menor nivel de disfraces. La tasa de erosión del suelo se reduce significativamente solo en RESID y DIVE, mientras que la reducción en SETOS es minúscula. Se mejora el umbral de escorrentía con respecto a CONV en RESI, DIVER y SETOS. Los niveles de biodiversidad se incrementan generalmente en todas las BMP entre un 10-20% con respecto a la gestión convencional, excepto en el caso de la rdc, que mantiene los mismos niveles. Para el caso de los servicios culturales, solo DIVE marca la diferencia con la gestión convencional en el índice de recreación.

Tabla 3. Indicadores de servicios y contraservicios agroecosistémicos para Mejores Prácticas de Manejo (hectárea y año).

SE/CSE	Unidad	CONV	RDC	DIVE	BIOC	FERO	RESI	SETO
Provisión de alimentos	Kg	39.825	35.444	29.899	37.276	39.825	39.028	39.427
Agua de riego	m^3	4.487	3.657	5.760	4.487	4.008	4.481	4.542
Calentamiento global	Kg CO_2 eq	5.353	5.092	6..870	4.941	3.634	5.296	5.364
Secuestro de carbono	Kg Co_2	0	0	430,0	0	900,0	820,1	55,8
Emisión de contaminantes a la atmósfera	Kg PM 2.5 eq	15,2	14,6	19,9	13,9	14,8	13,8	15,2
Depuración de aguas y tratamiento de residuos	Kg N eq	1,0	1,0	1,7	1,0	0,9	0,9	1,0
Mantenimiento del suelo	t	0	0	2,37	0	0	4,01	0,46
Regulación de inundaciones	mm	38,0	38,0	55,5	38,0	38,0	53,0	48,7
Biodiversidad	0-1	0,4	0,4	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6
Recreación	0-1	0,6	0,6	0,8	0,6	0,6	0,6	0,6

La valoración económica refleja que el Valor Económico Total (VET), calculado a partir de la agregación de todos los valores de mercado y no mercado, es superior en las prácticas de RDC y RESID en comparación con el manejo convencional (tabla 4).

Tabla 4. Valoración económica por práctica de cultivo (€/ ha).

Indicador	CONV	RDC	DIVE	BIOC	FERO	RESI	SETO
Margen bruto	7.304	7.673	3.411	6.059	6.029	7.184	7.093
Consumo de agua	-192	-157	-247	-192	-172	-192	-194
Calentamiento global	-428	-407	-550	-395	-291	-424	-429
Secuestro de carbono	0	0	34	0	61	65	5
Formación de materia particulada fina	-374	-361	-491	-344	-366	-342	-375
Eutrofización marina	-329	-328	-548	-325	-283	-272	-323
Reducción de la tasa de erosión del suelo	0	0	22	0	0	37	4
Umbral de escorrentía	21	21	30	21	21	29	26
Riqueza de especies de aves	172	172	191	233	229	226	236
Recreación al aire libre	124	124	184	124	124	124	136
Valor económico total	6.298	6.737	2.036	5.181	5.352	6.435	6.179

En contraste, las prácticas de FERO y BIOC presentan un Valor Económico Total (VET) de aproximadamente 1.000 €/ha inferior, a pesar de generar beneficios ambientales relevantes, como una reducción en las emisiones de CO_2 o un incremento en la biodiversidad. En el caso de SETOS la mejora ambiental es limitada, lo que se traduce en un VET muy similar al del manejo convencional. Por último, la DIVE muestra el VET más bajo de todas las prácticas evaluadas, ya que los aumentos en la provisión de servicios no compensan el mayor consumo de insumos que conlleva su implementación.

Los resultados obtenidos evidencian la necesidad de considerar tanto los valores de mercado como los de no-mercado en la valoración económica, incluso en aquellos agroecosistemas donde el valor de mercado supera ampliamente al valor de no-mercado (Alcon et al., 2022). Además, es necesario mejorar las fuentes de datos para una evaluación más rigurosa de las prácticas agrícolas alternativas al manejo convencional, incluyendo en los inventarios del ACV los insumos específicos utilizados en dichas prácticas (Montemayor et al., 2022).

Estos resultados en línea con la literatura, ya que tanto la RDC como RESID permiten reducir el consumo de insumos como el agua de riego o el uso de fertilizantes inorgánicos, cuyo empleo tiene unas consecuencias ambientales negativas, sin afectar negativamente al rendimiento del cultivo (Martin-Gorriz et al., 2020).

El marco teórico propuesto se encuentra sujeto a una incertidumbre considerable, ya que el conocimiento e información disponible para la cuantificación de los (contra)servicios de no-mercado es escaso, mientras que si es abundante en el caso de la producción de alimentos. Esta incertidumbre se asocia también a los métodos de preferencias reveladas o transferencia de valor. Así los resultados resultan muy sensibles la calidad y cantidad de la información disponible de la valoración monetaria de los servicios y contraservicios ecosistémicos, que suponen la limitación más destacable del marco de valoración.

CONCLUSIONES

El marco teórico propuesto integra el ACV y los SE dentro del marco FPEIR, empleando los SE como enfoque principal. El bienestar humano se plantea como eje central del análisis de la sostenibilidad, permitiendo la valoración monetaria para cuantificar la contribución neta al bienestar de servicios y contraservicios ecosistémicos asociados a distintas prácticas agrícolas. Dado que en los agroecosistemas los procesos ecológicos y la intervención antrópica no pueden diferenciarse, se propone considerar a los impactos negativos como contraservicios. Su aplicación como caso de ejemplo al cultivo del limón en el Campo de Cartagena demuestra su utilidad para evaluar integralmente la sostenibilidad de las mejores prácticas agrícolas. Aunque predominen los valores de mercado sobre los de no-mercado, prácticas como el RDC y RESID superan al manejo convencional en valor económico total, debido a su menor consumo de agua y fertilizantes sin afectar al rendimiento. El marco desarrollado es aplicable a la evaluación integral y comparada de la sostenibilidad tanto de agroecosistemas complejos, como de prácticas de cultivo concretas e incluso de políticas agrícolas en su conjunto, dado su esquema metodológico relativamente sencillo basado en la construcción de indicadores de cambio en la provisión de servicios y contraservicios ecosistémicos.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo forma parta del Programa AGROALNEXT, financiado por MICIU con fondos NextGenerationEU (PRTR-C17.I1) y por la Fundación Séneca con fondos de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia (CARM).

BIBLIOGRAFÍA

Albaladejo García, J. A. (2022). Los agroecosistemas mediterráneos de zonas semiáridas. Valoración y demanda de servicios ecosistémicos. PhD Dissertation. University of Murcia. http://hdl.handle.net/10201/120667

Alcon, F., Zabala, J. A., Martínez-García, V., Albaladejo, J. A., López-Becerra, E. I., De-Miguel, M. D., & Martínez-Paz, J. M. (2022). The social wellbeing of irrigation water. A demand-side integrated valuation in a Mediterranean agroecosystem. Agricultural Water Management, 262, 107400.



Barot, S., Yé, L., Abbadie, L., Blouin, M., & Frascaria-Lacoste, N. (2017). Ecosystem services must tackle anthropized ecosystems and ecological engineering. Ecological Engineering, 99, 486–495.

Ben Abdallah, S., Gallego-Elvira, B., Imbernón-Mulero, A., Martínez-Alvarez, V., & Maestre-Valero, J. (2023). Environmental footprint of organic and conventional grapefruit production irrigated with desalinated seawater in Spain. Sustainable Production and Consumption, 39, 326–335.

Bergez, J. E., Béthinger, A., Bockstaller, C., Cederberg, C., Ceschia, E., Guilpart, N., Lange, S., Müller, F., Reidsma, P., Riviere, C., Schader, C., Therond, O., & van der Werf, H. M. G. (2022). Integrating agri-environmental indicators, ecosystem services assessment, life cycle assessment and yield gap analysis to assess the environmental sustainability of agriculture. Ecological Indicators, 141, 109107.

Brouwer, R., Pinto, R., Garcia-Hernandez, J., Li, X., Macrae, M., Rajsic, P., Yang, W., Liu, Y., Anderson, M., & Heyming, L. (2023). Spatial optimization of nutrient reduction measures on agricultural land to improve water quality: A coupled modeling approach. Canadian Journal of Agricultural Economics, November, 329–353.

CARM. (2023). Estadística Agraria. Precios en Origen. https://www.carm.es

De Bruyn, S., Bijleveld, M., de Graaff, L., Schep, E., Schroten, A., Vergeer, R., & Ahdour, S. (2018). Environmental Prices Handbook. Committed to the Environment Delft, 18.7N54.12, 176.

De Luca Peña, L. V., Taelman, S. E., Préat, N., Boone, L., Van der Biest, K., Custódio, M., Hernandez Lucas, S., Everaert, G., & Dewulf, J. (2022). Towards a comprehensive sustainability methodology to assess anthropogenic impacts on ecosystems: Review of the integration of Life Cycle Assessment, Environmental Risk Assessment and Ecosystem Services Assessment. Science of the Total Environment, 808, 152125.

Dubs, F., Enjalbert, J., Barot, S., Porcher, E., Allard, V., Pope, C., Gauffreteau, A., Niboyet, A., Pommier, T., Saint-Jean, S., Vidal, T., & Le Roux, X. (2023). Unfolding the link between multiple ecosystem services and bundles of functional traits to design multifunctional crop variety mixtures. Agronomy for Sustainable Development, 43, 71.

Enríquez-de-Salamanca, Á. (2023). Valuation of Ecosystem Services: A Source of Financing Mediterranean Loss-Making Forests. Small-Scale Forestry, 22(1), 167–192.

García García, J. (2018). Estructura de costes de las orientaciones productivas agrícolas de la Región de Murcia: Frutales de hueso y cítricos. Comunidad Autónoma de la Región de Murcia

González, X. M., Rodríguez, M., & Pena-Boquete, Y. (2017). The social benefits of WEEE re-use schemes. A cost benefit analysis for PCs in Spain. Waste Management, 64, 202–213.

Martínez-García, V., Martínez-Paz, J. M., & Alcon, F. (2022). The economic value of flood risk regulation by agroecosystems at semiarid areas. Agricultural Water Management, 266, 107565.

Martin-Gorriz, B., Gallego-Elvira, B., Martínez-Alvarez, V., & Maestre-Valero, J. F. (2020). Life cycle assessment of fruit and vegetable production in the Region of Murcia (south-east Spain) and evaluation of impact mitigation practices. Journal of Cleaner Production, 265, 121656.

Montemayor, E., Andrade, E. P., Bonmatí, A., & Antón, A. (2022). Critical analysis of life cycle inventory datasets for organic crop production systems. The International Journal of Life Cycle Assessment, 27(4), 543–563.

Pretty, J., Benton, T. G., Bharucha, Z. P., Dicks, L. V., Flora, C. B., Godfray, H. C. J., Goulson, D., Hartley, S., Lampkin, N., Morris, C., Pierzynski, G., Prasad, P. V. V., Reganold, J., Rockström, J., Smith, P., Thorne, P., & Wratten, S. (2018). Global assessment of agricultural system redesign for sustainable intensification. Nature Sustainability, 1(8), 441–446.

Schaubroeck, T., & Rugani, B. (2017). A Revision of What Life Cycle Sustainability Assessment Should Entail: Towards Modeling the Net Impact on Human Well-Being. Journal of Industrial Ecology, 21(6), 1464–1477.

Sendeco2. (2025). Precops CO2 https://www.sendeco2.com/es/precios-co2

VanderWilde, C. P., & Newell, J. P. (2021). Ecosystem services and life cycle assessment: A bibliometric review. Resources, Conservation and Recycling, 169, 105461.

Zabala, J. A., Martínez-Paz, J. M., & Alcon, F. (2021a). A comprehensive approach for agroecosystem services and disservices valuation. Science of The Total Environment, 768, 144859.

Zabala, J. A., Martínez-Paz, J. M., & Alcon, F. (2021b). Integrated valuation of semiarid Mediterranean agroecosystem services and disservices. Ecological Economics, 184, 107008

SE-04. Sostenibilidad pecuaria de la ganadería bovina de doble propósito de Dajabón, República Dominicana
Livestock sustainability of dual-purpose cattle farming in Dajabón, Dominican Republic

Núñez Ramos, P.A.[1,2]; Pulido-Blanco, V.C.[3]; Wagner, B.; Rodríguez Madera, R.G.[4]; Thomas Rodríguez, A.M.[4]*

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Facultad de Ciencias Agronómicas y Veterinarias (FCAV-UASD). Alma Mater, Zona Universitaria, apartado postal 355. fcav@uasd,edu.do, 809-535-8273/809-508-7374.

[2]Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF). C/ Rafael Augusto Sánchez #89, Ensanche Evaristo Morales, Santo Domingo, República Dominicana. Teléfono: (809) 567-8999 pnunez25@uasd.edu.do, pnunez58@gmail.com

[3]Investigador máster, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, AGROSAVIA- sede Tunja, Boyacá, Colombia. vicapubla@gmail.com

[4]Alumnos de Ingeniería Agronómica, FCAV-UASD. adonisthomas_04@hotmail.com, reneglrodrigue4@hotmail.com

*Correspondencia a: pnunez@idiaf.gov.do

RESUMEN

La ganadería de la República Dominicana, especialmente la de doble propósito, no es perfectamente sostenible. En estos sistemas, no se han hecho mediciones de base científica de la sostenibilidad, por lo que su grado es desconocido. En ese sentido, se realizó la investigación con el objetivo de medir la sostenibilidad en el momento actual de los sistemas de doble propósito presentes en los cinco municipios de Dajabón, República Dominicana. Se realizó la selección de la herramienta *Marco Internacional para la Evaluación de la Sostenibilidad de los Sistemas Agrícolas y Alimentarios* (SAFA) con sus 116 indicadores, fusionada con las mediciones cíclicas del *Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales Incorporando Indicadores de Sustentabilidad* (MESMIS). A partir de SAFA y MESMIS, se preseleccionaron 60 indicadores, y posteriormente se seleccionaron 34 en las dimensiones social, gobernanza, ambiental y productivos. Se analizaron informaciones de 20 fincas de doble propósito, cuatro por municipio (Dajabón, El Pino, Loma de Cabrera, El Partido y Restauración), de febrero a julio del 2024, y se aplicó una encuesta con 54 preguntas (30 cerradas y 24 abiertas). Los datos colectados en campo se tabularon en Microsoft Excel, y fueron analizados con estadística descriptiva. Se halló que la sostenibilidad del sistema bovino de doble propósito en la provincia Dajabón es baja con un promedio de sostenibilidad media de 3 y una moda de sostenibilidad baja de 2. Con base en los resultados, se realizan recomendaciones para aumentar la sostenibilidad del sistema ganadero.

Palabras clave: *carne, diagnóstico, leche, línea base, sostenibilidad*

ABSTRACT

Livestock farming in the Dominican Republic, especially dual-purpose livestock farming, is not perfectly sustainable. No scientifically based measurements of sustainability have been made in these systems, so their degree is unknown. Therefore, research was conducted to measure the current sustainability of the dual-purpose systems present in the five municipalities of Dajabón, Dominican Republic. The International Framework for the Assessment of the Sustainability of Agricultural and Food Systems (SAFA) tool was selected, with its 116 indicators, combined with the cyclical measurements of the Framework for the Assessment of Natural Resource Management Systems Incorporating Sustainability Indicators (MESMIS). Based on SAFA and MESMIS, 60 indicators were preselected, and 34 were subsequently selected in the social, governance, environmental, and productive dimensions. Data from 20 dual-purpose farms were analyzed, four per municipality (Dajabón, El Pino, Loma de Cabrera, El Partido, and Restauración), from February to July 2024, and a survey with 54 questions (30 closed and 24 open) was administered. Field data were tabulated in Microsoft Excel and analyzed using descriptive statistics. The sustainability of the dual-purpose cattle system in Dajabón province was found to be low, with an average mean sustainability score of 3 and a low sustainability mode score of 2. Based on the results, recommendations are made to increase the sustainability of the livestock system.

Key words: *baseline, diagnosis, meat, milk, sustainability*

INTRODUCCIÓN

La ganadería bovina de leche es una actividad de importancia estratégica en el mundo, porque provee el alimento más completo, la leche, y sus derivados como son los quesos, el yogurt, la mantequilla y otros (D' Oleo, 2014). En República Dominicana, la ganadería bovina de doble propósito produce aproximadamente el 65 % de la leche y el 55 % de la carne consumidas en el país (DIGEGA, 2024). Sin embargo, esta ganadería presenta problemáticas apremiantes como fuerte sequía (Tejada, 2021); uso de tecnología rudimentaria y básica en las unidades productivas, lo que impide su tecnificación

(CEPAL, 2017); caída en la producción de leche, en la salud y fertilidad del ganado (García, 2023; Ramírez, 2018); baja cubierta con pastos mejorados, con el agravante de que regiones altamente ganaderas como el noroeste poseen solo el 15.9 % de este tipo de pasturas (Ganadería y Clima, 2020); altos costos de los insumos, en su mayoría importados (Ferreras, 2015). A esto se suman problemas como el bienestar animal, con el confinamiento y transporte de los animales, estos son expuestos a una variedad de factores estresantes de tipo mecánico, climático, acústico, nutricional y social (Ganadería y Clima RD, 2020). Según Núñez *et al.* (2023) y Núñez *et al.* (2024), reportan una reducida presencia de prácticas de ganadería sostenible para el cuidado de los recursos naturales, en especial las especies arbóreas y arbustivas de las fincas ganaderas de la región y recomendando a los ganaderos ampliar la cobertura arbórea de sus fincas. Así, la baja producción y productividad, y la ausencia de trazabilidad, entre otros factores que afectan negativamente la producción nacional de leche, han provocado que la República Dominicana requiera de importaciones para cubrir el déficit y satisfacer las demandas de la industria procesadora y del mercado local (Gomes y Oddone, 2017).

La sostenibilidad de la ganadería, es un tema de interés para la República Dominicana. La palabra sostenible hace referencia a la capacidad de satisfacer las necesidades presentes sin comprometer la capacidad de satisfacer las necesidades futuras (Bravo *et al.,* 2018). A pesar de la claridad de esta definición, es especialmente difícil medir la sostenibilidad en sistemas pecuarios por la complejidad de elementos que abarcan estos sistemas: el hombre, los animales, las plantas, el medio ambiente, la economía, y la política, donde todos y cada uno de ellos es importante (Lagunas *et al.,* 2017). En ese sentido, el aumento de la superficie dedicada a la ganadería se debe a un aumento de la demanda de carne, cuero, leche y sus derivados. Un tipo de ganadería usada para satisfacer esta demanda es la ganadería tradicional de doble propósito, que se identifica por producir carne y leche. Al considerar una baja productividad de la ganadería dominicana, deterioro del medio ambiente y problemas económicos en este rubro. La ganadería del país, especialmente la tradicional de doble propósito, no es perfectamente sostenible, e incluso de continuar así no llegará a mantenerse. A pesar de esta realidad, no se han hecho mediciones de base científica de la sostenibilidad de estos sistemas, por lo que se desconoce a ciencia cierta su grado. El objetivo de la investigación fue medir la sostenibilidad en el momento actual de los sistemas de doble propósito presentes en los cinco municipios de Dajabón, República Dominicana, como un esfuerzo por identificar y ayudar a mejorar los aspectos de la sostenibilidad donde la ganadería de doble propósito debe mejorar.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación

Esta investigación se realizó en fincas ganaderas de doble propósito ubicadas en la provincia de Dajabón de República Dominicana (Figura 1), en los municipios de Dajabón, El Pino, Loma de Cabrera, Partido y Restauración, donde DIGEGA (2024) reporta 100 productores de doble propósito por provincia.



Figura 1. Ubicación de las 20 fincas ganaderas seleccionadas en Dajabón.

Tipo de investigación

La investigación es de tipo no experimental, para la misma se realizaron muestreos de forraje y suelo. Se aplicó un cuestionario al propietario o encargado de cada finca. Se tomaron muestras de suelo y de forraje y se realizaron análisis fisicoquímico al suelo y de contenido nutricional al forraje a las muestras procedentes de las fincas seleccionadas donde se maneja la ganadería de doble propósito, además para la calidad de leche se usaron bases de datos disponibles en la zona de estudio.

Tamaño muestral

Para calcular el tamaño de la muestra de fincas se utilizó la fórmula propuesta por Fisher *et al*. (1941), para poblaciones finitas. Se planteó el estudio con nivel de confianza del 95 %. La aplicación de la fórmula fue para una población de 100 ganaderos con finca de doble propósito (DIGEGA, 2024), distribuidos en cinco municipios: Dajabón, El Pino, Loma de Cabrera, Partido y Restauración. Se determinó un número de 20 fincas y se distribuyeron en los cinco municipios (Figura 1). La muestra de 20 fincas ganaderas se distribuyó en un gradiente de los 43 a los 698 m.s.n.m., y de los 19°18´ N a los 71°41´O. La fórmula usada fue:

$$n = \frac{p(1-p)}{\left(\frac{E}{Z}\right)^2 + \frac{p(1-p)}{N}}$$

Donde:

N = Población = 100 ganaderos

Z = (a = 0.05) = 1.96

P (frecuencia esperada del parámetro = 0.5

E = (Error que se prevé cometer) 0.05= 5 %

n = 20 fincas

Herramientas metodológicas

Se escogieron y fusionaron las metodologías de medición de la sostenibilidad en sistemas agropecuarios MESMIS **(**Astier *et al.,* 2012) y SAFA (Heredia *et al.,* 2020**)**. La primera aportó los protocolos de evaluación cíclica entendiendo la medición de la sostenibilidad como un atributo que cambia espacio temporalmente, y la segunda una batería amplia de 116 indicadores, con la adición de una cuarta dimensión de la sostenibilidad denominada «*Buena Gobernanza*».

Para esto, se realizaron dos procesos de tamizaje de los indicadores: A. Preseleccionar 41 indicadores de SAFA (diez sociales, ocho de gobernanza y 23 ambientales), más 19 indicadores técnico-económicos (productivos) aportados por los actores de la zona, para un total de 60 indicadores preseleccionados. Seis de esos indicadores fueron reevaluados con base en su baja factibilidad económica y social de medición, para finalmente preseleccionar 54. B. Seleccionar participativamente con técnicos, productores de ganado e investigadores de la zona 34 indicadores: cuatro para buena gobernanza (gobernanza), diez para integridad ambiental (ambiental), quince de resiliencia económica (productiva o técnicos económicos) y cinco para bienestar social (social). Para cada uno de estos indicadores se estableció participativamente, con la inclusión de consulta a expertos y productores, y soportado por fuentes documentales, el vector, el valor ideal de la sostenibilidad, el valor esperado en campo, y el número de grados de la escala de sostenibilidad del sistema de producción ganadera bovino de doble propósito para la Línea Noroeste. Finalmente se estructuró una matriz con cada uno de los indicadores de cada una de las dimensiones con sus escalas concretadas. A partir de la cual se realizó una encuesta semiestructurada a 20 productores de ganado de fincas ganaderas de la provincia Dajabón (municipios El Pino, Partido y Dajabón). Para esto, se encuesto a unos cuatro ganaderos/municipio.

Análisis de datos

Los datos colectados en campo se tabularon en el software Microsoft Excel, y fueron analizados con estadística descriptiva y medidas de tendencia central. Luego, los resultados fueron presentados en tablas y figuras.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Dimensiones, indicadores y escalas

El proceso de selección de indicadores de la sostenibilidad (IS) de los sistemas ganaderos de Dajabón es presentado por dimensiones en las tablas 1, 2, 3 y 4, donde se incluyen los indicadores seleccionados, descripción escalas según

dimensiones. Siendo de cuatro para la dimensión social, cinco para gobernanza, 10 ambientales y 15 productivos, para un total de 34 IS. Las herramientas MEMIS y SAFA, resultaron ser herramientas útiles para evaluar la sostenibilidad de los sistemas ganaderos de la provincia Dajabón (municipios El Pino, Partido y Dajabón), como lo sugieren Astier *et al.* (2012) y Heredia *et al.* (2020).

Tabla 1. Dimensión social, indicador, descripción y escala (5 indicadores).

Nombre del indicador ajustado	Descripción	Escala de valoración
1. Nivel salarial	Ingreso promedio anual familiar que incluye el ingreso de las diferentes actividades económicas en las que participa el hogar	1 al 5
2. Desarrollo de capacidades y extensionismo	Acceso a información, capacitaciones y extensionismo en torno a la sostenibilidad de los medios de vida	1 a 5
3. Precios justos	Acceso a mercados con precios justos, estables, negociados y basados en los costos reales	1 a 5
4. Inclusión familiar	Nivel de inclusión de mujeres y jóvenes. Equidad en contratación, remuneración, oportunidades, entre otros	1 a 5
5. Valores culturales	Reconocimiento de los diversos valores del territorio asociados a la presencia de bosque, servicios hídricos y valores culturales	1 a 5

Tabla 2. Dimensión gobernanza, indicador, descripción y escala (4 indicadores).

Nombre del indicador ajustado	Descripción	Escala de valoración
6. Actores materiales involucrados	El productor reconoce los diferentes actores que hacen parte del sistema productivo pecuario y trabaja en red con algunos de ellos	1 a 5
7. Participación e interacción del sistema ganadero	En el sistema ganadero todos los miembros están informados, participan en la toma de decisiones críticas y sus aportes son debidamente considerados	1 a 5
8. Conflictos socioambientales	El productor reconoce los conflictos socioambientales presentes en el territorio y está interesado en aportar a su resolución	1 a 5
9. Conocimiento de la norma ambiental	El productor conoce y cumple la normatividad ambiental	1 a 5

Tabla 3. Dimensión ambiental, indicador, descripción y escala (10 indicadores).

Nombre del indicador ajustado	Descripción	Escala de valoración
10. Prácticas de prevención de la contaminación del aire	Actividades y prácticas que evitan el aumento de contaminantes del aire como: concentración de dióxido de azufre, óxidos nitrosos, compuestos orgánicos volátiles, y otros	1 a 5
11. Prácticas de conservación del agua	Prácticas de conservación de agua (balance hídrico como criterio para el riego) que mejoran la eficiencia o reducen la cantidad de agua dulce empleada en la producción de leche	1 a 5
12. Prácticas de ganadería sostenible en suelo	Número de prácticas de ganadería sostenible para suelos realizadas por el ganadero	1 a 5
13. Calidad de las aguas residuales	Altas concentraciones de contaminantes malogran la calidad del agua, Analizar DBO, DQO, Coliformes totales	1 a 5
14. Calidad físico-química y biológica del suelo	Propiedades físico químicas del suelo	1 a 5
15. Diversidad de especies silvestres	Identificación de especies silvestres asociadas al sistema ganadero	1 a 5
16. Razas adaptadas localmente	Proporción de razas adaptadas localmente	1 a 5

17. Manejo de envases plásticos	Prácticas de buena disposición de empaques y residuos de plaguicidas empleados en la producción de leche y carne	1 a 5
18. Buenas prácticas de reducción de residuos	Buenas prácticas realizadas por el productor para reducir los residuos sólidos de la finca durante la actividad ganadera	1 a 5
19. Bienestar animal	Funcionamiento biológico (salud, producción), la naturalidad de su vida (comportamiento normal, ambiente natural) y el estado afectivo (dolor, sufrimiento) adecuados	1 a 5

Tabla 4. Dimensión productiva, indicador, descripción y escala (15 indicadores).

Nombre del indicador ajustado	Descripción	Escala de valoración
20. Producción de forraje	kg/ha biomasa producida	1 a 5
21. Calidad de forraje	Contenido nutricional del forraje	1 a 5
22. Capacidad de carga	Número de animales/ha	1 a 5
23. Productividad-carne	kg producto/animal/día kg producto/ha Coeficiente de variación	1 a 5
24. Productividad-leche	Litros leche/animal/día Litros leche/ha Coeficiente de variación	1 a 5
25. Rotación de praderas, días de ocupación y descanso	Rotación de praderas, días de ocupación y descanso	1 a 5
26. Ingresos-carne	Valor ($) carne – valor ($) costos, Valor ($) carne/ha, Ingresos neto carne/ha/año	1 a 5
27. Ingresos-leche	Valor ($) leche – valor ($) costos, Valor ($) leche/ha, Ingresos neto leche/ha/año	1 a 5
28. Costos	Costo de producción de materia seca (Kg)	1 a 5
29. Valor del jornal	Costo de un jornal de 8 horas en DOP Costo de una actividad puntual en DOP	1 a 5
30. Número de jornales	Para producir carne (al año por el total de carne producida); para producir leche (diario por volumen producido)	1 a 5
31. Rentabilidad (carne y leche)	B/C	1 a 5
32. Acceso a financiamiento	Líneas de financiamiento disponibles	1 a 5
33. Calidad de leche	Contenido nutricional y organoléptico de la leche, por la cual es jerarquizada en una escala de calidad	1 a 5
34. Frecuencia promedio de preñez	Cantidad promedio de veces que las vacas del hato quedan preñadas en cinco años	1 a 5

Sostenibilidad del sistema de producción de doble propósito

En la figura 2, se observa que el promedio de sostenibilidad para las cuatro dimensiones y 32 indicadores evaluados, son valores bajos a medios, lo que implica que se deben mejorar dichos indicadores. En ninguno de los casos, se alcanzó una sostenibilidad de cinco. La sostenibilidad del sistema bovino de doble propósito en la provincia Dajabón es baja con un promedio de sostenibilidad media de 3 y una moda de sostenibilidad baja de 2 (figura 2).





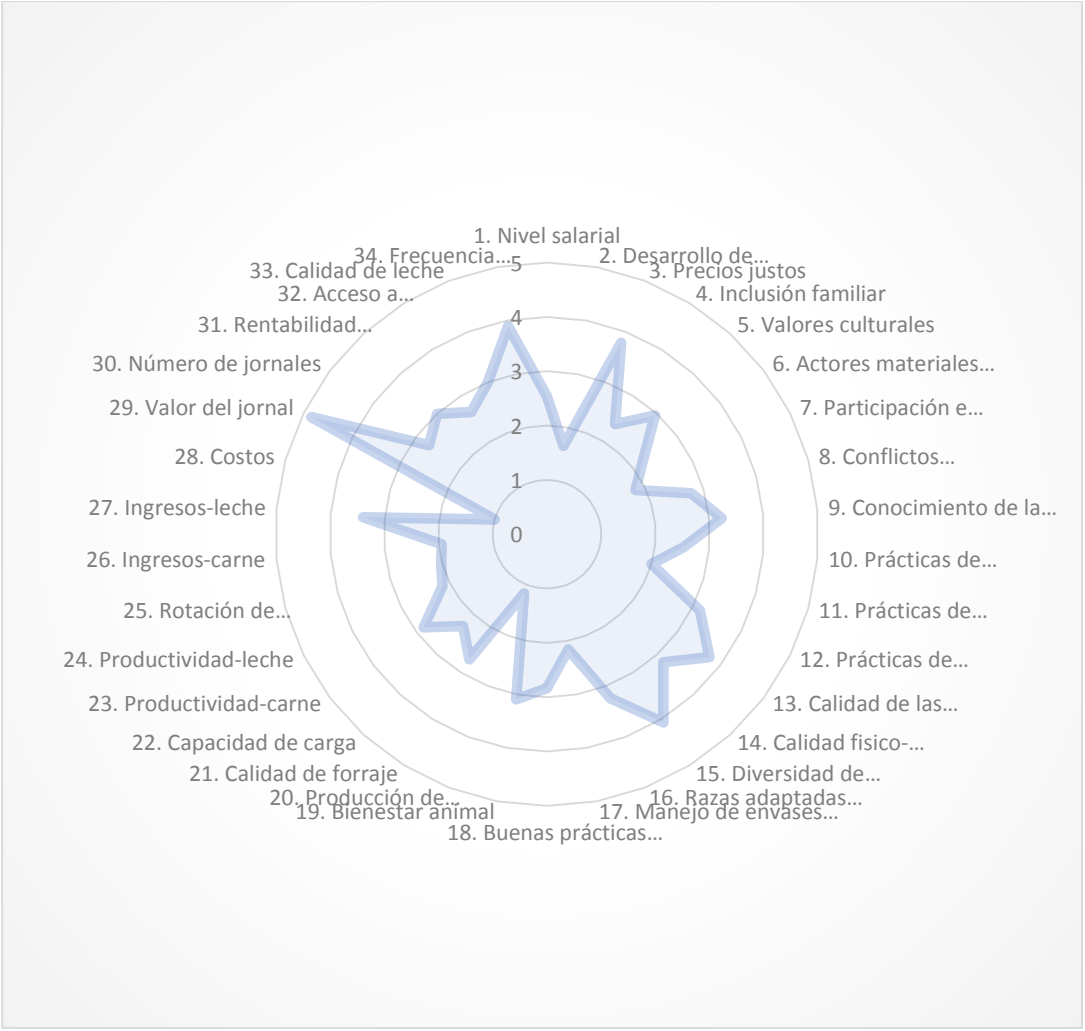


Figura 2. Estado actual de la sostenibilidad pecuaria de la ganadería doble propósito de Dajabón, República Dominicana.

Ancho (2019), aplicando IS económicos, sociales y ambientales, en una escala de valoración de 1 a 10, reporta una mayor sostenibilidad en el indicador de bienestar animal en ovino de leche, en el caso de bovinos y estudiando unas 18 explotaciones, se determinó una sostenibilidad variable con la dimensión, siendo en un intervalo de 2-6.5 IS económicos, 2-8 ambientales y 0.72-8 en los sociales. En ese sentido, Pérez (2002), recomienda estas tres dimensiones para el estudio de la sostenibilidad en ganadería bovina de doble propósito, lo que avala los IS aplicados en este estudio. Mientras, de Galué (s/f), sugiere evaluar la sostenibilidad con metodologías que integren las diferentes dimensiones del desarrollo sostenible y la utilización de técnicas multivariadas para el cálculo y análisis de un índice. Ledesma *et al.* (2002), concluyen que los IS constituyen una herramienta para evaluar la sostenibilidad de los sistemas productivos, así como para la toma de decisiones o establecimiento de políticas de desarrollo del sector agropecuario. Además, trabajos como los del Sepúlveda *et al.* (1998), Urdaneta de Galué y Materán (2006) y Hernández *et al.* (2006) arrojan unos valores adimensionales de la sostenibilidad que solo tienen sentido cuando son comparados con otra medición en el mismo sistema; es decir, que por sí solos no reflejan un grado de sostenibilidad o una tendencia.

CONCLUSIONES

La sostenibilidad del sistema bovino de doble propósito en la provincia Dajabón es baja en base a los resultados mostrados. Esto es debido a la baja producción de leche y la alta vulnerabilidad climática por el aumento de frecuencia e intensidad de las sequias. Los productores del sistema bovino doble propósito de Dajabón están a una crisis productiva o ambiental para que económicamente su actividad no sea rentable y generen pérdidas que los lleven a su cierre. La ganadería en esta provincia es de importancia extrema y la permanencia de este sistema productivo, requiere de un incremento en la sostenibilidad, aumentando el margen de ganancias con un ambiente saludable y mejor calidad de vida de las personas.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Proyecto Fondocyt 2022-2D7-034 "Indicadores de sostenibilidad en sistemas de producción ganadera de doble propósito y diseño de aplicaciones informáticas para aumentar su competitividad en la República Dominicana", Ministerio de Educación Superior Ciencia y Tecnología (MESCyT). Ejecutado por la Universidad Autónoma de Santo Domingo, UASD. Se agradece además a los 20 productores de ganado de doble propósito de Dajabón por permitir el acceso a las fincas y suministrar las informaciones.

BIBLIOGRAFÍA

Ancho, P.E. 2019. Ganadería e Indicadores de Sostenibilidad. Ganadería. 58 p. Villava. https://campus.intiasa.es/pluginfile.php/2546/mod_resource/content/1/Proyectos%20indicadores%20en%20ganaderia%20Jornada%20Sistemas%20Ganaderos.%20Paola%20Eguinoa.pdf. Consultado el 29 de octubre de 2024.

Astier, M., García-Barrios, L., Galván-Miyoshi, Y., González-Esquivel, C.E., Masera, O.R. 2012. Assessing the sustainability of small farmer natural resource management systems. A critical analysis of the MESMIS program (1995-2010). Ecology and Society 17(3).

Bravo, A.E., López Bastida, E., Romero Romero, O., Calvo, A.E., Kiran Schulz, R. 2018. La emergía como indicador de economía ecológica para medir sustentabilidad. Universidad y Sociedad. 10(5), 78-84.

CEPAL [Comisión Económica para América Latina y el Caribe]. 2017. Fortalecimiento de la cadena de valor de los lácteos en la República Dominicana. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/41746/1/S1700564_es.pdf

D' Oleo, A.L. 2014. Importancia de la Ganadería en República Dominicana. Zootecnia Para Un Futuro Mejor. Disponible en: https://zootecniaparaunfuturomejor.wordpress.com/2014/09/09/importancia-de-la-ganaderia-en-republica-dominicana/. Consultado el 5 de marzo del 2024.

de Galué, F.U. d/f. Indicadores de sostenibilidad para la ganadería bovina de doble propósito. Disponible en: http://www.avpa.ula.ve/libro_desarrollosost/pdf/capitulo_2.pdf. Consultado en octubre del 2024.

DIGEGA (Dirección general de ganadería RD). 2024. Proyecto de Mejoramiento de la Ganadería en República Dominicana (PROMEGAN). Disponible en: https://www.ganaderia.gob.do/index.php/de-interes/item/548-promegan. Consultado el 2 de marzo del 2024.

Ferreras, A. 2015. Competitividad: Reto de la ganadería dominicana. El dinero. Disponible en: https://eldinero.com.do/8918/competitividad-reto-de-la-ganaderia-de-republica-dominicana/

Fisher, A., Laing, J. y Stoeckel, J. 1941. Manual para el diseño de investigaciones operacionales en planificación familiar. The Population Council. Imp. 68 p. Disponible en: http://bvs.minsa.gob.pe/local/contenido/6840.pdf. Consultado el 15 de marzo del 2024.

Ganadería y Clima RD. 2020. Plataforma conocimientos ganadería climáticamente inteligente en Rep. Dominicana. Disponible en: https://ganaderiayclimard.do/plataforma-conocimientos-ganaderia-climaticamente-inteligente-en-rep-dominicana/

García, S. 2023. Enfermedades comunes del ganado vacuno. Veterinaria digital. Disponible en: https://www.veterinariadigital.com/articulos/enfermedades-comunes-del-ganado-vacuno/

Gomes, N.C., y Oddone, N. 2017. Fortalecimiento de la cadena de valor de los lácteos en la República Dominicana. Repositorio. https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/c56d6c76-ac7b-4bea-906f-a8a3bdd858fc/content

Heredia, M., Torres, B., Guerrero, E., Gallardo, D., Núñez, M., Alemán, R., Díaz-Ambrona, C.G. 2020. Evaluación de la sostenibilidad de sistemas productivos en la franja de diversidad y vida: reserva de biosfera Yasuní, Amazonía. Revista Científica Axioma (22), 5-11.

Hernández, V.D., Herrera, H.J.G., Pérez, P.J., Vázquez, A.S. 2006. Índice de sustentabilidad para el sistema bovino de doble propósito, en Guerrero, México. REDVET. https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/83494/1032463135.2023.pdf?sequence=4&isAllowed=y

Lagunas, V.M., Almendárez, H.M.A., Beltrán, M.L.F., y Ortega, R.A. 2017. Propuesta metodológica para medir la sostenibilidad costera local en zonas áridas: su aplicación en la Reserva de la Biósfera El Vizcaíno. Estudios sociales (Hermosillo, Son.) 27(50), 0-0.

Ledesma, L.M., Gallego, L.A., Peláez, F.J. 2002. Situación actual de la ganadería de carne en Colombia y alternativas para impulsar su competitividad y sostenibilidad. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias 15(2), 213-225. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3242901





Núñez, R.P.A., Cepeda, R.D.J.E., Jiménez, A.N.P., Gelpud, C.G., Núñez, J.A.D., Detlefsen, G., Pulido-Blanco, V.C. 2024. Arreglos silvopastoriles y diversidad de especies arbóreas en fincas lecheras de Monción, República Dominicana. Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales 11(1), 89-97.

Núñez, R.P.A., Núñez, J.L.R., Domingo, O.P., Domínguez, R.V.E., Guatusmal, G.C., Durán, N.J.A., Pulido-Blanco, V.C. 2023. Identification of tree species present in silvopastoral dairy production systems of the Villa Los Almácigos municipality, Dominican Republic. Revista Cubana de Ciencias Forestales 11(3), 819p.

Pérez, J., Rincón, N., Materán, M., Montiel, N., Urdaneta, F. 2002. Desarrollo Sostenible de tres comunidades agrícolas del estado Zulia. Revista Facultad de Agronomía (LUZ) 19 (2), 149-162.

Ramírez, V. 2018. Cuidados de la vaca lechera durante el periodo seco para lograr un óptimo desempeño productivo. Consultado el 16 de abril 2024. https://www.ganaderia.com/destacado/cuidados-de-la-vaca-lechera-durante-el-periodo-seco-para-lograr-un-optimo-desempeno-productivo

Sepúlveda, S., Castro, A., y Rojas, P. 1998. Metodología para estimar el nivel de desarrollo sostenible en espacios rurales. Cuadernos Técnicos 4. IICA. San José de Costa Rica. 76 p.

Tejada. E. 2021. Percepción de los productores de ganado bovino sobre el impacto del cambio climático con énfasis en sequía prolongada en los sistemas de producción de leche de la provincia Santiago Rodríguez, República Dominicana. Consultado pp. 39.

Urdaneta de Galué, F., Materán, M. 2006. Capítulo II. Indicadores de sostenibilidad para la ganadería bovina de doble propósito. En: Desarrollo Sostenible de Ganadería Doble Propósito. C. González-Stagnaro, N. Madrid-Bury, E. Soto-Belloso (Eds).

SE-05. Sostenibilidad pecuaria de la ganadería bovina de doble propósito de Santiago Rodríguez, República Dominicana
Livestock sustainability of dual-purpose cattle farming in Santiago Rodríguez, Dominican Republic

Núñez Ramos, P.A.[1,2]; Pulido-Blanco, V.C.[3]; Wagner, B.[1]; Frías Muñoz, R.E[4]; Guzmán, J.C[4]*

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Facultad de Ciencias Agronómicas y Veterinarias (FCAV-UASD). Alma Mater, Zona Universitaria, apartado postal 355. fcav@uasd.edu.do, 809-535-8273/809-508-7374

[2*]Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF). C/ Rafael Augusto Sánchez #89, Ensanche Evaristo Morales, Santo Domingo, República Dominicana. Teléfono: (809) 567-8999. pnunez25@uasd.edu.do, pnunez@idiaf.gov.do, pnunez58@gmail.com

[3]Investigador máster, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, AGROSAVIA- sede Tunja, Boyacá, Colombia

[4]Alumnos de Ingeniería Agronómica, FCAV-UASD.

RESUMEN

Las actividades agropecuarias generan cerca del 6% de PIB de la República Dominicana. A pesar de esto, los cerca de dos millones de cabezas de ganado bovino no satisfacen la demanda nacional. Lo anterior se debe a que el subsector enfrenta altos costos de los insumos y obsoletos sistemas de producción. Además, el país no cuenta con estadísticas precisas y actualizadas del sector lácteo ni cárnico, y menos aún de estimaciones puntuales de la sostenibilidad. Así, el presente estudio se propuso medir la sostenibilidad de la ganadería doble propósito de los municipios de la provincia Santiago Rodriguez, a través de la aplicación de indicadores productivos, sociales, ambientales y de gobernanza. Para ello se seleccionó la herramienta SAFA con sus 116 indicadores, fusionada con las mediciones cíclicas de MESMIS. Se adaptaron 34 indicadores. Con estos, se analizaron 12 fincas, cuatro por municipio, por medio de una encuesta con 54 preguntas, 30 cerradas y 24 abiertas. Se halló que la sostenibilidad del sistema es media: se deben superar desafíos de baja productividad lechera, alta vulnerabilidad climática, poco conocimiento de la cadena, baja intervención de mujeres y jóvenes, alta dependencia de personal no calificado, poco aprovechamiento de los recursos silvopastoriles, incumplimiento de la normativa ambiental, daño a los recursos suelo, agua y aire, para no decaer en la sostenibilidad. El punto medio de sostenibilidad es apalancado por los precios justos de carne y leche, bajos costos y número de jornales, frecuencia de preñez y altos valores culturales, lo que se traduce en una rentabilidad apenas positiva.

Palabras clave: *caracterización, carne, ganado bovino, leche, sustentabilidad*

ABSTRACT

Agricultural activities generate nearly 6% of the Dominican Republic's GDP. Despite this, the approximately two million head of cattle do not meet national demand. This is due to the fact that the subsector faces high input costs and obsolete production systems. Furthermore, the country lacks accurate and up-to-date statistics for the dairy and meat sectors, let alone timely estimates of sustainability. Thus, this study aimed to measure the sustainability of dual-purpose livestock farming in the municipalities of Santiago Rodríguez province through the application of productive, social, environmental, and governance indicators. To this end, the SAFA tool with its 116 indicators was selected, combined with the cyclical measurements of MESMIS. Thirty-four indicators were adapted. With these, 12 farms were analyzed, four per municipality, using a survey with 54 questions: 30 closed and 24 open. The system's sustainability was found to be medium: challenges such as low dairy productivity, high climate vulnerability, limited knowledge of the chain, limited involvement of women and youth, high dependence on unskilled personnel, poor utilization of silvopastoral resources, noncompliance with environmental regulations, and damage to soil, water, and air resources must be overcome to maintain sustainability. The midpoint of sustainability is leveraged by fair prices for meat and milk, low costs and number of work days, pregnancy frequency, and high cultural values, which translate into a barely positive profitability.

Key words: *cattle, characterization, meat, milk, sustainability*

INTRODUCCIÓN

En República Dominicana los cerca de dos millones de cabezas de ganado bovino no satisfacen la demanda nacional (DGCP, 2013). Lo anterior se debe a que el subsector enfrenta una serie de retos que se han agudizado en los últimos años. Entre estos, se citan: los altos costos de los insumos, en su mayoría importados, y los obsoletos sistemas de producción que imperan en las fincas ganaderas del país son algunos de los escollos que han dificultado mejorar la competitividad en la producción de leche y carne (Ferreras, 2015). La cría de ganado en la República Dominicana requiere, entonces, tecnología avanzada, tanto en insumos, como en procesos productivos, lo cual es un gran desafío en materia de mejoramiento genético y de extensionismo tecnológico (Mosquera, 2017).



En República Dominicana, la ganadería bovina de doble propósito produce aproximadamente el 65 % de la leche y el 55 % de la carne consumidas en el país (DIGEGA, 2024). Mientras en Santiago Rodríguez, la actividad ganadera sirve de sustento económico a miles de familias, representando cerca del 70 % de la economía de la provincia, generando cerca de 120 millones de pesos dominicanos en el sector lechero mensualmente, sin valorar la producción de carne; (Tejada, 2021). Por lo tanto, la ganadería contribuye a generar puestos de trabajo, sobre todo en zonas rurales, siendo el sustento de miles de familias (Ganadería y Clima RD, 2020). Sin embargo, la ganadería de la línea noroeste presenta dificultades como fuerte sequía (Tejada, 2021); uso de tecnología rudimentaria y básica (CEPAL, 2017); caída en la producción de leche, en la salud y fertilidad del ganado (García, 2023; Ramírez, 2018); baja cubierta con pastos mejorados (Ganadería y Clima, 2020); altos costos de los insumos, en su mayoría importados (Ferreras, 2015).

A esto se suman problemas como el bienestar animal, con el confinamiento y transporte de los animales (Ganadería y Clima RD, 2020). Además, Según Núñez *et al.* (2023) y Núñez *et al.* (2024), en estos sistemas existe una reducida presencia de prácticas de ganadería sostenible para el cuidado de los recursos naturales y por tanto, una baja producción y productividad, y la ausencia de trazabilidad, lo que provoca que República Dominicana requiera de importaciones para cubrir el déficit y satisfacer las demandas de la industria procesadora y del mercado local (Gomes y Oddone, 2017). En ese sentido, la ganadería de doble propósito es usado para satisfacer la demanda de ambos productos (carne y leche) en regiones de clima cálido como los trópicos, o las zonas áridas y semi áridas (INIFAP, 2009), siendo de las actividades agropecuarias más diseminadas en el medio rural con climas tropicales de Latinoamérica (Urdaneta, 2009).

Al considerar una baja productividad de la ganadería dominicana, deterioro del medio ambiente y problemas económicos en este rubro. La ganadería del país, especialmente la tradicional de doble propósito, no es perfectamente sostenible. A pesar de esta realidad, no se han hecho mediciones de base científica de la sostenibilidad de estos sistemas, por lo que se desconoce a ciencia cierta su grado. El objetivo de la investigación fue medir la sostenibilidad en el momento actual de los sistemas de doble propósito presentes en los tres municipios de Santiago Rodríguez, República Dominicana, como un esfuerzo conjunto para identificar y ayudar a mejorar los aspectos de la sostenibilidad de este sistema.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación

Esta investigación se realizó en fincas ganaderas de doble propósito ubicadas en la provincia de Santiago Rodríguez, República Dominicana (Figura 1), en los municipios de Monción, Sabaneta y Villa Los Almácigos, donde DIGEGA (2024) reporta estadísticas de productores de doble propósito en esos municipios. A través de recorridos guiados, se escogieron las fincas producto del análisis del tamaño muestral, del recorrido, y del diseño no experimental planteado en este estudio.

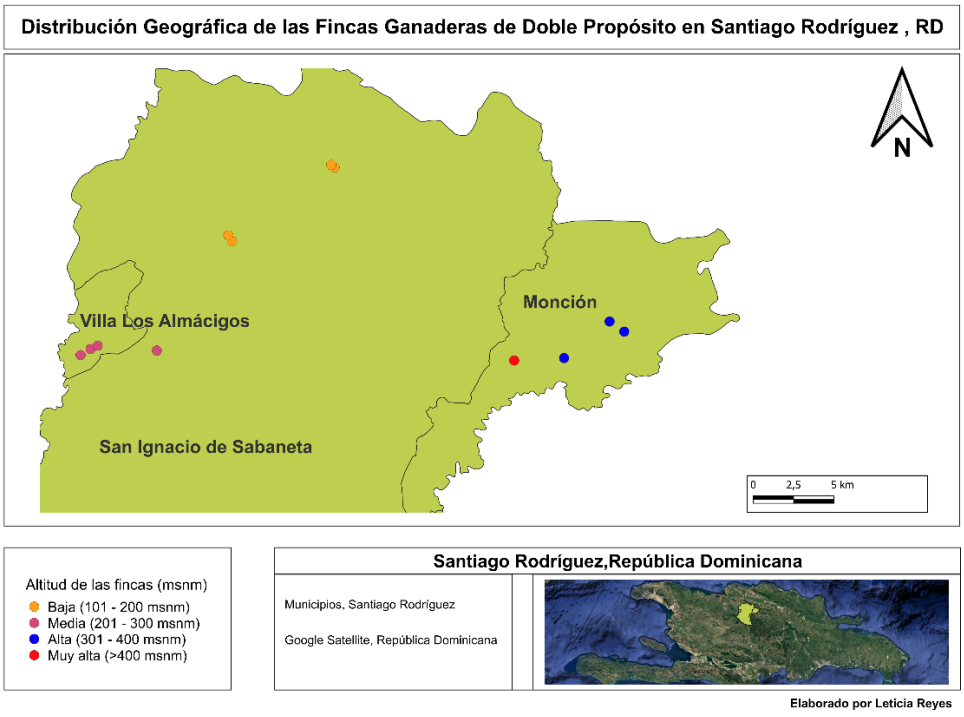


Figura 1. Ubicación de las 12 fincas ganaderas seleccionadas en Santiago Rodríguez, República Dominicana.

Tipo de investigación

La investigación es de tipo no experimental, para la misma se realizaron muestreos de forraje y suelo, con la aplicación de un cuestionario al propietario o encargado de cada finca con preguntas abiertas y cerradas. Se tomaron muestras de suelo y de forraje y se realizaron análisis fisicoquímico al suelo y de contenido nutricional al forraje a las muestras procedentes de las 12 fincas seleccionadas donde se maneja la ganadería de doble propósito, además para la calidad de leche se usaron bases de datos disponibles en la zona de estudio.

Tamaño muestral

Para calcular el tamaño de la muestra de fincas se utilizó la fórmula propuesta por Fisher *et al*. (1941), para poblaciones finitas. Se planteó el estudio con nivel de confianza del 95 %. La aplicación de la fórmula fue para una población de 60 ganaderos con finca de doble propósito (DIGEGA, 2024), distribuidos en tres municipios: Monción, Sabaneta y Villa Los Almácigos. Se determinó un número de 12 fincas y se distribuyeron en los tres municipios (Figura 1). La muestra de 12 fincas ganaderas se distribuyó en un gradiente de los 124 a los 410 m.s.n.m., y de los 19°06´ N a los 71°27´O. La fórmula usada fue:

$$n = \frac{p(1-p)}{\left(\frac{E}{Z}\right)^2 + \frac{p(1-p)}{N}}$$

Donde:

N = Población = 60 ganaderos

Z = (a = 0.05) = 1.96

P (frecuencia esperada del parámetro) = 0.5

E = (Error que se prevé cometer) 0.05= 5 %

n = 12 fincas

Herramientas metodológicas

Se escogieron y fusionaron las metodologías de medición de la sostenibilidad en sistemas agropecuarios MESMIS **(**Astier *et al.,* 2012) y SAFA (Heredia *et al.,* 2020**)**. La primera aportó los protocolos de evaluación cíclica entendiendo la medición de la sostenibilidad como un atributo que cambia espacio temporalmente, y la segunda una batería amplia de 116 indicadores, con la adición de una cuarta dimensión de la sostenibilidad denominada «*Buena Gobernanza*».

Para esto, se realizaron dos procesos de tamizaje de los indicadores: A. Preseleccionar 41 indicadores de SAFA (diez sociales, ocho de gobernanza y 23 ambientales), más 19 indicadores técnico-económicos (productivos) aportados por los actores de la zona, para un total de 60 indicadores preseleccionados. Seis de esos indicadores fueron reevaluados con base en su baja factibilidad económica y social de medición, para finalmente preseleccionar 54. B. Seleccionar participativamente con técnicos, productores de ganado e investigadores de la zona 34 indicadores: cuatro para buena gobernanza (gobernanza), diez para integridad ambiental (ambiental), quince de resiliencia económica (productiva o técnicos económicos) y cinco para bienestar social (social). Para cada uno de estos indicadores se estableció participativamente, con la inclusión de consulta a expertos y productores, y soportado por fuentes documentales, el vector, el valor ideal de la sostenibilidad, el valor esperado en campo, y el número de grados de la escala de sostenibilidad del sistema de producción ganadera bovino de doble propósito para la Línea Noroeste. Finalmente se estructuró una matriz con cada uno de los indicadores de cada una de las dimensiones con sus escalas concretadas. A partir de la cual se realizó una encuesta semiestructurada a 12 productores de ganado de fincas ganaderas de la provincia Santiago Rodríguez (municipios de Monción, Sabaneta y Villa Los Almácigos). Para esto, se encuesto a unos cuatro ganaderos/municipio.

Análisis de datos

Los resultados fueron analizados usando el software Excel y luego transformados en tablas y figuras.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Dimensiones, indicadores y escalas

El proceso de selección de indicadores de la sostenibilidad (IS) de los sistemas ganaderos de Santiago Rodríguez es presentado por dimensiones en la tabla 1, donde se incluyen los indicadores seleccionados (32), descripción escalas según dimensiones. Siendo de cuatro para la dimensión social, cinco para gobernanza, 10 ambientales y 15 productivos, para un total de 34 IS. Las herramientas MEMIS y SAFA, resultaron ser herramientas útiles aplicables a la ganadería de la provincia



Santiago Rodríguez en la modalidad de doble propósito (municipios de Monción, Sabaneta y Villa Los Almácigos), como lo sugieren Astier *et al.* (2012) y Heredia *et al.* (2020).

Tabla 1. Dimensiones (social con 5 IS, gobernanza con 4 IS, ambiental con 10 IS y productiva 15 IS), indicadores, descripción y escala determinados para la provincia Santiago Rodríguez, República Dominicana.

Nombre del indicador ajustado	Descripción	Escala de valoración
a. Dimensión Social		
1. Nivel salarial	Ingreso promedio anual familiar que incluye el ingreso de las diferentes actividades económicas en las que participa el hogar	1 al 5
2. Desarrollo de capacidades y extensionismo	Acceso a información, capacitaciones y extensionismo en torno a la sostenibilidad de los medios de vida	1 a 5
3. Precios justos	Acceso a mercados con precios justos, estables, negociados y basados en los costos reales	1 a 5
4. Inclusión familiar	Nivel de inclusión de mujeres y jóvenes. Equidad en contratación, remuneración, oportunidades, entre otros	1 a 5
5. Valores culturales	Reconocimiento de los diversos valores del territorio asociados a la presencia de bosque, servicios hídricos y valores culturales	1 a 5
b. Dimensión Gobernanza		
6. Actores materiales involucrados	El productor reconoce los diferentes actores que hacen parte del sistema productivo pecuario y trabaja en red con algunos de ellos	1 a 5
7. Participación e interacción del sistema ganadero	En el sistema ganadero todos los miembros están informados, participan en la toma de decisiones críticas y sus aportes son debidamente considerados	1 a 5
8. Conflictos socioambientales	El productor reconoce los conflictos socioambientales presentes en el territorio y está interesado en aportar a su resolución	1 a 5
9. Conocimiento de la norma ambiental	El productor conoce y cumple la normatividad ambiental	1 a 5
c. Dimensión Ambiental		
10. Prácticas de prevención de la contaminación del aire	Actividades y prácticas que evitan el aumento de contaminantes del aire como: concentración de dióxido de azufre, óxidos nitrosos, compuestos orgánicos volátiles, y otros	1 a 5
11. Prácticas de conservación del agua	Prácticas de conservación de agua (balance hídrico como criterio para el riego) que mejoran la eficiencia o reducen la cantidad de agua dulce empleada en la producción de leche	1 a 5
12. Prácticas de ganadería sostenible en suelo	Número de prácticas de ganadería sostenible para suelos realizadas por el ganadero	1 a 5
13. Calidad de las aguas residuales	Altas concentraciones de contaminantes malogran la calidad del agua, Analizar DBO, DQO, Coliformes totales	1 a 5
14. Calidad físico-química y biológica del suelo	Propiedades físico químicas del suelo	1 a 5
15. Diversidad de especies silvestres	Identificación de especies silvestres asociadas al sistema ganadero	1 a 5
16. Razas adaptadas localmente	Proporción de razas adaptadas localmente	1 a 5

17. Manejo de envases plásticos	Prácticas de buena disposición de empaques y residuos de plaguicidas empleados en la producción de leche y carne	1 a 5
18. Buenas prácticas de reducción de residuos	Buenas prácticas realizadas por el productor para reducir los residuos sólidos de la finca durante la actividad ganadera	1 a 5
19. Bienestar animal	Funcionamiento biológico (salud, producción), la naturalidad de su vida (comportamiento normal, ambiente natural) y el estado afectivo (dolor, sufrimiento) adecuados	1 a 5
d. Dimensión productiva		
20. Producción de forraje	kg/ha biomasa producida	1 a 5
21. Calidad de forraje	Contenido nutricional del forraje	1 a 5
22. Capacidad de carga	Número de animales/ha	1 a 5
23. Productividad-carne	kg producto/animal/día kg producto/ha Coeficiente de variación	1 a 5
24. Productividad-leche	Litros leche/animal/día Litros leche/ha Coeficiente de variación	1 a 5
25. Rotación de praderas, días de ocupación y descanso	Rotación de praderas, días de ocupación y descanso	1 a 5
26. Ingresos-carne	Valor ($) carne – valor ($) costos, Valor ($) carne/ha, Ingresos neto carne/ha/año	1 a 5
27. Ingresos-leche	Valor ($) leche – valor ($) costos, Valor ($) leche/ha, Ingresos neto leche/ha/año	1 a 5
28. Costos	Costo de producción de materia seca (Kg)	1 a 5
29. Valor del jornal	Costo de un jornal de 8 horas en DOP Costo de una actividad puntual en DOP	1 a 5
30. Número de jornales	Para producir carne (al año por el total de carne producida); para producir leche (diario por volumen producido)	1 a 5
31. Rentabilidad (carne y leche)	B/C	1 a 5
32. Acceso a financiamiento	Líneas de financiamiento disponibles	1 a 5
33. Calidad de leche	Contenido nutricional y organoléptico de la leche, por la cual es jerarquizada en una escala de calidad	1 a 5
34. Frecuencia promedio de preñez	Cantidad promedio de veces que las vacas del hato quedan preñadas en cinco años	1 a 5

Sostenibilidad del sistema de producción de doble propósito

En la figura 2, se observa Los indicadores aplicados a la ganadería de doble propósito de la provincia Santiago Rodríguez, República Dominicana, arrojaron que esta provincia para ese sistema productivo pecuario tiene una media de sostenibilidad y una moda de 3, es decir, una sostenibilidad apenas media. Para sistemas agrarios, se halló que normalmente se trabajan con entre 20 y 30 indicadores de SAFA: Rodríguez *et al.* (2022), en evaluaciones en cebolla larga en Colombia trabajaron con 25 indicadores, y Rodríguez *et al.* (2024), en reconversión productiva de un lago trabajaron con 26. Por esto, se decantaron los 54 indicadores preseleccionados hasta 34 indicadores para medición de la sostenibilidad en sistemas de doble propósito en Santiago Rodríguez.



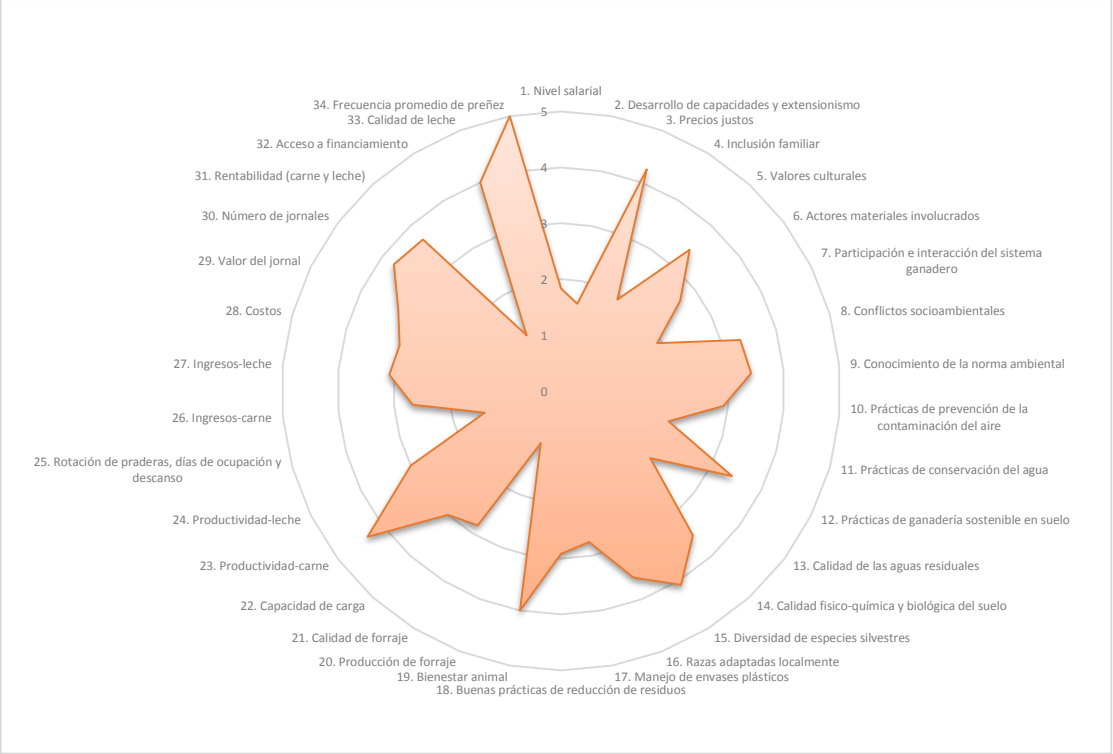


Figura 2. Estado actual de la sostenibilidad pecuaria de la ganadería doble propósito de Santiago Rodríguez, República Dominicana.

Autores como Ancho (2019) y Pérez (2002), recomienda estas dimensiones e indicadores para este tipo de investigación, aunque difieren en el número de indicadores por las dificultades a enfrentar a nivel de campo. En ese sentido, de Galué (s/f), sugiere incluir variables relacionadas al desarrollo sostenible. Ledesma *et al.* (2002), concluyen que los IS constituyen una herramienta para evaluar la sostenibilidad de los sistemas productivos, así como para la toma de decisiones o establecimiento de políticas de desarrollo del sector agropecuario. En la figura 2, se observa que la sostenibilidad varia con la dimensión y presentándose valores críticos en algunos indicadores en las cuatro dimensiones. En lo social, tres de cinco indicadores son bajos: nivel salarial, desarrollo de capacidades y extensionismo, e inclusión familiar. En gobernanza, solo un indicador de esta dimensión presentó valores de sostenibilidad bajos: la participación e interacción del sistema ganadero. Mientras los indicadores de productividad, valor del jornal, precios de carne y leche, y costos apenas son suficientes, lo que hace que el agronegocio subsista con lo justo. Es decir, está en un punto de inflexión donde admite mejora, pero también es muy vulnerable a eventos como el cambio climático con las sequías. En la parte productiva, las sequías estacionales son más largas y fuertes (Tejada, 2021), y los productores de Santiago Rodríguez no se autoabastecen de forraje, esto incide fuertemente en los niveles de producción de leche y carne. En la parte ambiental, de siete indicadores finales, tres tienen sostenibilidad baja: prácticas de prevención de la contaminación del aire, manejo de envases plásticos y buenas prácticas de reducción de residuos; y dos son altos: diversidad de especies arbóreas y bienestar animal. Los resultados obtenidos en la investigación son comparables con los obtenidos por Sepúlveda *et al.* (1998), Urdaneta de Galué y Materán (2006) y Hernández *et al.* (2006), aunque estos indican que los valores de sostenibilidad obtenidos, solo son comparables con otra medición en el mismo sistema, es decir valores entre sistemas, en este caso el ganadero.

CONCLUSIONES

La sostenibilidad en los sistemas de ganadería bovina de doble propósito de Santiago Rodríguez, República Dominicana discurre de un escenario de menos sostenibilidad a uno de mayor sostenibilidad. La sostenibilidad de ese sistema evaluado es media con un promedio y una moda iguales, y se deben superar los desafíos de baja productividad lechera, alta vulnerabilidad climática a las sequías, poco conocimiento de los actores de la cadena, baja intervención de mujeres y jóvenes en toma de decisiones, alta dependencia de personal no calificado, nula documentación que posibilite un plan de finca, poco aprovechamiento de los recursos de los sistemas silvopastoriles, incumplimiento de facto de la normativa ambiental, daño a los recursos suelo, agua y aire, para no decaer a un punto donde el sistema sea insostenible. La ganadería en esta provincia es de importancia extrema y la permanencia de este sistema productivo, requiere de un incremento en la sostenibilidad, aumentando el margen de ganancias con un ambiente saludable y mejor calidad de vida de las personas.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Proyecto Fondocyt 2022-2D7-034 "Indicadores de sostenibilidad en sistemas de producción ganadera de doble propósito y diseño de aplicaciones informáticas para aumentar su competitividad en la República Dominicana", Ministerio de Educación Superior Ciencia y Tecnología (MESCyT). Ejecutado por la Universidad Autónoma de Santo Domingo, UASD. Se agradece además a los 12 productores de ganado de doble propósito de Santiago Rodríguez por permitir el acceso a las fincas y suministrar las informaciones.

BIBLIOGRAFÍA

Ancho, P.E. 2019. Ganadería e Indicadores de Sostenibilidad. Ganadería. 58 p. Villava. https://campus.intiasa.es/pluginfile.php/2546/mod_resource/content/1/Proyectos%20indicadores%20en%20ganaderia%20Jornada%20Sistemas%20Ganaderos.%20Paola%20Eguinoa.pdf. Consultado el 29 de octubre de 2024.

Astier, M., García-Barrios, L., Galván-Miyoshi, Y., González-Esquivel, C.E., Masera, O.R. 2012. Assessing the sustainability of small farmer natural resource management systems. A critical analysis of the MESMIS program (1995-2010). Ecology and Society 17(3).

CEPAL [Comisión Económica para América Latina y el Caribe]. 2017. Fortalecimiento de la cadena de valor de los lácteos en la República Dominicana. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/41746/1/S1700564_es.pdf

de Galué, F.U. d/f. Indicadores de sostenibilidad para la ganadería bovina de doble propósito. Disponible en: http://www.avpa.ula.ve/libro_desarrollosost/pdf/capitulo_2.pdf. Consultado en octubre del 2024.

DIGEGA (Dirección general de ganadería RD). 2024. Proyecto de Mejoramiento de la Ganadería en República Dominicana (PROMEGAN). Disponible en: https://www.ganaderia.gob.do/index.php/de-interes/item/548-promegan. Consultado el 2 de marzo del 2024.

DGCP [Dirección General de Contrataciones Públicas]. (2013). Ganadería avanza con la tecnología. Disponible en: https://www.dgcp.gob.do/noticias/ganaderia-avanza-con-la-tecnologia/

Ferreras, A. 2015. Competitividad: Reto de la ganadería dominicana. El dinero. Disponible en: https://eldinero.com.do/8918/competitividad-reto-de-la-ganaderia-de-republica-dominicana/

Fisher, A., Laing, J. y Stoeckel, J. 1941. Manual para el diseño de investigaciones operacionales en planificación familiar. The Population Council. Imp. 68 p. Disponible en: http://bvs.minsa.gob.pe/local/contenido/6840.pdf. Consultado el 15 de marzo del 2024.

Ganadería y Clima RD. 2020. Plataforma conocimientos ganadería climáticamente inteligente en Rep. Dominicana. Disponible en: https://ganaderiayclimard.do/plataforma-conocimientos-ganaderia-climaticamente-inteligente-en-rep-dominicana/

García, S. 2023. Enfermedades comunes del ganado vacuno. Veterinaria digital. Disponible en: https://www.veterinariadigital.com/articulos/enfermedades-comunes-del-ganado-vacuno/

Gomes, N.C., y Oddone, N. 2017. Fortalecimiento de la cadena de valor de los lácteos en la República Dominicana. Repositorio. https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/c56d6c76-ac7b-4bea-906f-a8a3bdd858fc/content

Heredia, M., Torres, B., Guerrero, E., Gallardo, D., Núñez, M., Alemán, R., Díaz-Ambrona, C.G. 2020. Evaluación de la sostenibilidad de sistemas productivos en la franja de diversidad y vida: reserva de biosfera Yasuní, Amazonía. Revista Científica Axioma (22), 5-11.

Hernández, V.D., Herrera, H.J.G., Pérez, P.J., Vázquez, A.S. 2006. Índice de sustentabilidad para el sistema bovino de doble propósito, en Guerrero, México. REDVET.

https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/83494/1032463135.2023.pdf?sequence=4&isAllowed=y

INIFAP [Instituto nacional de investigaciones forestales, agrícolas y pecuarias]. (2009). Producción de leche de bovino en el sistema de doble propósito. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/308202518_MEJORAMIENTO_GENETICO_-_DOBLE_PROPOSITO

Ledesma, L.M., Gallego, L.A., Peláez, F.J. 2002. Situación actual de la ganadería de carne en Colombia y alternativas para impulsar su competitividad y sostenibilidad. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias 15(2), 213-225. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3242901

Mosquera, J. (2017). Manual De Buenas Prácticas En Ganadería Lechera: Consultado 10 abril 2024 Disponible en https://www.nestle.do/sites/g/files/pydnoa256/files/nestle-en-lasociedad/documents/nestle%20manual%20buenas%20practicas.pdf





Núñez, R.P.A., Cepeda, R.D.J.E., Jiménez, A.N.P., Gelpud, C.G., Núñez, J.A.D., Detlefsen, G., Pulido-Blanco, V.C. 2024. Arreglos silvopastoriles y diversidad de especies arbóreas en fincas lecheras de Monción, República Dominicana. Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales 11(1), 89-97.

Núñez, R.P.A., Núñez, J.L.R., Domingo, O.P., Domínguez, R.V.E., Guatusmal, G.C., Durán, N.J.A., Pulido-Blanco, V.C. 2023. Identification of tree species present in silvopastoral dairy production systems of the Villa Los Almácigos municipality, Dominican Republic. Revista Cubana de Ciencias Forestales 11(3), 819p.

Pérez, J., Rincón, N., Materán, M., Montiel, N., Urdaneta, F. 2002. Desarrollo Sostenible de tres comunidades agrícolas del estado Zulia. Revista Facultad de Agronomía (LUZ) 19 (2), 149-162.

Ramírez, V. 2018. Cuidados de la vaca lechera durante el periodo seco para lograr un óptimo desempeño productivo. Consultado el 16 de abril 2024. https://www.ganaderia.com/destacado/cuidados-de-la-vaca-lechera-durante-el-periodo-seco-para-lograr-un-optimo-desempeno-productivo

Rodríguez, R.K.J., Pulido, B.V.C., Martínez, C.F.E., Meneses, B.D.H. 2024. Restructuring the agricultural production in the Tota Lake Basin (Colombia): pros and cons to achieve the change. Tropical and Subtropical Agroecosystems, 27(2).

Rodríguez, R.K.J., Pulido, B.V.C., Rojas, R.D.A., Martínez, C.F.E. 2022. Buenas prácticas agrícolas y sostenibilidad del cultivo de cebolla de rama (Allium fistulosum L.) en la cuenca del lago de Tota (Boyacá, Colombia). Agroalimentaria Journal-Revista Agroalimentaria 28(54), 139-169. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8567565

Sepúlveda, S., Castro, A., Rojas, P. 1998. Metodología para estimar el nivel de desarrollo sostenible en espacios rurales. Cuadernos Técnicos 4. IICA. San José de Costa Rica. 76 p.

Tejada. E. 2021. Percepción de los productores de ganado bovino sobre el impacto del cambio climático con énfasis en sequía prolongada en los sistemas de producción de leche de la provincia Santiago Rodríguez, República Dominicana. Consultado pp. 39.

Urdaneta de Galué, F., Materán, M. 2006. Capítulo II. Indicadores de sostenibilidad para la ganadería bovina de doble propósito. En: Desarrollo Sostenible de Ganadería Doble Propósito. C. González-Stagnaro, N. Madrid-Bury, E. Soto-Belloso (Eds).

Urdaneta. F. 2009 Mejoramiento de la eficiencia productiva de los sistemas de ganadería bovina de doble propósito. Researchgate. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/277272871_Mejoramiento_de_la_eficiencia_productiva_de_los_sistemas_de_ganaderia_bovina_de_doble_proposito_Taurus-Indicus

34-SE

SE-06. Variación temporal de indicadores fitosociológicos en una comunidad vegetal sometida a pastoreo

Lázaro Castro Hernández[1,2], Jatnel Alonso Lazo[1], Dayki Valenciaga Gutiérrez[1]

[1]Instituto de Ciencia Animal, Carretera Central km 47½ San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba. C.P. 32700.

[2]Doctorando en la Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Ciencias Biológicas, Programa de Doctorado en Ciencias Biológicas Mención Ecología, Avenida Portugal 49, 8320000, Santiago, Chile

INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas de pastizales son fundamentales para los agroecosistemas a nivel global, cubriendo una parte significativa de la superficie terrestre y de los terrenos agrícolas (Lemaire et al., 2011). Desempeñan roles cruciales en la formación del suelo, la regulación de ciclos biogeoquímicos y la dinámica de la biodiversidad. En regiones tropicales, como Cuba, estos pastizales son la piedra angular de la producción ganadera, satisfaciendo la mayor parte de los requerimientos forrajeros. Sin embargo, la degradación de estos ecosistemas es una preocupación creciente, a menudo causada por prácticas de manejo inadecuadas (Lemaire et al., 2011; Lezama et al., 2006, 2019; Rodríguez et al., 2009).

Para comprender y gestionar integralmente estos agroecosistemas, es esencial emplear herramientas que consideren las complejas interrelaciones entre sus componentes. En este contexto, la fitosociología emerge como una disciplina clave para la caracterización funcional de la vegetación, permitiendo evaluar la estructura y dinámica de las comunidades vegetales. Adicionalmente, la integración de índices espectrales de vegetación, como el NDVI y el NDWI, derivados de sensores remotos, complementa esta evaluación al proporcionar información biofísica sobre la salud y productividad de la vegetación (Huntington et al., 2017; Sishodia et al., 2020). A pesar de su utilidad, su aplicación en los trópicos y en comunidades de pastizales cubanas ha sido limitada.

El objetivo de esta investigación fue evaluar la variación temporal de indicadores fitosociológicos, incluyendo la composición de especies, su estructura y la respuesta espectral de la vegetación a lo largo del tiempo, en una comunidad vegetal sometida a diferentes regímenes de pastoreo.

METODOLOGÍA

La investigación se llevó a cabo en áreas de pastoreo del Instituto de Ciencia Animal, Cuba. Se seleccionó una comunidad vegetal en dos cuartones, sometidos a diferentes tiempos de reposo según la temporada. Se realizaron muestreos sistemáticos entre septiembre de 2020 y marzo de 2024. A partir de los datos recolectados, se calcularon índices de diversidad (Shannon-Weaver, Simpson, Margalef) y similitud (Jaccard, Sørensen) para evaluar la estructura y diferenciación de la comunidad. Además, se analizaron los índices espectrales de vegetación NDVI y NDWI, obtenidos de imágenes satelitales Sentinel-2, para estimar patrones de productividad y contenido hídrico de la vegetación.

RESULTADOS

Durante el periodo de estudio, se observó una marcada variación temporal en la composición florística, con un aumento progresivo en la riqueza específica, que pasó de 10 especies en el primer muestreo a 16 en el último.

Los índices de similitud de Jaccard y Sørensen (Fig. 1A) mostraron una tendencia decreciente entre cuartones, partiendo de una similitud completa (valores de 1.0) en el primer muestreo y disminuyendo a 0.56 y 0.72, respectivamente, en el último muestreo. Esta divergencia indica una creciente diferenciación florística entre los cuartones. Por su parte, los índices de diversidad (Fig. 1B) reflejaron una tendencia ascendente. El índice de Shannon-Weaver mostró incrementos sostenidos (de 1.51 a 1.99 en el Cuartón 1 entre el M1 y M8), y el índice de Margalef también aumentó (de 1.12 a 2.89). El índice de Simpson se mantuvo elevado (≥0.7) en todos los muestreos. Estos valores sugieren una comunidad inicialmente dominada pero en transición hacia una mayor equitatividad y complejidad estructural.

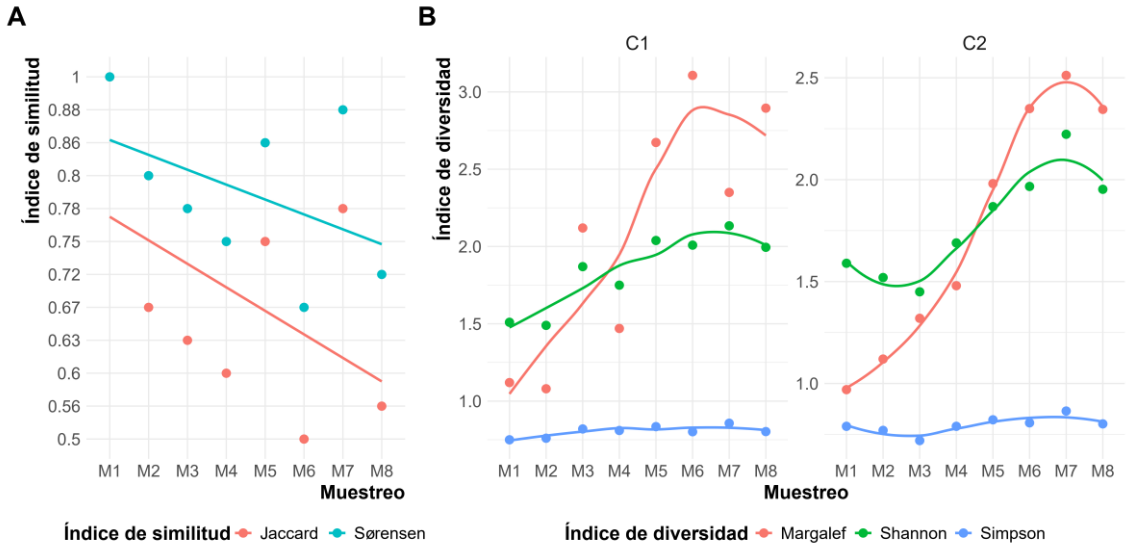


Figura 1. Dinámica de los índices de similitud florística de Jaccard y Sørensen (A), y de diversidad de Shannon-Weaver, Simpson y Margalef (B) entre dos cuartones (C1 y C2) de una comunidad vegetal sometida a pastoreo, en ocho momentos entre 2020 y 2024 (M1-M8).

El NDVI osciló entre 0.15 y 0.76, alcanzando sus máximos durante los muestreos de la temporada lluviosa, lo que refleja picos en la producción de biomasa verde (Fig. 2A). El NDWI reveló importantes variaciones en la disponibilidad hídrica, mostrando valores superiores a 0.1 en los meses húmedos y valores negativos durante los meses secos, lo que indica fluctuaciones en el contenido hídrico del dosel vegetal (Fig. 2B). Ambos índices permitieron inferir los periodos de máxima productividad y de estrés hídrico.

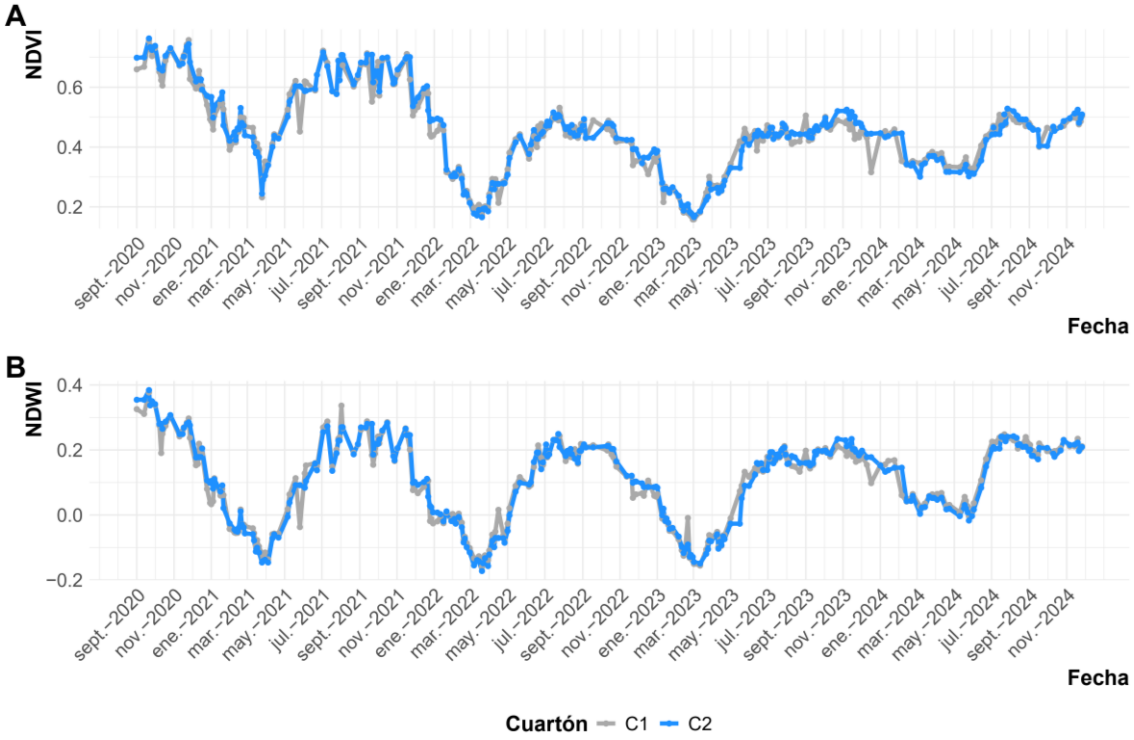


Figura 2. Variación temporal de los índices espectrales de vegetación NDVI (A) y NDWI (B) durante el periodo de estudio. Se observan máximos durante la estación lluviosa y mínimos en la seca, reflejando la productividad y el estado hídrico de la biomasa vegetal.

DISCUSIÓN E IMPLICACIONES

La diferenciación florística progresiva entre cuartones, evidenciada por los índices de similitud, destaca la fuerte influencia del manejo específico (regímenes de pastoreo y tiempos de reposo) en la trayectoria de la comunidad vegetal. Esta heterogeneidad funcional entre los cuartones es crucial, ya que podría traducirse en una mayor resiliencia del sistema a escala de paisaje, promoviendo la diversidad beta como un mecanismo compensatorio ante disturbios.

El comportamiento de los índices de diversidad, particularmente el aumento en Shannon-Weaver y Margalef, es indicativo de una comunidad en evolución desde una dominancia inicial hacia una mayor equitatividad y complejidad estructural. Este patrón es característico de sistemas en recuperación ecológica, sugiriendo una transición hacia una estructura más compleja y estable.

Los índices espectrales NDVI y NDWI proporcionaron información valiosa para comprender la dimensión funcional de la vegetación. El NDVI capturó los pulsos productivos estacionales, reflejando el verdor y la capacidad fotosintética de la vegetación, mientras que el NDWI permitió detectar estados de hidratación de la biomasa, revelando periodos de estrés hídrico que son críticos para la planificación forrajera.

La integración de estos indicadores fitosociológicos tradicionales con herramientas de percepción remota (como el NDVI y NDWI) refuerza significativamente la capacidad diagnóstica de los sistemas pastoriles. Este enfoque multidimensional es fundamental para el diseño de estrategias de manejo adaptativo en sistemas ganaderos tropicales. Permite una mejor gestión de los sistemas de producción ganadera al ofrecer insumos clave para la toma de decisiones orientadas a la sostenibilidad productiva y ecológica.

BIBLIOGRAFÍA

Huntington, J. L., Hegewisch, K. C., Daudert, B., Morton, C. G., Abatzoglou, J. T., McEvoy, D. J., & Erickson, T. (2017). Climate engine: Cloud computing and visualization of climate and remote sensing data for advanced natural resource monitoring and process understanding. *Bulletin of the American Meteorological Society*, *98*(11). https://doi.org/10.1175/BAMS-D-15-00324.1

Lemaire, G., Hodgson, J., & Chabbi, A. (2011). Grassland productivity and ecosystems services. In *Grassland Productivity and Ecosystems Services*. https://doi.org/10.2989/10220119.2014.955878

Lezama, F., Altesor, A., León, R. J., & Paruelo, J. M. (2006). Vegetation heterogeneity of natural grasslands on the basaltic region of Uruguay | Heterogeneidad de la vegetación en pastizales naturales de la región basáltica de Uruguay. *Ecologia Austral*, *16*(2).

Lezama, F., Pereira, M., Altesor, A., & Paruelo, J. M. (2019). ¿Cuán heterogéneos son los pastizales naturales en Uruguay? In *Bases ecológicas y tecnológicas para el manejo de pastizales II proyecto FPTA 305 "caracterización de estados del campo natural en sistemas ganaderos de Uruguay: Definición y uso de indicadores de condición como herramientas de manejo* (pp. 15–26).

Rodríguez, L., Jardines, S., & Hernández, R. (2009). *Estudio de los ecosistemas de pastizales naturales en el mundo*.

Sishodia, R. P., Ray, R. L., & Singh, S. K. (2020). Applications of remote sensing in precision agriculture: A review. *Remote Sensing*, *12*(19). https://doi.org/10.3390/rs12193136





SE-07. Contribución del manejo agroecológico de sistemas ganaderos intensivos a la reducción de los límites planetarios en Cuba

Milagros de la C. Milera; Saray Sánchez; Mildrey Soca y Osmel Alonso*

EEPF Indio Hatuey. Universidad de Matanzas. Cuba.

*Correspondencia a: milacmr16@gmail.com

RESUMEN

Objetivo: Analizar la contribución del manejo agroecológico de los sistemas de pastoreo intensivo, a los límites planetarios en Cuba, en la conservación del suelo, de la biodiversidad de especies pratenses y forrajeras y su sanidad; así como, a la salud animal.

Materiales y métodos: Para la elaboración de este compendio de resultados, publicados y sin publicar se consideraron las metodologías de investigación correspondientes, científicamente probadas, para la evaluación de sistemas con especies pratenses y forrajeras herbáceas, gramíneas, y asociaciones arboles-pastos. Se emplearon especies mejoradas adaptadas sin fertilización inorgánica. Además, de alta carga instantánea, que contribuyera al reciclaje y el reposo necesario para la recuperación de las especies, como aspecto clave en el manejo del pastoreo intensivo.

Resultados: En los sistemas evaluados, el accionar de la fauna edáfica (tanto en el suelo, como sobre los parásitos gastrointestinales de los animales), el rol de la diversidad de especies pratenses y forrajeras; así como el comportamiento de las plagas y sus controles biológicos tuvieron un comportamiento satisfactorio y ascendente en el tiempo.

Conclusiones: El manejo agroecológico de los sistemas de pastoreo intensivo tuvo un efecto sobre la calidad biológica del suelo, la conservación de la biodiversidad y la sanidad de las plantas y la salud de los animales. Es una tecnología de proceso, contextual, y participativa, que protege los recursos naturales; para favorecer la resiliencia, al medioambiente y la sostenibilidad alimentaria en el territorio, es una manera de contribuir a los limites planetarios desde los sistemas agropecuarios, entre estos: el uso del suelo, la pérdida de biodiversidad y el cambio climático, fundamentalmente.

Palabras clave: *pastoreo intensivo, sistemas silvopastoriles, medioambiente*

INTRODUCCIÓN

La intensificación en los sistemas de producción convencionales en América Latina y el Caribe, conjuntamente con la deforestación, el sobrepastoreo y las prácticas inapropiadas de irrigación, tiene una contribución notable, en la degradación del 16 % de las tierras. Este problema es más severo en América Central y México, donde se afecta el 26 %, mientras que, en Suramérica, el territorio afectado alcanza un 14 % (Pezo, 2019).

Aunque existen varias herramientas que se emplean para la mitigación del cambio climático, tanto las que se basan en mecanismos de mercado, como en soluciones tecnológicas, se requiere que el vínculo economía-sociedad-medio ambiente, se manifieste también en la prefiguración de alternativas y soluciones al cambio global, y para la emergencia climática (Mach, 2023).

Los límites planetarios definen nueve umbrales críticos esenciales para mantener la estabilidad del planeta; los cambios en el uso del suelo, la destrucción de la biosfera y pérdida de biodiversidad, los ciclos del N y el P, el consumo de agua dulce, el cambio climático, la contaminación química, la acidificación de los océanos, los aerosoles atmosféricos y la destrucción de la capa de ozono. Resulta alarmante que hasta la fecha se hayan traspasado seis límites, y que otros dos estén cerca de sus umbrales: la acidificación de los océanos y la concentración de aerosoles en la atmósfera. El uso insostenible de las tierras afecta a siete de los nueve límites planetarios, sobre todo, a los sistemas terrestres, ya que la agricultura es responsable del 23 % de las emisiones de gases de efecto invernadero, del 80 % de la deforestación y del 70 % del uso de agua dulce (ONU, 2024).

En la actualidad tienen vigencia los resultados obtenidos con un manejo intensivo agroecológico del pastoreo, por diferentes autores; en la década del 60 en Francia y Suráfrica (Voisin y Savory), y más recientemente, en Brasil y Suráfrica (Pinheiro, Sorio y Zietsman), entre otros, porque este manejo agroecológico del pastoreo influye directamente en el suelo.

Los sistemas de producción intensivos con manejo agroecológico, demuestran que su aplicación es una forma de favorecer desde lo local (la pequeña escala), con lo global, no solo en la intensificación de la producción, sino en el cuidado del medioambiente y el bienestar humano. Teniendo en cuenta que la ecología médica, comienza en el suelo; pues según Voisin (1963), el animal la fotografía bioquímica del suelo.

38-SE

El objetivo de este trabajo fue analizar la contribución del manejo agroecológico de los sistemas de pastoreo intensivo, a los límites planetarios en Cuba, en la conservación del suelo, de la biodiversidad de especies pratenses y forrajeras y su sanidad; así como, a la salud animal.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se analiza un compendio de resultados de investigación a partir de publicaciones y datos sin publicar, sobre sistemas de pastoreo intensivo que tuvieron condiciones de manejo y edafoclimáticas similares. Se exponen resultados en un sistema compuesto fundamentalmente por gramíneas y leguminosas herbáceas (A), y en tres sistemas silvopastoriles arboles-pastos (SSP), dos con baja densidad de arbóreas [uno con Leucaena (B), y otro con Gliricidia (C)], y el tercero con alta densidad de Leucaena (D).

Descripción de los sistemas estudiados y mediciones realizadas

Como aspectos generales se tienen los siguientes:

En los estudios que se realizaron, se tuvieron en cuenta las leyes del pastoreo racional Voisin; pero, se realizaron ajustes a las condiciones del trópico.

En tanto, la estrategia en el manejo del pasto en los sistemas consistió en: (1) se manejaron según presión de pastoreo con el reposo necesario hasta la recuperación del pasto; (2) no se emplearon fertilizantes; (3) se utilizó alta carga instantánea; (4) se utilizaron especies mejoradas de pasto con calidad y disponibilidad; (5) se tuvo en cuenta un nuevo concepto de pastizal, que incluye el árbol en el potrero, que no fue estudiado por Voisin; y (6) y se ejecutaron las investigaciones con diferentes especialistas.

Sistema con gramíneas y leguminosas herbáceas

Se evaluaron durante cuatro años, cinco especies de gramíneas: *Andropogon gayanus* Kunth cv. 621; *Megathyrsus maximus* (Jacq.) B.K. Simon & S.W.L. Jacobs cv. Likoni; *Cenchrus ciliaris* L. cv. Biloela; *Urochloa mutica* (Forssk.) T.Q. Nguy en cv. Aguada [=*Brachiaria purpurascens* (Raddi) Henrard] y *Cynodon nlemfuensis* Vanderyst cv. Tocumen. El manejo del sistema fue rotacional racional intensivo (PRV), con una carga promedio instantánea de 212 Unidades de ganado mayor (UGM/ha)[1], en cuartones o parcelas independientes. Entre las mediciones que se realizaron para comprobar el efecto del manejo agroecológico del sistema de pastoreo intensivo sobre los limites planetarios, se citan: a. Fauna edáfica (micro, macro y mesofauna), b. Diversidad de especies pratenses y forrajeras, c. Comportamiento de las plagas y de sus controles biológicos.

Sistema arboles-pastos (SSP) (con baja densidad)

Con leucaena

Sistema de pastoreo intensivo con un estrato herbáceo de la gramínea mejorada (*M. maximus*), y la arbórea *Leucaena leucephala* cv. Cuningham. La densidad de leucaena, fue de 555 plantas/ha.

Mediciones que se realizaron: a. Fauna edáfica, b. Comportamiento de las plagas insectiles, y sus controles biológicos.

Con Gliricidia

Sistema intensivo con un estrato herbáceo de las gramíneas mejoradas *Brachiaria decumbens y Andropogon gayanus*, y una plantación de *Gliricidia sepium.* Las plantas de *G. sepium* tenían una altura de 1,80 m y una densidad de 850 plantas/ha.

Mediciones que se realizaron:

Coleópteros coprófagos y su accionar sobre la nematodosis gastrointestinal, b. Comportamiento epizootiológico de los nemátodos gastrointestinales en los bovinos jóvenes.

Sistema arboles-pastos (SSP) (con alta densidad) (Con Leucaena)

Se desarrolló un estudio en un sistema multiasociado con alta densidad de la arbórea (25 mil plantas/ha de *L. leucephala cv.* Cuningham)-gramíneas-leguminosas herbáceas (*Neonotonia wightii, Centrocema pubescens, Stylosantes guianensis* y *Terannus labialis*), con alta carga instantánea, una alta presión de pastoreo, y con un manejo racional.

Mediciones que se realizaron:

Dinámica de la diversidad de especies.

[1] UGM- en Cuba una UGM=500kg de peso



RESULTADOS

En todos los sistemas estudiados hubo dos aspectos que tuvieron un efecto sobre el suelo y la biota, el reciclaje vía excretas y el manejo que permitió una estructura del pastizal con estabilidad de las especies con una cantidad de hojarasca que benefició toda la fauna edáfica.

Como los limites planetarios están interconectados, es posible con un manejo ageoecológico de los sistemas de pastoreo incidir en mejorar las condiciones del suelo y la estabilidad de las especies establecidas, para de esta forma contribuir al resto de los componentes del ecosistema y al medioambiente.

A. Sistema con gramíneas y leguminosas herbáceas

Biomasa microbiana (Tang-Chiong[2])

Los hongos (grupo de microorganismos promotores del crecimiento vegetal) y bacterias solubilizadoras de P descomponen formas insolubles de P como los fosfatos en solubles y mejoran la adquisición de nutrientes y el rendimiento y crecimiento de las plantas. Existen en el suelo y aumentan con el manejo agroecológico. Como resultados más relevantes que se obtuvieron en los cuatro años de evaluación, se señalan: de las cinco especies estudiadas, se observó una mayor población de solubilizadores en la profundidad 0-5 cm en *Megathyrsus*, *Cenchrus* y *Brachiaria*. Mientras, en general, la cantidad de celulolíticos, en las primeras rotaciones fue baja, excepto en *Andropogon* (0-5 cm), no obstante, de forma general se incrementa en todas las especies con mayor intensidad en *Megathyrsus*. En el caso de *Cenchrus* (0-5 cm), al inicio fue una de las más bajas, y aunque se incrementó con las rotaciones, este comportamiento estuvo relacionado con la acumulación de hojarasca.

Esto tiene relación con lo que plantearon Ortíz-González (2022), el suelo es el mayor componente ambiental con mayor biodiversidad, específicamente microbiana, ello implica una enorme diversidad genética y metabólica, que probablemente es un reflejo de la gran heterogeneidad edáfica a escalas que van desde kilómetros hasta micrómetros.

Mesofauna (Rodríguez, *et al.;* 2011)

Los taxones registrados en el área de estudio (sistema de pastoreo racional intensivo o PRV) pertenecen a cuatro órdenes de la clase Arachnida: Cryptostigmata, Astigmata, Mesostigmata (subórdenes: Gamasina y Uropodina) y Prostigmata, y a dos órdenes de la clase Insecta: Collembola y Psocoptera. Se determinaron diferencias significativas en cuanto a la diversidad de individuos presentes entre los grupos. El comportamiento de la mesofauna, en su conjunto, mostró dependencia de la densidad poblacional con relación a la interacción de los tres factores estudiados (carga, meses y profundidad).

En términos generales, se demostró que en el sistema de manejo intensivo se produjo un aumento gradual de la biota edáfica y la mayor cantidad de individuos se encontró en el área próxima a la superficie y en la hojarasca; dentro de ellos los más representados fueron los coleópteros, los oligoquetos y los diplópodos, los cuales agruparon el 74,8 % de la fauna total. Estos resultados ratifican, que, la mesofauna del suelo desempeña un importante papel en la desintegración de la hojarasca y en la aceleración del reciclaje de nutrientes del suelo.

Diversidad de especies pratenses y forrajeras (Machado-Castro, *et al.*; 2011)

En el comportamiento de la diversidad de especies jugó un importante papel en el mantenimiento de la fertilidad del suelo, a la cual pudo contribuir el reciclaje vía excreta y el positivo cambio en la biota edáfica; así como la incorporación de la hojarasca producida, en la que *A. gayanus* retorna una mayor cantidad de nutrimentos en comparación con otras gramíneas.

Además, los cambios positivos tuvieron lugar sobre la base del manejo flexible de la carga instantánea según la época en las gramíneas y las leguminosas herbáceas perennes sobre las especies de otras familias de plantas, con igual ciclo. El pasto base (*A. gayanus*) no declinó y el área remanente se pobló mayormente con especies que pueden ser seleccionadas por los animales.

En los cuartones crecieron y se desarrollaron, de una forma u otra, especies sembradas anteriormente en estas o en áreas aledañas como: *M. maximus* cv. Likoni, *Cenchrus ciliaris, Cynodon nlemfuensis, Neonotonia wightii y Teramnus. labialis,* también se desarrollaron y propagaron otras, a partir de los bancos de semilla potenciales en estos suelos, y por otras vías como las encontradas en los géneros *Bothriochloa, Paspalum, Indigofera, Centrosema, Sorghum, Cynodon, Dichanthium, Brachiaria, Digitaria, Echinochloa, Macroptilium Desmodium, Calopogonium, Chloris, Setaria, Leucaena, Sida, Alysicarpus y Desmanthus*, que pueden formar colectivamente una parte de la dieta de los bovinos, y solo pequeñas áreas por especies que son seleccionadas en ocasiones, o no lo son, de los géneros *Merremia, Cyperus, Amaranthus, Cassia, Chamaesyce, Melothria, Lipidium, Ageratum y Parthenium*, entre otras.

[2] Miguel Tang-Chiong. Dr. En Ciencias. Especialista en microbiología. Miembro del grupo que participó en las investigaciones.

La hegemonía poblacional de las gramíneas y las leguminosas perennes sobre las especies adventicias de otras familias se atribuyó a que están mucho mejor adaptadas para que sus poblaciones se desarrollen bajo las condiciones que deparan la explotación intensiva.

Tal comportamiento en las gramíneas y leguminosas tiene su origen en varios atributos morfoestructurales y fisiológicos conocidos: presencia de un mayor número de puntos de crecimiento y reservas con capacidades potenciales de rebrote después de la defoliación o daños provocados por estrés; la presencia de estolones y/o rizomas y/o altas producciones de semillas que aseguran su propagación y un eficiente sendero fotosintético en las gramíneas, entre otros.

Con el sistema de pastoreo utilizado se evitó, casi por completo, el desarrollo de especies adventicias agresivas y perjudiciales de tipo leñoso. Ello se produce cuando ocurre una dispersión de la semilla de las leñosas (arbustos y árboles leguminosos).

Las especies leguminosas en el caso de los tipos perennes tendieron a incrementarse significativamente con respecto a su estatus inicial (23,3 vs 6,5 %). El hecho de que los animales permanecieran solo un día en cada parcela, pudo favorecer la presencia de las leguminosas y su tendencia a aumentar en sentido general, tanto en área como en dispersión, ya que con este manejo es poco probable que estas resultaran intensamente pastadas y que con ello se ejerciera un efecto deprimente en su población. Otro aspecto importante fue el tiempo de recuperación, debido al aumento de los tiempos de reposo, lo que facilito que fructificaran y su semilla se esparciera.

Las leguminosas representaron el 30,1 % del total de especies invasoras y con relación a la colonización las leguminosas fueron un 16,6 y 17,4 % de dispersión: mientras que en las gramíneas el incremento fue de 9,8 y 5,0 %; comparado con el status inicial, superaron a las gramíneas (1,4 y 1,3 respectivamente). Este comportamiento se explica porque los animales en pastoreo normalmente hacen un mayor consumo de legumbres con semillas fisiológicamente maduras que de inflorescencias de gramíneas en igual estadio fenológico, muchas de las cuales son rechazadas.

Comportamiento de las plagas y de sus controles biológicos (Alonso *et al.;* 2011)

Las plagas *Mocis* sp., *H. indicata*, *H. similis* y los ortópteros aparecieron en todos los pastos; pero su presencia y lesiones causadas, tuvo una tendencia decreciente del primer al tercer año (no se superó un insecto/m^2, ni el 2 % del área lesionada). La mayor presencia y lesiones causadas por la principal plaga de los pastos, *Mocis* sp., fue, en los meses en que ocurren las mayores explosiones de estas plagas de lepidópteros (junio-octubre), fundamentalmente. Por otra parte, además de los fitófagos, se encontraron tres insectos benéficos: *Chrysopa* sp., un mántido; y *Doru taeniatum*.

En cuanto a los patógenos causantes de enfermedades se detectaron seis: *Rhynchosporium* sp. (en *A. gayanus*); *Cerebella andropogonis*, Complejo fungoso *Tilletia ayresii-Fusarium* sp., *Claviceps purpurea*, *Fusarium* sp. y *Tilletia ayresii* (en *M. maximus*); y *Helminthosporium graminis* (en todos los pastos, excepto en *A. gayanus*). Este último apareció durante todo el período experimental, y frecuentó más, y causó el mayor porcentaje de área afectada (menos del 4 %), en *C. nlenfluensis*. Todos los patógenos tuvieron una tendencia decreciente del primer al tercer año, y su afectación, fue en grado ligero.

En sentido general, en las diferentes especies pratenses y forrajeras que se evaluaron, la presencia de los insectos fitófagos y de los microorganismos patógenos causantes de las enfermedades, fue baja. Lo cual pudo estar dado, porque el manejo intensivo flexible del sistema ejerció determinada influencia en los insectos y patógenos a través de los diferentes cambios que con él se produjeron, entre los cuales están: la diversificación de la flora (75 especies); la existencia de una menor disponibilidad de masa foliar para consumir por la plaga en determinado momento; la pérdida de un pasto hospedero por excelencia a causa de no resistir el pastoreo intensivo; el corto tiempo de reposo de algunas especies pratenses, lo cual hizo que el animal pasara por un mismo cuartón con mayor frecuencia que cuando se pastorea con el sistema tradicional; y, por último, la no aplicación de fertilizantes inorgánicos.

Sistema arboles-pastos (SSP) (con baja densidad)

B. Con leucaena

Pastoreo intensivo con un estrato herbáceo de la gramínea mejorada (*M. maximus*), y la arbórea *L. leucephala* cv. Cuningham con 555 plantas/ha.

Macrofauna edáfica (Sánchez, *et al.;* 2011)

En un estudio en dos áreas (monocultivo de gramínea y SSP) el objetivo fue conocer la influencia de los árboles en pastoreo en la acumulación de hojarasca y su descomposición y el comportamiento de las comunidades de macroinvertebrados en el suelo. En el SSP la hojarasca de Leucaena representó el mayor porcentaje de peso dentro de la producción total, con un contenido más alto de nitrógeno y de calcio que el de la hojarasca del estrato herbáceo sin embargo, la lluvia fue el factor climático que mayor correlación negativa presentó con la producción de hojarasca en ambos sistemas, y en la Leucaena la mayor correlación negativa se encontró con la temperatura mínima. En cada pastizal se presentó un patrón diferente de descomposición. Entre las especies presentes la velocidad varió en el siguiente orden: Leucaena mayor que guinea en el SSP mayor que guinea en monocultivo.



Los valores superiores de densidad y biomasa de individuos, el predominio de los oligoquetos, así como, los mejores índices de diversidad, riqueza y uniformidad en el SSP, indican que la presencia de la Leucaena en el pastizal de gramínea permite potenciar la actividad biológica del suelo y garantizar la estabilidad del sistema.

Comportamiento de las plagas insectiles, y sus controles biológicos (Alonso *et al.;* (2011)

En las áreas de las asociaciones de leucaena-guinea, que se evaluaron, destinadas para la crianza bovina con pastoreo-ramoneo y manejo racional, se constató la existencia de una variada entomofauna asociada a estas plantas. En el estrato arbóreo, se encontraron un total de 96 especies, representadas por 56 con hábitos fitófagos y 40 insectos benéficos [depredadores y parasitoides (de los órdenes Hymenoptera, Coleoptera y Diptera), micófagos, descomponedores de materia orgánica y coprófagos, que son el 42 % del total]. Mientras, en el herbáceo, se hallaron 103, de ellas, 57 fitófagas y 46 benéficas (depredadores, parasitoides, polinizadores, descomponedores de materia orgánica, coprófagos y micófagos, que en su conjunto representan el 45 % de los insectos colectados en este estrato). Destacándose que la mayoría de las especies encontradas son típicas para este tipo de vegetación, como, por ejemplo: *Mocis* spp, *Spodoptera frugiperda*, *Prosapia bicincta fraterna* y *Hortensia similis*.

De los resultados que se obtuvieron, se puede plantear que en estas asociaciones árboles-pastos, tanto el estrato arbóreo como el herbáceo comparten un número notable de insectos que se pueden encontrar en uno u otro indistintamente (85), de los cuales una parte importante son benéficos; estos desarrollan principalmente una actividad reguladora de las poblaciones de fitófagos y su presencia es responsable de que en el cultivo no se presente un alto número de organismos nocivos de interés. Además de encontrar una amplia variedad de nichos a expensas de la diversidad vegetal existente, lo que se manifiesta en una menor competencia por el recurso alimento entre los propios fitófagos, y que a su vez permite que se alcance un mayor equilibrio entre fitófagos-biorreguladores, debido a las interacciones complejas que ocurren en estos sistemas. Y también la importancia que tiene la presencia de los árboles y el microclima que se crea de conjunto con las gramíneas en estos ecosistemas.

C. Con Gliricidia

Sistema intensivo con un estrato herbáceo de las gramíneas mejoradas *Brachiaria decumbens y Andropogon gayanus*, y una plantación de *Gliricidia sepium*

Coleópteros coprófagos y su accionar sobre la nematodosis gastrointestinal (Soca, *et al*.; 2011)

Tanto en el período poco lluvioso como en el lluvioso, en el SSP que se evaluó, las lombrices y los coleópteros (larvas y adultos) fueron los principales grupos que se encontraron; sin embargo, la mayor cantidad fue de coleópteros. Dicho sistema mostró un incremento significativo del número de individuos por m^2 ($P<0,05$) y por bosta ($P<0,01$), y se duplicaron en la época lluviosa.

La presencia de los árboles resultó vital en el proceso de descomposición de las excretas, ya que los sistemas silvopastoriles proporcionan condiciones edafoclimáticas que favorecen el desarrollo de una rica y variada fauna edáfica.

Algunos de estos organismos, en especial los de hábito coprófago (como los coleópteros), pueden incorporar las heces fecales al suelo en un lapso de 24 horas. La acción enterradora de los coleópteros disminuye la contaminación que provoca la acumulación del excremento en el pastizal y conduce, por lo tanto, a un mejor aprovechamiento de la cantidad de pasto disponible, así como favorece la retención de agua y la remoción de los horizontes del suelo.

Sin embargo, la rápida colonización de las excretas por la fauna coprófaga depende no solo de la cantidad de individuos, sino de los contenidos de humedad en el suelo y en los excrementos. En este aspecto los SSP mantienen altos contenidos de humedad, los cuales favorecen la rápida colonización de las excretas; mientras que en los sistemas tradicionales con gramíneas los bajos contenidos de humedad en el suelo y la influencia de la temperatura ambiente favorecen la formación de las costras y el endurecimiento, limitando la acción de la fauna coprófaga.

Al estudiar la dinámica del conteo fecal de huevos (hpg) de los nemátodos gastrointestinales, durante la época poco lluviosa, las excretas en el sistema SSP alcanzaron una reducción del 99,0 % del hpg a los siete días después de haber sido depositadas; no se observó la presencia de larvas en el resto de la excreta ni en 25 cm a su alrededor.

La rápida descomposición de las excretas en el SSP influyó significativamente en el comportamiento del conteo fecal de huevos en la época poco lluviosa. Los coleópteros constituyen enemigos naturales de los parásitos y exponen a los huevos y las larvas a la acción de otros depredadores o a largos períodos de inanición. De esta forma interrumpen los ciclos biológicos y limitan el acceso del ganado a estos parásitos. No aplicar fertilizantes químicos, y la mayor descarga de excretas del sistema intensivo; contribuyó al enterramiento de la MO, mejoraron la estructura y porosidad del suelo, y al control de una parte de los parásitos.

Comportamiento epizootiológico de los nemátodos gastrointestinales en los bovinos jóvenes (Soca, *et al*.; 2011)

Al evaluar la dinámica de la carga parasitaria (conteo fecal de huevos) en los animales que pastorearon en SSP, a partir del segundo mes de evaluación, mostró una tendencia más estable en el tiempo y con valores por debajo de 1 000 hpg.

Por su parte, el comportamiento del conteo fecal de huevos anual y por época durante la ejecución del experimento presentaron los mejores resultados en el SPP (520).

D. Sistema arboles-pastos (SSP) (con alta densidad) (Con Leucaena)

Sistema multiasociado gramínea-arbórea con 25 mil plantas/ha de *L. leucoephala*. (Hernández, *et al.;* 2011)

Dinámica de la diversidad de especies

Cuando se esperaba un efecto negativo de la más alta intensidad de explotación a causa de la mayor carga global, que superó ampliamente los criterios que se habían informado para las asociaciones de gramíneas-leguminosas en el trópico, no fue así, y más bien lo que hubo fue cierta tendencia a bajar el porciento de leguminosas al reducir la intensidad de explotación.

De las leguminosas sembradas, *Neonotonia* mantuvo el más alto porcentaje, pero con un marcado comportamiento estacional, que se destacó por los más altos valores en la época poco lluviosa. *Centrosema*, que tuvo una presencia más discreta en la comunidad vegetal, se comportó de forma contraria, y presentó los más altos porcentajes en la época lluviosa. *Teramnus* siguió en orden a la *Neonotonia* y se mantuvo muy estable en el año. *Stylosanthes* mantuvo la menor presencia en la multiasociación, con tendencia a desaparecer, parece ser una manifestación de poca adaptabilidad para crecer bajo la sombra.

Las leguminosas se mantuvieron con predominio sobre las gramíneas, superiores en un 50 % en la época poco lluviosa, en la cual además de las sembradas, se sumaron otras de manera espontánea de los géneros *Indigofera*, *Macroptilium*, *Phaseolus* y *Desmodium*. En la época lluviosa el porcentaje de leguminosas bajó (pero se mantuvo alto) debido a la desaparición de algunas de las espontáneas y a la estacionalidad de la *Neonotonia*.

M. maximus tuvo mucha estabilidad durante el año, secundado por otros géneros como *Cynodon*, *Brachiaria* y *Dichantium*, que tuvieron una presencia espontánea y discreta, pero siempre por debajo de las leguminosas que, como promedio anual, durante la explotación presentaron porcentajes ampliamente superiores a 20-30 % que es el rango que se toma como límite para las asociaciones tropicales (Roberts, 1979).

La presencia de la Leucaena sirvió de tutores a las leguminosas de hábito de crecimiento voluble, en sus copas que son inalcanzables por los animales. Este fenómeno posibilitó condiciones para estas especies que no están presentes cuando se asocian con gramíneas en una pradera típica deforestada y permitió que a mediano o largo plazo, en dependencia de la intensidad de explotación, provocan una evolución negativa y el fracaso del sistema asociado.

Es evidente que cuando la asociación de leguminosas y gramíneas tropicales se hace bajo los principios de la multiasociación, es decir, con la garantía de una alta biodiversidad, de manera tal que convivan especies de hábitos de crecimiento y patrones de desarrollo diferentes en un ambiente de semibosque, se logra una comunidad vegetal equilibrada y estable, donde la complementación entre especies domina sobre la competencia entre ellas.

Entre las gramíneas, *M. maximus* presentó un incremento hasta el valor alcanzado en hasta la rotación 23.

De tal modo las leguminosas herbáceas, que comenzaron siendo el mayor componente del estrato inferior, en respuesta a las ventajosas condiciones que se le dieron en la siembra, cuando el sistema entró en explotación comenzaron un proceso natural de ajuste, que fue paulatino y similar en todos los tratamientos, y a partir de ese momento se detuvo la disminución de las leguminosas y mantuvieron su presencia estable en el sistema.

Por su parte, Leucaena, que comenzó con más de 25 000 plantas/ha, disminuyó su población en un 34 %, lo que puede considerarse como un efecto del daño inevitable causado por los animales a las plantas que no habían alcanzado 2 m de altura al iniciar la explotación, y de la competencia por el espacio, la luz y los nutrientes que hicieron las plantas más desarrolladas.

A modo de resumen, la positiva respuesta de las especies, sin detrimento de la hojarasca, en los sistemas estudiados, puede explicarse; primero por el manejo intensivo-flexible de cada potrero en el momento óptimo, con rotaciones más largas según la época y el reposo necesario para su recuperación. El manejo de la carga instantánea, el reciclaje de nutrientes y el reposo (suelo, luz, agua, nutrientes); segundo, por la alta carga instantánea que permitió un mayor reciclaje de excretas y el incremento de la biota edáfica, con mayor aireación del suelo y las especies que no son consumidas son pisoteadas y se logra controlarlas de forma natural, y tercero, no todas las especies se pueden pastorear a ras de suelo, el pasto residual quedaba con una altura según el hábito de crecimiento, algunas necesitan una longitud de tallo entre 10 y 15 cm para recuperarse. El manejo del pastoreo no es una práctica universal, los ambientes agroecológicos son diferentes (Milera, *et al.*; 2019), pero es posible su contribución al cambio climatio (tabla 1).





Tabla 1. Sistemas estudiados y su impacto en los limites planetarios.

Manejo intensivo	Resultado	Impactos en los limites planetarios	Autores
PRV* Gramíneas y leguminosas herbáceas	El manejo contribuyó significativamente en el reciclaje vía excreta, incremento de la biota edáfica, mejor utilización de la materia orgánica, retención de la humedad, incide en la captación y retención del carbono, mayor utilización por los animales, menor infestación de plantas arvenses y menor cantidad de plagas.	La persistencia y estabilidad de las especies en diversidad y distribución, la calidad del alimento, ejercen un positivo efecto no solo a la adaptación, sino a la mitigación porque también es posible la disminución de las emisiones todo lo cual favoreció las condiciones del sistema suelo-planta-animal.	(Milera *et al.;* 2024; Alonso, *et al.*, 2011; Sánchez, *et al.*, 2011)
Sistemas arboles-pastos	Los sistemas multiasociados arboles leguminosas-gramíneas, incrementaron la biota edáfica, pueden mantener unaUGM evolución y persistencia de las especies, menor cantidad de plagas e incremento de los controles biológicos, y la calidad del alimento contribuye al mejor aprovechamiento, eficiencia y utilización de las áreas, y cubrir los requerimientos de los animales con potencial entre 6 y 8 kg leche/vaca/día, sin suplementos.	Rehabilitación de tierras degradadas, reducción de la deforestación, servicios ambientales: biodiversidad, agua, captura de carbono; producción de semillas, dietas con alta digestibilidad reducen las emisiones de los GEI, adaptación al cambio climático, control de nematodosis gastrointestinal por coleopteros del suelo en bovinos en desarrollo.	(Iglesias, 2020; López, 2024) (Soca, *et al.*, 2011; Alonso, *et al.*, 2011; Sánchez, *et al.*, 2011)

CONCLUSIONES

De los resultados descritos, se concluye que el manejo agroecológico de los sistemas de pastoreo intensivo, puede contribuir positivamente a evitar la extinción de las especies vegetales, pues tuvo un efecto beneficioso sobre la calidad biológica del suelo, la conservación de la biodiversidad y la estabilidad de las especies pratenses y forrajeras; así como, en la sanidad de las plantas y la salud de los animales. Además, se basa en una tecnología de proceso, contextual, y participativa, que protege los recursos naturales; para favorecer la resiliencia, al medioambiente y la sostenibilidad alimentaria en el territorio, es una manera de contribuir a los limites planetarios desde los sistemas agropecuarios, entre estos: el uso del suelo, la pérdida de biodiversidad y el cambio climático, fundamentalmente.

BIBLIOGRAFÍA

Alonso, O.; Lezcano, J. C. & Milera, Milagros. 2011. El contexto fitosanitario en sistemas de pastoreo racional con gramíneas y en silvopasturas. En: Milagros de la C. Milera, Ed. André Voisin: experiencia y aplicación de su obra en Cuba. Matanzas, Cuba: SOCUP, ACPA, EEPF Indio Hatuey.

Hernández, D.; Carballo, Mirta & Reyes, F. 2011. Manejo racional de una multiasociación árboles-pastos en: André Voisin. Experiencia y aplicación de su obra en Cuba. Ed. Milagros de la C. Milera. p. 513.

López-Vigoa, O. Innfluecia en el balance de energía en iel desempeño productivo y reproductivo en vacas Mambi de Cuba en un sistema silvopastoril. Tesis presentada en opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Veterinarias. Instituto de Ciencia Animal. Mayabeque. Cuba. 2024.

Mach, H. 2023. La emergencia climática en el contexto de los límites planetarios. Universitat Oberta de Catalunya. http://oikonomics.uoc.edu . Revista de los Estudios de Economía y Empresa Oikonomics. ISSN 2339-9546. Núm. 21.

Machado, R.; Milera Milagros de la C. & Blanco, F. 2011. La morfología, la estructura y la vegetación en el pastizal André Voisin. Experiencia y aplicación de su obra en Cuba. Ed. Milagros de la C. Milera. p. 397. Milera, Milagros, Machado, Castro, R.; Hernández, Marta & Sánchez, Saray. 2019. El pastoreo racional intensivo de gramíneas mejoradas, una opción para una ganadería baja en emisiones. Pastos y Forrajes. 42(1).

ONU. 2024. Límites planetarios: Afrontar la crisis mundial de la degradación de tierras. UNITED FOR LAND.UNCCD. RIYAD, 2024. COP 16 de la CNULD, 2-13 dic.: unccd.int/cop16. 7p.

Ortíz-González, Matilde. 2022. Nuevos fármacos producidos por la materia orgánica del suelo y generación de un transportador dirigido por nanoanticuerpos. Universidad de Almeria. Dialnet.unirioja.es.

Pezo, D. 2019. Intensificación sostenible de los sistemas ganaderos frente al cambio climático en América Latina y el Caribe: estado del arte. BID. FONTAGRO. FMAM. http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/igo/legalcode.

Pinheiro, L. 2011. Zootecnia y Veternaria es mi pasión . Obtenido de.PINHEIRO-MACHADO, L. C. (2011). Pastoreo Racional Voisin, Tecnología Agroecológica para el Tercer Milenio. Hemisferio Sur 253 p. IISBN: 950-504-576-X.

Roberts, C.R. 1979. Algunas causas comunes del fracaso de praderas de leguminosas y gramíneas tropicales en fincas comerciales y posibles soluciones. En: Producción de pastos en suelos ácidos de los trópicos. (Eds. L.E. Tergas y P.A. Sánchez). CIAT. Cali,Colombia. P. 427.

Rodríguez, Idalmis; Crespo, G.; Torres, Verena, Fraga, S.; Socarrás, Ana A.; Rodríguez, María E.; Sánchez, Saray, Hernández, Marta & Milera, Milagros de la C. 2011. La biota del suelo y su papel en la sostenibilidad de los sistemas André Voisin. Experiencia y aplicación de su obra en Cuba. Ed. Milagros de la C. Milera. p. 281.

Rockström, J. ; Steffen, W.; Noone, K.; Persson, A.; *et al*. 2009. Planetary Boundaries: Exploring the Safe Operating Space for Humanity. Ecology and Society, Vol. 14, No. 2.

Sánchez, Saray, Hernández, Marta, Milera, Milagros de la C.; Crespo, G. & Simón, L. 2011. La macrofauna y su importancia en los sistemas de producción ganaderos André Voisin. Experiencia y aplicación de su obra en Cuba. Ed. Milagros de la C. Milera. p. 316.

Soca, Mildrey; Simón, L.; Roque, E.; Milera, Milagros de la C. & Ojeda, F. 2011. Influencia de la biota del suelo en la carga parasitaria de las excretas y los animales en sistemas silvopastoriles André Voisin. Experiencia y aplicación de su obra en Cuba. Ed. Milagros de la C. Milera. p. 348.

Sorio, H. 2018. Voisin: De Francia para Cuba, de Brasil para el mundo Universidade de Passo Fundo. Rio Grande do Sul. Brasil. VI Congreso de Producción Animal Tropical Instituto de Ciencia Animal. San José de las Lajas. Palacio de Convenciones, La Habana. Cuba.

Voisin, A. 1963. Productividad de la hierba. Madrid: Tecnos S, A.

Zietsman, J. 2014. Cattle And Veld. New York: Beefpower LLC.





SE-08. Especies del trópico alto con potencial forrajero
High-tropical species with forage potential

Cristhian Camilo Otero Ayala[1], Julián Mauricio Botero Londoño[1], Jesús Francisco Nier Obregón[1], Franklin Alexander Sepúlveda Sepúlveda[2].

[1]Universidad Industrial de Santander Sede Málaga, Calle 20 #06 – 20.

[2]Universidad Industrial de Santander- Bucaramanga, Calle 9 Cra 27.

RESUMEN

La incorporación de especies vegetales autóctonas en praderas del trópico alto ofrece una estrategia para mejorar la productividad y resiliencia de los sistemas ganaderos. En este estudio se caracterizó el potencial forrajero de 20 especies (tres arbóreas, siete arbustivas y diez gramíneas), presentes de forma natural en Concepción, Santander (Colombia).

Las especies fueron identificadas mediante herbarios virtuales y claves taxonómicas, y de cada una se tomaron cuatro muestras para determinar cenizas (gravimetría a 550 °C/7 h), proteína (N × 6,25 por análisis CHNS/O), energía bruta (calorímetro Parr 6200), contenido de carbono (análisis CHNS/O) y digestibilidad in vitro según McDougall (1948).

Las familias Fabaceae y Asteraceae fueron las más representativas, con cuatro especies cada una. Los valores de cenizas oscilaron entre 3,6 % y 18,3 %, destacando *Hipochaeris radicata*, *Xanthosoma* sp. y *Taraxacum officinale*. La proteína varió de 2,8 % a 31,4 %, siendo máximos en *Lupinus interruptus* (31,4 %), *Erythrina rubrinervia* (20,3 %), *Tithonia diversifolia* (20 %) y *Rumex crispus* (19,4 %). La energía bruta osciló entre 3535,9 y 4749,3 Kcal/kg, con incrementos para *Macleania rupestris* (4749,3 Kcal/kg), *Baccharis latifolia* (4448,8 Kcal/kg), *Piper aduncum* (4 390,2 Kcal/kg) y *Lupinus interruptus* (4 112,7 Kcal/kg). El porcentaje de carbono varió de 39,6 % a 52,8 %, con los mayores contenidos en *Baccharis latifolia* (52,8 %), *Macleania rupestris* (51,5 %) y *Lupinus interruptus* (48,8 %), y la digestibilidad in vitro varió entre 29,5 % y 78,9 %.

Estos resultados revelan que el trópico alto alberga especies con elevada plasticidad ecológica, producción de biomasa, calidad nutricional y capacidad de captura de carbono, aptas para su incorporación en sistemas silvopastoriles o bancos mixtos de forrajes.

Palabras clave*: análisis proximal, contenido de carbono, digestibilidad, bancos mixtos de forrajes*

AGRADECIMIENTOS

Agradecimiento a la Universidad Industrial de Santander quien financió la investigación mediante el proyecto titulado "Sistema piloto de producción agrosilvopastoril como estrategia de sostenibilidad económica y ambiental en la producción bovina de García Rovira", identificado con código 4253.

ABSTRACT

Highland tropical regions offer a valuable pool of native forage species capable of enhancing productivity and resilience in livestock systems. In this study, we assessed the forage potential of 20 naturally occurring species (three trees, seven shrubs, and ten grasses) in Concepción, Santander (Colombia).

Species identification was confirmed using virtual herbaria and taxonomic keys. Four samples per species were analyzed for ash content (gravimetric at 550 °C/7 h), crude protein (N × 6.25, CHNS/O analyzer), gross energy (bomb calorimetry, Parr 6200), carbon content (CHNS/O analyzer), and in vitro digestibility following McDougall (1948).

Fabaceae and Asteraceae were the most represented families, with four species each. Ash ranged from 3.6 % to 18.3 %, with the highest in *Hipochaeris radicata*, *Xanthosoma* sp., and *Taraxacum officinale*. Protein content varied from 2.8 % to 31.4 %, increasing in *Lupinus interruptus* (31.4 %), *Erythrina rubrinervia* (20.3 %), *Tithonia diversifolia* (20 %), and *Rumex crispus* (19.4 %). Gross energy ranged between 3535.9 and 4749.3 Kcal/kg, highest in *Macleania rupestris* (4749.3 Kcal/kg), *Baccharis latifolia* (4448.8 Kcal/kg), *Piper aduncum* (4390.2 Kcal/kg), and *Lupinus interruptus* (4112.7 Kcal/kg). Carbon content varied between 39.6 % to 52.8 %, with *Baccharis latifolia* (52.8 %), *Macleania rupestris* (51.5 %), and *Lupinus interruptus* (48.8 %) at the top. In vitro digestibility varied from 29.5 % to 78.9 %.

These findings demonstrate that highland tropical ecosystems harbor species with high ecological plasticity, biomass productivity, nutritional quality, and carbon sequestration capacity, suitable for integration into silvopastoral systems or mixed forage banks.

Key words*: proximate analysis, carbon content, digestibility, mixed forage banks*

ACKNOWLEDGMENTS

We extend our gratitude to the Universidad Industrial de Santander, which funded this research through the project titled "Pilot Agrosilvopastoral Production System as a Strategy for Economic and Environmental Sustainability in Bovine Production in García Rovira", identified with code 4253.

SE-09. Potencial bioativo das folhas de *Caryocar brasiliense* Cambess. remanescentes em áreas de pastagem no Cerrado
Bioactive potential of *Caryocar brasiliense* Cambess. leaves remaining in pasture areas of the Brazilian savanna

Nogueira, A. S.[1]; Araújo, E. O.[1]; Silva, L. M.; Martins, E. R.[1]*

[1]Instituto de Ciências Agrárias (ICA), Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) – Campus Montes Claros, Avenida Universitária, 1.000 – Bairro Universitário, Montes Claros – MG, CEP: 39.404-547, Brasil.

*Correspondencia a: ariane.silva.nogueira@outlook.com

RESUMO

O bioma Cerrado abriga uma grande diversidade vegetal, incluindo *Caryocar brasiliense* Cambess., espécie de grande importância ecológica e econômica. Embora tradicionalmente valorizada pelos frutos, a espécie enfrenta fragmentação de habitat devido à ampla conversão da vegetação nativa. Apesar disso, indivíduos remanescentes de *C. brasiliense* persistem em áreas de pastagem, protegidos por legislação brasileira que promove sua conservação. Além da utilização dos frutos para fins alimentícios, as folhas de *C. brasiliense* apresentam perfil fitoquímico rico em flavonoides. Diante disso, este trabalho teve como objetivo investigar o potencial bioativo das folhas de *C. brasiliense* Cambess. em área de pastagem no Cerrado, avaliando como fatores do solo, do clima e do uso da terra influenciam sua composição, em comparação com áreas de vegetação preservada. Neste estudo, foram feitas análises das folhas de *C. brasiliense* em três populações naturais de Minas Gerais, Brasil. Foram mensuradas características bioquímicas foliares (clorofila, flavonoides e antocianinas) e de crescimento (diâmetro a altura do peito) e correlacionadas com propriedades do solo, dados climáticos. Os resultados revelaram variação bioquímica significativa associada ao contexto ambiental. As folhas da população remanescente em pastagem (Mirabela) exibiram maiores concentrações de flavonoides, indicando respostas adaptativas a estresses abióticos. Por outro lado, populações localizadas em unidades de conservação (Montes Claros e São Gonçalo do Rio Preto) apresentaram maior teor de clorofila, refletindo condições ótimas que favorecem o investimento fotossintético. Esses achados evidenciam a resiliência e plasticidade bioquímica de *C. brasiliense* em paisagens antropizadas. O potencial bioativo mantido nas folhas remanescentes em pastagens destaca seu valor para conservação e bioprospecção sustentável no Cerrado.

Palavras chave*: flavanoides, fragmentação de habitat, solo, parâmetros edafoclimáticos*

ABSTRACT

The tropical savanna of Brazil is known for its rich plant diversity, including *C. brasiliense* Cambess., a species of significant ecological and economic importance. Although traditionally valued for its fruits, the species faces habitat fragmentation due to widespread conversion of native vegetation. Despite this, remnant individuals of *Caryocar brasiliense* persist in pasture areas, protected by Brazilian legislation that promotes their conservation. Besides the use of the fruits for food purposes, the leaves of *C. brasiliense* exhibit a phytochemical profile rich in flavonoids. In this context, the present study aimed to investigate the bioactive potential of *C. brasiliense* leaves in a pasture area in the Cerrado, evaluating how soil, climate, and land-use factors influence their composition in comparison with preserved vegetation areas. In this study, analyses were conducted on the leaves of *C. brasiliense* from three natural populations in Minas Gerais, Brazil. Biochemical traits of leaves (chlorophyll, flavonoids and anthocyanins,) and growth parameters (diameter at breast height) were measured and correlated with soil properties and climatic data. The results revealed significant biochemical variation associated with the environmental context. Leaves from the remnant pasture population (Mirabela) exhibited higher concentrations of flavonoids, indicating adaptive responses to abiotic stresses. On the other hand, populations located within conservation units (Montes Claros and São Gonçalo do Rio Preto) showed higher chlorophyll content, reflecting optimal conditions that favor photosynthetic investment. These findings highlight the biochemical resilience and plasticity of *C. brasiliense* in anthropized landscapes. The bioactive potential maintained in the leaves remaining in pasture areas underscores their value for conservation and sustainable bioprospecting in the Cerrado.

Key words: *flavonoids, habitat fragmentation, soil, edaphoclimatic parameters*

INTRODUÇÃO

A flora do Cerrado apresenta grande diversidade, abrigando mais de 11.000 espécies, das quais mais de 700 são mencionadas na medicina tradicional (Medeiros, 2011; BRASIL, 2010). O Cerrado não apenas exibe elevados níveis de endemismo, mas também abrange 23,3% do território brasileiro e 54% do estado de Minas Gerais (IBGE, 2019). Esse bioma desempenha papel fundamental na oferta de serviços ecossistêmicos, incluindo aspectos culturais, regulatórios e de provisão (Joly *et al.*, 2019).





Dentre as espécies nativas de maior relevância no Cerrado está o pequizeiro (*C. brasiliense* Cambess.), pertencente à família Caryocaraceae (Prance & Pirani, 2025). Tradicionalmente explorado por meio do extrativismo, seus frutos representam importante fonte de renda para comunidades locais, envolvendo atividades de coleta, beneficiamento e comercialização (Pinto et al., 2016). Em 2023, a produção brasileira alcançou 51.371 toneladas, com valor estimado de R$65,8 milhões (IBGE, 2023), destacando-se comercialmente a polpa, a amêndoa e o óleo extraído de ambas (Cruz et al., 2023).

Apesar de sua expressiva importância econômica, *C. brasiliense* enfrenta pressões constantes, seja pelo extrativismo predatório, seja pelas intensas alterações na vegetação nativa. No Cerrado, a conversão de áreas naturais em pastagens para criação bovina é uma prática amplamente difundida, contribuindo significativamente para a fragmentação de habitats e redução da cobertura arbórea. Nesse contexto, destaca-se a presença de indivíduos remanescentes de *C. brasiliense* em áreas de pastagem no Cerrado, onde frequentemente representam a única vegetação arbórea preservada. Essa permanência é assegurada pela Lei brasileira nº 15.089/2025, que proíbe o corte da espécie e fomenta seu uso sustentável, promovendo a conservação e a valorização do pequi (BRASIL, 2025).

Embora o uso da espécie esteja tradicionalmente centrado nos frutos, estudos recentes têm revelado o potencial bioativo de outras estruturas, como as cascas e, sobretudo, as folhas. Estas apresentam perfil químico rico em compostos fenólicos e flavonoides, associados a atividades antioxidantes, anti-inflamatórias e reguladoras da glicemia (Caldeira et al., 2021; Cruz et al., 2022; Nascimento-Silva et al., 2020). Por ser uma espécie semidecídua, que perde parte da folhagem ao longo do ano (Fagundes et al., 2007), a coleta de folhas pode ser realizada de forma sustentável, sem comprometer a vitalidade da planta.

Nesse contexto, a valorização das folhas de *C. brasiliense* em áreas de pastagem surge como uma estratégia promissora para ampliar o uso medicinal da espécie, valorizar suas estruturas pouco aproveitadas e promover práticas sustentáveis de aproveitamento da biodiversidade em regiões de uso agropecuário intensivo.

Diante disso, este trabalho teve como objetivo investigar o potencial bioativo das folhas de *C. brasiliense* Cambess. em uma área de pastagem no Cerrado, avaliando como fatores do solo, do clima e do uso da terra influenciam sua composição, em comparação com áreas de vegetação preservada.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo e amostragem

O estudo foi conduzido em três populações naturais de *C. brasiliense* Cambess., localizadas nas regiões Norte de Minas e Alto Jequitinhonha, no estado de Minas Gerais, Brasil. As coletas foram realizadas nos municípios de Mirabela, Montes Claros e São Gonçalo do Rio Preto.

Em cada população, foram amostrados 18 indivíduos adultos, totalizando 54 árvores matrizes. A seleção dos indivíduos considerou um distanciamento mínimo de 50 metros entre as árvores, com o objetivo de reduzir o grau de parentesco entre elas. Para cada indivíduo, registraram-se as coordenadas geográficas com o auxílio de um aparelho de Sistema de Posicionamento Global (GPS) e mensurou-se o diâmetro à altura do peito (DAP). De cada árvore, foram coletadas três folhas completamente desenvolvidas

Avaliação fisiológica das folhas

As folhas recém-coletadas (três por indivíduo) foram analisadas ainda em campo, utilizando-se um Medidor MultiPigmentos, para quantificação de pigmentos fotossintéticos. Foram determinados os teores relativos de clorofila total, flavonoides e antocianinas.

Caracterização ecológica e ambiental

A caracterização ambiental foi realizada por meio da coleta de solo na camada superficial de cada área amostrada. As amostras foram agrupadas para formar uma amostra composta representativa de cada população, e submetidas a análises químicas para determinação das propriedades físico-químicas dos solos.

Dados de altitude, temperatura e precipitação referentes ao ano de 2024 foram obtidos junto ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) para cada município de ocorrência das populações.

Análise estatística dos dados

O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado (DIC), considerando 18 indivíduos (árvores) como repetições, distribuídos entre três tratamentos correspondentes às localidades: Mirabela (área de pastagem com remanescente florestal), Montes Claros (unidade de conservação) e São Gonçalo do Rio Preto (unidade de conservação). Os dados foram inicialmente submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk ($p < 0,05$). Para as variáveis que apresentaram distribuição normal, realizou-se análise de variância (ANOVA), seguida pelo teste de agrupamento de médias de Scott-Knott, com nível de significância de 5%. As relações entre as variáveis foram avaliadas inicialmente por meio de correlação de Pearson, utilizada para identificar e quantificar a força e direção das associações lineares entre as variáveis

estudadas, seguida de análise de componentes principais (PCA) para identificar padrões e agrupamentos multivariados, utilizando o software R (versão 4.3.1).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As populações de pequizeiro (*C. brasiliense*) avaliadas em diferentes localidades apresentaram variação significativa nos compostos bioquímicos foliares e no crescimento em diâmetro (Tabela 1), evidenciando a influência das condições ambientais locais sobre o desempenho fisiológico e morfológico das árvores.

Tabela 1. Índices bioquímicos foliares e diâmetro à altura do peito (DAP) em populações de *Caryocar brasiliense* em diferentes localidades. * Os conteúdos de antocianinas, flavonoides e clorofila foram obtidos por meio de índices instrumentais gerados pelo equipamento MPM-100, que utiliza razão de fluorescência e transmissão foliar no vermelho distante e infravermelho próximo. Os valores são adimensionais.

População	Antocianina	Clorofila	Flavonoide	Diâmetro a altura do peito (cm)
Mirabela	0,063 a	0,627 c	1,438 a	100,14 b
Montes Claros	0,033 b	0,846 a	1,345 b	132,35 a
São Gonçalo do Rio Preto	0,044 b	0,743 b	1,414 a	66,50 c

Médias seguidas de letras minúsculas iguais na coluna pertencem ao mesmo agrupamento segundo o teste Scott-Knott ao nível de significância de 5%.

Fonte:Autores (2025).

Dentre os metabólitos avaliados, os flavonoides se destacam por seu papel fundamental na defesa antioxidante e na adaptação a estresses ambientais, sendo o principal foco deste estudo (Deus et al., 2019). A concentração de flavonoides foi mais elevada nas populações de Mirabela (1,438) e São Gonçalo do Rio Preto (1,414), que formaram um grupo estatisticamente superior à população de Montes Claros (1,345).

Esses resultados indicam que árvores localizadas em ambientes com maior grau de perturbação ambiental, como áreas de pastagem ou em ecossistemas sujeitos a estresses abióticos, tendem a produzir maior quantidade de flavonoides como mecanismo adaptativo de defesa, principalmente contra radiação UV, déficit hídrico e limitação nutricional.

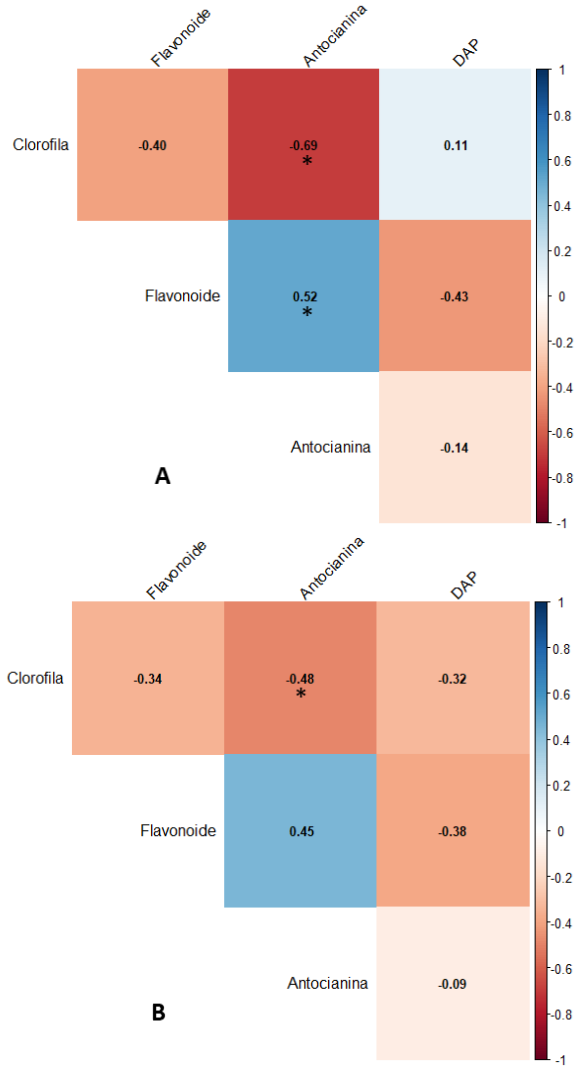
Essa maior produção de flavonoides pode representar critério valioso de seleção genética para fins agroindustriais ou farmacológicos, devido ao interesse crescente em compostos bioativos com propriedades antioxidantes (Ferreira et al., 2010). Do ponto de vista ecológico, o acúmulo desses metabólitos secundários também pode conferir maior resistência às adversidades ambientais, tornando essas populações potenciais candidatas para estratégias de conservação e melhoramento.

Em contrapartida, a população de Montes Claros apresentou os maiores teores de clorofila (0,846) e DAP (132,35 cm), evidenciando um perfil fisiológico e morfológico favorável ao crescimento. Esse padrão pode estar diretamente associado às condições ambientais da área, caracterizada por vegetação mais fechada e maior sombreamento. Em ambientes com menor disponibilidade de luz, as plantas podem elevar a concentração de clorofila para otimizar a captação luminosa e manter a eficiência fotossintética (Siebeneichler et al., 2008). Assim, o aumento dos teores de clorofila em Montes Claros reflete uma estratégia adaptativa para maximizar a absorção de energia em um contexto de sombra, comum em unidades de conservação com cobertura vegetal densa.

Além disso, a maior disponibilidade de nutrientes no solo dessas áreas contribui para o desenvolvimento morfológico e fisiológico das plantas, favorecendo o crescimento do DAP. Nesse cenário, as plantas parecem direcionar seu investimento energético prioritariamente para processos de crescimento e fotossíntese, enquanto a ativação de mecanismos de defesa, como a síntese de flavonoides, tende a ser reduzida (Brito et al., 2024). Dessa forma, o sombreamento e a disponibilidade de recursos atuam conjuntamente para moldar o perfil funcional da população de Montes Claros, destacando a importância das condições ambientais locais na regulação dos processos fisiológicos das plantas.

A tendência de relação inversa entre os índices de clorofila e flavonoides observada nas populações estudadas pode estar relacionada à disponibilidade de luz nos ambientes. Em condições de baixa luminosidade, as plantas podem aumentar a concentração de clorofila para otimizar a captação de energia para a fotossíntese e o crescimento. Por outro lado, em ambientes com maior intensidade luminosa, pode haver maior estímulo para a síntese de flavonoides, que atuam como compostos protetores contra o estresse provocado pelo excesso de luz e radiação UV (Idris et al., 2018). Dessa forma, ambientes mais favoráveis à fotossíntese e ao acúmulo de biomassa podem apresentar maior teor de clorofila, enquanto condições mais desafiadoras, com maior exposição luminosa, podem induzir a produção de flavonoides para proteção da planta.

A análise das correlações entre variáveis bioquímicas foliares (clorofila, flavonoides e antocianinas) e o crescimento diamétrico (DAP) em populações naturais de *Caryocar brasiliense* revelou interações entre o metabolismo primário e secundário nas localidades de Mirabela e São Gonçalo do Rio Preto. Para a população de Montes Claros, não foram identificadas correlações estatisticamente significativas entre as variáveis analisadas; por esse motivo, o respectivo gráfico de correlação não foi apresentado (Figura 1).



Fonte: Autoria própria, 2025.

Figura 1. Correlações entre variáveis bioquímicas foliares e crescimento diamétrico em populações de *C. brasiliense* Cambess. avaliadas em diferentes localidades: (A) Mirabela; (B) São Gonçalo do Rio Preto.
* Significativo ao nível de 5% pelo teste t.

Na população de Mirabela (Gráfico 1A), observou-se uma correlação negativa e significativa entre clorofila e antocianinas (r = –0,69), indicando que indivíduos com maior conteúdo de antocianinas tendem a apresentar menores níveis de clorofila. Essa relação pode refletir um mecanismo compensatório, em que a síntese de compostos secundários antioxidantes como as antocianinas é ativada sob condições de estresse, reduzindo o investimento no aparato fotossintético (Nobrega et al., 2020). Além disso, houve uma correlação positiva significativa entre flavonoides e antocianinas (r = 0,52), sugerindo uma regulação coordenada na biossíntese de metabólitos secundários, possivelmente associada à proteção contra estressores ambientais como radiação UV, seca ou herbivoria.

De maneira semelhante, em São Gonçalo do Rio Preto (Gráfico 1B), identificou-se uma correlação negativa significativa entre clorofila e antocianinas (r = –0,48), corroborando a tendência observada em Mirabela.

A análise dos atributos químicos do solo revelou diferenças marcantes entre as localidades avaliadas. Mirabela apresentou os maiores valores de pH (5,38), fósforo disponível (P Mehlich), potássio (K), cálcio (Ca) e fósforo remanescente, indicando um solo relativamente menos ácido e com maior disponibilidade de nutrientes essenciais. Em contrapartida, São Gonçalo

do Rio Preto destacou-se pelos elevados teores de alumínio (Al), acidez potencial (H + Al), acidez trocável (t) e saturação por alumínio (m), refletindo uma condição de maior acidez e menor fertilidade. Montes Claros apresentou valores intermediários para a maioria dos atributos, com destaque para o maior teor de magnésio (Mg) e carbono orgânico, sugerindo solos com maior capacidade de retenção de matéria orgânica (Freitas et al., 2020). Esses resultados evidenciam a influência dos fatores edafoclimáticos e do uso do solo sobre a qualidade e a fertilidade dos ambientes analisados.

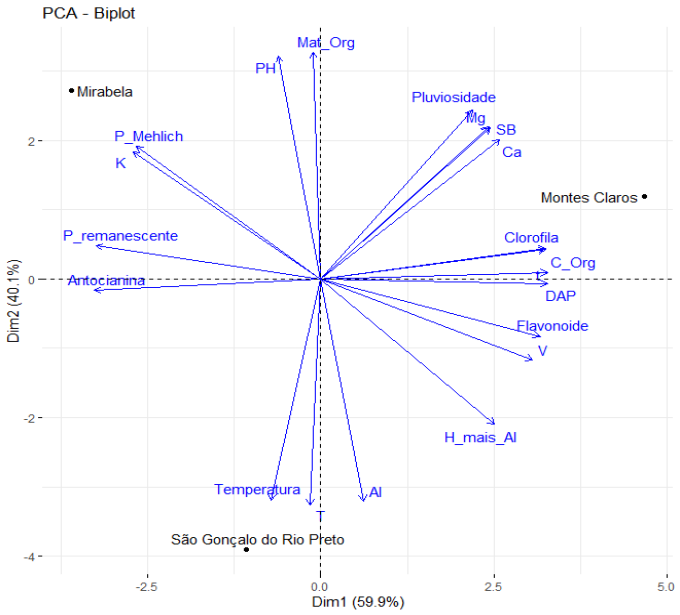
Tabela 2. Caracterização química do solo nas localidades de Mirabela, Montes Claros e São Gonçalo do Rio Preto

Atributos do solo	Mirabela	Montes Claros	São gonçalo do Rio Preto
pH em água	5,38	4,80	3,93
P Mehlich (mg dm^{-3})	4,30	0,50	1,00
K (mg dm^{-3})	48,40	18,00	35,20
Ca (cmolc dm^{-3})	65,70	30,00	35,70
Al (cmolc dm^{-3})	0,12	0,62	1,36
Mg (cmolc dm^{-3})	0,70	1,64	0,18
SB (cmolc dm^{-3})	0,41	0,67	0,22
H + Al (cmolc dm^{-3})	0,12	0,62	1,36
T (cmolc dm^{-3})	2,93	7,53	7,28
t (cmolc dm^{-3})	1,28	2,39	0,49
m (%)	1,40	3,01	1,85
V (%)	8,60	20,60	73,50
Carbono Orgânico (dag kg^{-1})	4,21	9,92	7,78
Matéria Orgânica (dag kg^{-1})	30,39	24,07	6,32
P remanescente (mg L^{-1})	1,03	2,50	1,30
Na (mg dm^{-3})	0,60	1,45	0,75

pH = potencial hidrogeniônico do solo; P Mehlich = fósforo disponível no solo (método Mehlich-1); K = potássio; Ca = cálcio; Al = alumínio trocável; Mg = magnésio; SB = soma de bases (Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^{+} + Na^{+}); H + Al = acidez potencial do solo (hidrogênio mais alumínio); T = capacidade total de troca de cátions (CTC total); t = capacidade efetiva de troca de cátions; m (%) = saturação por alumínio; V (%) = saturação por bases; Carbono Orgânico = teor de carbono presente na matéria orgânica do solo; Matéria Orgânica = quantidade total de matéria orgânica; P remanescente = fósforo remanescente após interação com o solo; Na = sódio.

A Análise de Componentes Principais (PCA) revelou padrões distintos de associação entre variáveis edafoclimáticas, bioquímicas foliares e características de crescimento de *C. brasiliense* nas três localidades estudadas: Mirabela, Montes Claros e São Gonçalo do Rio Preto. As duas primeiras dimensões explicaram conjuntamente 99% da variância total (Dim1 = 61,3% e Dim2 = 38,7%), demonstrando forte estruturação dos dados (Figura 2).





Al = alumínio trocável no solo; Antocianina = teor de antocianinas nas folhas; Ca = cálcio no solo; Clorofila = teor de clorofila nas folhas; C_Org = carbono orgânico no solo; DAP = diâmetro à altura do peito; Flavonoide = teor de flavonoides nas folhas; H_mais_Al = acidez potencial do solo ($H^+ + Al^{3+}$); K = potássio no solo; Mg = magnésio no solo; Mat_Org = matéria orgânica do solo; pH = potencial hidrogeniônico do solo; P_Mehlich = fósforo disponível (extraído por Mehlich-1); P_remanescente = fósforo remanescente (P-rem); Pluviosidade = precipitação anual média; SB = soma de bases ($Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^+ + Na^+$); T = capacidade de troca de cátions total; Temperatura = temperatura média anual; V = saturação por bases.

Figura 2. Gráfico de dispersão das variáveis de parâmetros edafoclimáticos, bioquímicos foliares e crescimento de *C. brasiliense* em três localidades, utilizando análise de componentes principais (PCA)

As populações de *C. brasiliense* em Montes Claros, uma unidade de conservação, apresentaram forte associação positiva com o primeiro eixo (Dim1), agrupando-se com variáveis indicativas de solos férteis e boa disponibilidade hídrica, tais como soma de bases (SB), cálcio (Ca), magnésio (Mg), carbono orgânico (C_Org) e pluviosidade. Essas condições edafoclimáticas favoráveis proporcionam um ambiente o desenvolvimento da espécie, refletido em maiores valores de clorofila, diâmetro à altura do peito (DAP) e flavonoides.

Esses parâmetros indicam desempenho fotossintético eficiente e maior produção de metabólitos bioativos, essenciais para a adaptação e resistência das plantas. Embora Mirabela tenha apresentado os maiores teores médios de flavonoides, conforme os testes de média, a PCA agrupou essa variável com a população de Montes Claros. Essa diferença decorre da natureza das análises, já que a PCA considera o conjunto de variáveis e suas correlações, enquanto os testes de média avaliam cada variável isoladamente.

Em contraste, a população de São Gonçalo do Rio Preto, também situada em unidade de conservação, mostrou forte correlação com o segundo eixo (Dim2), sendo negativamente influenciada por fatores como alumínio trocável (Al), acidez potencial ($H^+ + Al^{3+}$) e temperatura, característicos de solos ácidos e de alta saturação por alumínio, condições que geralmente restringem o crescimento vegetal. Apesar dessas limitações edafoclimáticas, os indivíduos desta localidade apresentaram maior acúmulo de antocianinas, compostos antioxidantes reconhecidos por sua função protetora frente ao estresse ambiental, sugerindo um mecanismo adaptativo importante para a sobrevivência em ambientes mais adversos.

Já a população de Mirabela, inserida em uma área de pastagem com remanescentes arbóreos do cerrado, posicionou-se em quadrantes associados a solos com maiores teores de fósforo disponível (P_Mehlich), potássio (K), pH mais elevado e maior matéria orgânica, além de níveis expressivos de fósforo remanescente. Essas condições indicam um solo relativamente fértil e com boa capacidade de suprimento de nutrientes, que favorece características fisiológicas intermediárias entre os extremos observados nas unidades de conservação.

CONCLUSÃO

Este estudo demonstrou que as folhas de *C. brasiliense* remanescentes em áreas de pastagem no Cerrado apresentam significativo potencial bioativo, evidenciado pela variação nos teores de compostos fenólicos e flavonoides entre as populações analisadas. O teste de média indicou maior concentração média de flavonoides em Mirabela, área de pastagem, sugerindo uma resposta adaptativa ao estresse ambiental. Por outro lado, a Análise de Componentes Principais (PCA)

destacou Montes Claros, unidade de conservação com melhores condições edafoclimáticas, como principal responsável pela variação bioquímica observada, associando-se a indicadores de maior fertilidade do solo e vigor fisiológico.

Além disso, o elevado acúmulo de antocianinas em São Gonçalo do Rio Preto sugere mecanismos de defesa importantes para a adaptação a condições ambientais mais adversas. Assim, as diferenças entre os métodos refletem aspectos complementares do potencial bioativo: a média aponta concentrações absolutas, enquanto a PCA evidencia a influência conjunta dos fatores ambientais na variabilidade dos compostos.

Conclui-se que as folhas de *C. brasiliense* em áreas de pastagem mantêm seu valor bioativo, reforçando a relevância da conservação desses indivíduos em ambientes antropizados e destacando seu potencial para usos sustentáveis na bioprospecção e manejo do Cerrado.

AGRADECIMENTOS

Este estudo foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código Financeiro 001, da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) e da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

BIBLIOGRAFIA

Agati, G., Azzarello, E., Pollastri, S., & Tattini, M. (2012). Flavonoids as antioxidants in plants: Location and functional significance. *Plant Science, 196*, 67–76. https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2012.07.014

Caldeira, A. S., Mbiakop, U. C., Pádua, R. M., Venter, M. V., Matsabisa, M. G., Campana, P. R., Cortes, S. F., & Braga, F. C. (2021). Bioguided chemical characterization of pequi (*Caryocar brasiliense*) fruit peels towards an anti-diabetic activity. *Food Chemistry, 345*, 128734. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128734

Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (2010). *Plantas medicinais nos biomas brasileiros*. Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia.

Brito, D. S., Santos, K. F., & Silva, D. V. (2024). Efeito da nutrição de plantas na resistência a pragas e doenças. *Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro*, *9*(1). https://doi.org/10.61164/rmnm.v9i1.2838

Cruz, A. da S., Moura, E. Z., Dill, R. P., Brum, A. L., & Büttenbender, P. L. (2023). Uma análise sobre a cadeia produtiva do pequi e seu sistema de mercado: o caso da microrregião de Montes Claros (MG). *Contribuciones a las Ciencias Sociales, 16*(11), 25605–25620. https://doi.org/10.55905/revconv.16n.11-050

Cruz, J. E. R., Ribeiro, P. S., Farisco, F., Souza, M. G., & Moraes, E. R. (2022). Composição de fenólicos, flavonoides, antocianinas, determinação da atividade antioxidante e comparação de métodos extrativos da folha e da casca de *Caryocar brasiliense*. *Revista de Ciências Médicas e Biológicas, 21*(1), 18–24. https://doi.org/10.9771/cmbio.v21i1.44970

Deus, V. L., Santos, A. P. C., Walker, J. F., Neta, L. S., & Souza, L. S. (2019). Compostos fenólicos em hortaliças cultivadas nos sistemas convencional e orgânico: uma revisão. *Brazilian Journal of Health and Pharmacy*, *1*(1), 70-84. https://doi.org/10.29327/226760.1.1-8

Fagundes, M., Araújo, L. S., & Nunes, Y. R. F. (2007). Efeitos do estágio sucessional do habitat na fenologia do pequizeiro (Caryocar brasiliense: Caryocaraceae). *Revista Brasileira de Biociências*, *5*(S1), 144-146.

Freitas, I. C., Ribeiro, J. M., Araújo, N. C. A., Santos, M. V., Sampaio, R. A., Fernandes, L. A., ... & Frazão, L. A. (2020). Agrosilvopastoral systems and well-managed pastures increase soil carbon stocks in the Brazilian Cerrado. *Rangeland Ecology & Management*, *73*(6), 776-785. https://doi.org/10.1016/j.rama.2020.08.001

Ferreira, D. S., Rosso, V. V. D., & Mercadante, A. Z. (2010). Compostos bioativos presentes em amora-preta (Rubus spp.). *Revista Brasileira de Fruticultura*, *32*, 664-674. https://doi.org/10.1590/S0100-29452010005000110

IBGE. (2023). *Produção da extração vegetal e da silvicultura (PEVS)*. https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=774

IBGE. (2019). *Biomas e sistema costeiro marinho do Brasil: compatível com a escala 1:250 000* (Série Relatórios Metodológicos, v. 45). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

Idris, A., Linatoc, A. C., Bakar, M. F. A., Ibrahim, Z. T., & Audu, Y. (2018). Effect of light quality and quantity on the accumulation of flavonoid in plant species. *Journal of Science and Technology*, *10*(3).

Joly, C. A., Padgurschi, M. C. G., Pires, A. P. F., Agostinho, A. A., Marques, A. C., Amaral, A. G., & Loyola, R. D. (2019). *Apresentando o diagnóstico brasileiro de biodiversidade e serviços ecossistêmicos*. [Relatório].

Medeiros, J. de D. (2011). *Guia de campo: vegetação do Cerrado: 500 espécies*.





Melo, H. C. D., Castro, E. M. D., Soares, Â. M., Oliveira, C. D., & Ramos, S. J. (2009). Características fisiológicas de microtomateiros fitocromo-mutantes. *Ciência e Agrotecnologia*, *33*, 1213-1219. https://doi.org/10.1590/S1413-70542009000500003

Nascimento-Silva, N. R. R., Mendes, N. S. R., & Silva, F. A. (2020). Nutritional composition and total phenolic compounds content of pequi pulp (*Caryocar brasiliense* Cambess.). *Journal of Bioenergy and Food Science, 7*(2), 2812019. Journal of Bioenergy and Food Science. https://dx.doi.org/10.18067/jbfs.v7i2.281

Nóbrega, J. S., Bruno, R. D. L. A., Figueiredo, F. R. A., da Silva, T. I., de Fátima, R. T., da Silva Ribeiro, J. E., ... & da Silva Nascimento, R. G. (2020). Acúmulo de biomassa e pigmentos fotossintéticos em plantas de Mesosphaerum suaveolens (L.) Kuntze sob estresse salino e doses de ácido salicílico. *Research, Society and Development*, *9*(5), e121953286-e121953286. https://doi.org/10.33448/rsd-v9i5.3286

Prance, G. T., & Pirani, J. R. (n.d.). *Caryocaraceae*. In *Flora e Funga do Brasil*. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB6688

Siebeneichler, S. C., Freitas, G. A. D., Silva, R. R. D., Adorian, G. C., & Capellari, D. (2008). Características morfofisiológicas em plantas de Tabebuia heptaphyilla (vell.) tol. em condições de luminosidade. *Acta amazônica*, *38*, 467-472.

SE-10. Diversidad estructural y uso ganadero como determinantes de la regeneración de bosques de *Austrocedrus chilensis* en la Patagonia argentina

N. M. Bistolfi[1,2]; O. P. E. Cortés Pérez[3]; P. Blazina[1,2]; P. L. Peri[5]; M. Barrera[4] & M.M. Amoroso[1,2]

[1]Instituto de Investigaciones en Recursos Naturales, Agroecología y Desarrollo Rural, Universidad Nacional de Río Negro (UNRN)

[2]Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Instituto de Investigaciones en Recursos Naturales, Agroecología y Desarrollo Rural

[3]Universidad Nacional de Río Negro (UNRN)

[4]Laboratorio de Investigación de Sistemas Ecológicos y Ambientales (LISEA) - Universidad Nacional de La Plata (UNLP)

[5]Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Universidad Nacional de la Patagonia Austral (UNPA), Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

*Correspondencia a: ingnicolasbistolfi@gmail.com

RESUMEN

Los bosques de *Austrocedrus chilensis* en Argentina integran históricamente usos forestales y ganaderos en paisajes heterogéneos. En este trabajo se evaluaron los efectos del uso ganadero sobre la regeneración forestal y la estructura del bosque, integrando el análisis de fisonomías vegetales. Se muestrearon 95 sitios representativos de distintos grados de intervención y estados sucesionales, y se definieron ocho fisonomías mediante análisis jerárquico basado en variables estructurales. A partir de este marco, se evaluó la relación entre la carga ganadera y la regeneración de *A. chilensis*, utilizando como indicadores el índice de daño por ramoneo y el índice de esbeltez de renovales. Se observó una relación significativa entre el daño y la esbeltez, indicando que el pastoreo afecta la morfología de los individuos. La carga ganadera tuvo un efecto negativo sobre la esbeltez, aunque no se relacionó directamente con la ocurrencia de daño ni con la densidad de regeneración. Estos resultados sugieren que el efecto acumulado del pastoreo podría limitar la regeneración sin afectar necesariamente su establecimiento inicial. El trabajo resalta el valor de caracterizar fisonomías estructurales como base para estrategias de manejo diferenciadas, y como insumo clave para el diseño de esquemas silvopastoriles sustentables que compatibilicen producción y conservación.

Palabras clave: *silvopastoril, herbivoría, manejo adaptativo, estructura forestal*

INTRODUCCIÓN

En el norte de la Patagonia argentina, los bosques han sido históricamente utilizados para la producción ganadera extensiva y extracción forestal, con prácticas que varían en intensidad y temporalidad (Somlo et al., 1997; Cardozo, 2014; Grosfeld et al., 2019). En particular, los bosques dominados por *Austrocedrus chilensis* (D. Don) Pic. Serm. & Bizzarri (ciprés de la cordillera) representan un tipo forestal de gran valor ecológico, paisajístico y productivo (Dezzotti & Sancholuz, 1991; Loguercio et al., 1999) siendo de mayor accesibilidad que otros tipos forestales por el piso altitudinal inferior en el que se desarrollan. Su estructura y dinámica está condicionada por disturbios naturales y antrópicos, que configuran distintas trayectorias de desarrollo (Donoso et al., 2004; González et al., 2014). Existen clasificaciones estructurales (Dezzotti y Sancholuz, 1991) y modelos teóricos que integran estos disturbios (Rusch et al., 2016), aunque de aplicación limitada dada su escasa base cuantitativa. En este sentido, la identificación de fisonomías vegetales mediante variables estructurales representa un insumo valioso, alineado con enfoques de manejo basados en modelos de estados y transiciones (Westoby et al., 1989; Peri et al., 2017), y útil para definir indicadores de salud ecosistémica (Beckschäfer et al., 2013; Caviedes & Ibarra, 2016).

En este contexto, la ganadería es una actividad ampliamente extendida y de gran relevancia tanto social como productiva (Cardozo, 2014; Grosfeld et al., 2019). Su integración con la actividad forestal en lo que se denomina "uso silvopastoril" (Arpigiani et al., 2025) ha generado debates en torno a su sostenibilidad, especialmente en lo que respecta al impacto del ganado sobre la regeneración forestal (e.g. Blackhall et al., 2008; Rusch et al., 2016; Garibaldi et al., 2024). Sin embargo, otras evaluaciones sugieren que es posible compatibilizar el uso ganadero con la dinámica del bosque, sin comprometer la sostenibilidad del sistema (e.g. Amoroso et al., 2018; Arias Sepúlveda y Chillo, 2017; Arpigiani et al., 2024), en particular de la regeneración (e.g. Arpigiani et al., 2022, 2025). Para estos análisis la determinación de la carga ganadera sigue siendo un desafío, ante la alta heterogeneidad espacial del pastoreo, influido por la oferta de forraje, disponibilidad de agua, pendiente, selección de los animales y la escasa infraestructura de manejo en establecimientos productivos de la región (Holechek et al., 1995; Cardozo, 2014; Von Müller et al., 2017). En respuesta, en bosques patagónicos se han desarrollado métodos basados en la densidad de heces para estimar indirectamente intensidad de uso ganadero y su relación con variables ambientales-productivas (Arpigiani et al., 2022; Pastur et al., 2022). Este enfoque permitiría la conversión a equivalentes ganaderos para comparaciones y umbrales de manejo (Pastur et al., 2022).



Si bien se ha avanzado en el estudio de la regeneración, persisten vacíos de conocimiento sobre cómo la carga ganadera actual se vincula con las fisonomías vegetales que resultan del desarrollo de los rodales y su historia de uso en bosques de *A. chilensis*. Esta mirada incluye sitios completamente deforestados, empleados como reservas de forraje, conocidos localmente como "pampas" (Arpigiani et al., 2022). En contextos donde se busca compatibilizar producción y conservación, contar con herramientas para evaluar el estado estructural del bosque y su vínculo con la intensidad de uso ganadero resulta clave para el diseño de estrategias de manejo adaptativo. Este trabajo parte de la premisa que en el paisaje de estudio existen diferentes fisonomías de bosque de ciprés, determinadas por su grado de desarrollo con la impronta de usos forestales y ganaderos, que en combinación con la carga ganadera actual, condicionan la regeneración. Nuestros objetivos fueron (a) identificar fisonomías comunes para sitios con diferente historia de uso y caracterizar su estructura mediante atributos generales de las masas forestales bajo contrastantes cargas ganaderas, y (b) evaluar su efecto sobre la regeneración natural de *A. chilensis*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio y muestreo

El área de estudio comprende los bosques dominados por ciprés y de ambientes mésicos (Dezzotti & Sancholuz, 1991; CIEFAP, 2016) ubicados en el territorio que se extiende desde el valle del Rio Manso hasta el Paralelo 42° Sur en la provincia de Río Negro, Argentina. Esta región montañosa de clima templado frío se encuentra influenciada por un marcado gradiente de precipitaciones que disminuyen de Oeste a Este (Bianchi et al., 2015), por lo que se delimitó el sitio de estudio entre las isohietas de 900 y 1500 mm de precipitación anual. Se seleccionaron 95 sitios con diferentes situaciones de uso forestal y ganadero, incluyendo áreas con escasa cobertura arbórea, interpretadas como unidades desmontadas parcial o totalmente. Para su inclusión, se verificó que estuvieran rodeadas en su mayor parte por bosque de ciprés, excluyéndose aquellas aperturas asociadas a cambios edáficos o formaciones naturalmente abiertas.

En cada sitio se estableció una transecta de 50 m. de largo, realizando en cada extremo un recuento angular forestal Bitterlich donde se determinó la especie y diámetro a la altura del pecho (DAP) de individuos adultos (DAP > 10 cm), una parcela de regeneración inicial (< 1,6 m de altura) de área variable, una parcela de regeneración avanzada (> 1,6 m de altura; DAP < 10 cm) de área fija y una foto hemisférica con lente ojo de pez para estimar apertura de canopeo del dosel. Sobre los individuos de regeneración inicial se midió diámetro de la base (DAB) y altura, se contabilizó el número total de ramas y se registró cuántas de estas se encontraban dañadas por ramoneo, así como el estado del ápice. En una faja, a dos metros de cada lado de la transecta, se contabilizaron heces de ganado vacuno, bovino y equino.

Determinación de fisonomías vegetales

La caracterización de las fisonomías vegetales en los bosques de *A. chilensis* se abordó mediante un análisis jerárquico para discriminar la variabilidad estructural resultante tanto de la dinámica de desarrollo del rodal como de disturbios antrópicos. Este enfoque se fundamenta en el principio de que los atributos estructurales del bosque constituyen indicadores del estado de desarrollo del rodal, y de cambios por causas antrópicas (Oliver & Larson, 1996; Lindenmayer et al., 2000).

Primeramente, se integraron: apertura de dosel y área basal de árboles vivos. Seleccionadas por su capacidad discriminante para identificar estados de desarrollo y diferentes intensidades de uso forestal (Rusch et al., 2016; Trinco et al., 2021; Chillo et al., 2021), reflejando cambios frente a la extracción de madera o apertura de claros propios de la dinámica forestal (Oliver & Larson, 1996; Caviedes & Ibarra, 2016). Se calculó la matriz de distancias usando las variables estandarizadas y distancia euclidiana, seguido de agrupamiento jerárquico con el método de Ward, que minimiza la varianza intra-grupo. El número óptimo de grupos se determinó con el método del codo (Within-Group Sum of Squares, WSS), del paquete "factoextra".

La validación de grupos se realizó mediante el índice de silueta (Rousseeuw, 1987). Aquellos conglomerados que cumplieron con: (a) valores de silueta > 0.6 indicando alta cohesión interna, y/o (b) ≤15 sitios de muestreo fueron clasificados como "fisonomías consolidadas" (n=3). Los dos grupos (n=2) que no alcanzaron estos criterios, fueron reclasificados en una segunda etapa analítica. Para esto se amplió el conjunto de variables estructurales incorporando: diámetro cuadrático medio y densidad arbórea, y se repitió el proceso de agrupamiento descripto. De esta manera, se obtuvieron ocho grupos de fisonomías vegetales, y en un gráfico de dispersión de dos variables claves: área basal de árboles vivos y densidad de árboles por hectárea (Figura 1), se verificó que los agrupamientos obtenidos tuvieran sentido ecológico.

Las diferencias en las variables utilizadas entre fisonomías fueron evaluadas con las pruebas de ANOVA (con prueba post hoc de Test de Tukey, $p < 0.05$) y Kruskal-Wallis (con prueba post hoc de Dunn, $p < 0.05$). A partir de los valores medios de las variables, se realizó una caracterización ecológica de las fisonomías, integrando criterios de estructura del dosel, características diamétricas y densidad de regeneración. Esta clasificación permitió establecer tipologías representativas de diferentes estados de desarrollo forestal y niveles de intervención, utilizados como base para análisis posteriores de regeneración forestal, en relación con el gradiente de uso ganadero.

Estimación de la carga ganadera

La estimación de la carga ganadera mediante la densidad de heces se sustenta en la premisa de que la tasa de defecación de los animales es relativamente constante, y asume que persisten de forma identificable durante un año, lo cual es consistente con las condiciones climáticas de la región. Un valor promedio de estas tasas permite establecer una relación teórica entre densidad de heces en el terreno y número de animales que pastorean en el área. Esta metodología permite estimar la carga ganadera actual y monitorear cambios temporales en la intensidad de pastoreo evaluando el impacto de prácticas de manejo. Resulta particularmente útil en sistemas extensivos, ya que no requiere manipulación de animales, y es de bajo costo. Asumiendo equivalencias relacionadas a eventos de defecación se puede asumir 1 equivalente vacuno (EQv) = 6.25 ovinos = 0.625 equinos (Haynes & Williams, 1993; Westendorf et al., 2020). A partir de los datos obtenidos por el conteo de heces realizado a campo estos valores fueron convertidos a EQv.

Análisis de regeneración forestal bajo diferentes intensidades de carga ganadera

El daño en la regeneración inicial de ciprés fue cuantificado mediante el índice de daño integrado por el ramoneo en ramas y ápice (Arpigiani et al., 2022). Se utilizó un modelo hurdle para evaluar el efecto de la carga ganadera: (1) un modelo binomial (logit) para la ocurrencia de daño (presencia/ausencia), y (2) un modelo con distribución Gamma (log) para la magnitud del daño en los renovales afectados, ajustados con la función glmmTMB. Por otra parte, se evaluó la relación entre el índice de daño y el índice de esbeltez de los renovales mediante un modelo GLM Gamma con función polinómica cuadrática (3), y posteriormente se analizó el efecto combinado de la fisonomía (factor con 8 niveles) y la carga ganadera mediante un ANCOVA (4).

Finalmente, se analizó el efecto de la carga ganadera sobre la densidad de la regeneración de ciprés mediante un modelo de hurdle (5): un primer modelo binomial (logit) para la probabilidad de presencia sobre los sitios de fisonomía boscosa, excluidas las pampas y, sobre sitios con regeneración, un modelo de conteo con distribución binomial negativa para explicar la densidad en función de la carga ganadera, ajustados con la función glm.nb. El cumplimiento de supuestos fue verificado con el paquete DHARMa y todos los análisis se realizaron en el Software R (R Core Team 2024) desde RStudio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Fisonomías vegetales

Se identificaron ocho fisonomías, cuya caracterización se presenta en la Tabla 1 a partir de valores promedio de variables estructurales y usos asociados. La coherencia ecológica de esta clasificación se evidencia en los agrupamientos bien definidos, con escasa superposición y baja dispersión interna para la mayoría de las fisonomías, sugiriendo que permiten una buena discriminación de estructuras forestales (Figura 1).

Tabla 1. Caracterización estructural y ecológica de las fisonomías vegetales identificadas en bosques de *Austrocedrus chilensis* del norte de la Patagonia. Se presenta una descripción de cada una con valores medios de apertura de dosel (AD), área basal (AB), densidad arbórea (DA), diámetro cuadrático medio (DCM) y regeneración y una fotografía representativa.

Fisonomía y descripción	Imagen
Pampa: Dominancia de estrato herbáceo con árboles aislados (AB < 5m²/ha; AD > 45%). La regeneración está ausente y el DCM elevado (≈ 44.9 cm) sugiere remanentes longevos. Sitios que han sido desmontados antiguamente para crear reservas de forraje y espacios de manejo ganadero, actualmente de uso pastoril predominante, con potencial invasión por especies arbustivas exóticas.	
Pastizal arbolado: Presencia moderada de árboles dispersos en una matriz de pastizal (AB≈16.3 m²/ha; AD~27%). Puede existir regeneración forestal inicial con reclutamiento bajo dosel y avanzada (~875 ind/ha). Árboles de menor tamaño (DCM≈ 27.6 cm) aunque con mucha variabilidad. Sitios con historia de uso similar a las pampas con cortas de menor intensidad, actualmente con limitaciones para el establecimiento, eventual invasión de especies exóticas e intenso uso pastoril.	

Bosque abierto: Dosel discontinuo (AD~15%) con árboles maduros de gran tamaño (DCM ≈ 43 cm) y baja densidad de árboles (762 ≈ ind/ha). Regeneración avanzada limitada e inicial alta (~2250 ind/ha). Fisonomía típica de claros amplios dados por uso forestal de diferente intensidad, en la actualidad pueden encontrarse en recuperación con buen reclutamiento.	
Bosque semi abierto: Dosel continuo con claros (AD ~ 11,8%) con densidad intermedia - alta (1600 ind/ha; AB ≈ 35.4 m²/ha) y árboles de tamaño intermedio (DCM ≈ 31 cm). Regeneración avanzada (≈ 1250 ind/ha) indica en conjunto con el DCM que se encuentra en fase de consolidación del dosel o pueden ser rodales ingresando a fase de reiniciación del sotobosque post-disturbios naturales o con uso forestal.	
Bosque en reiniciación de sotobosque: Dosel contínuo, con distribución homogénea de claros menores (AD <10%), AB alta (51 m²/ha). Árboles de tamaño medio (DCM ≈ 34 cm). La regeneración inicial supera en densidad a la avanzada. Estadio maduro con espacio para establecimiento y desarrollo de regeneración en claros naturales o consecuencia de uso forestal de baja intensidad.	
Bosque en final de cierre de dosel: Dosel cerrado (AD ~ 10%) con alta densidad de árboles (≈ 2169 ind/ha; DCM ≈ 31,3 cm). Alta densidad de regeneración inicial (2875 ≈ ind/ha) indica reclutamiento reciente. Etapa final de competencia activa por luz con mortalidad densodependiente. A partir de este punto se espera disminución de la densidad de árboles por disturbios naturales menores o uso forestal, llevando al inicio de la dinámica de claros.	
Bosque denso en cierre de dosel: Dosel extremadamente denso (AD <8%) con alta área basal y densidad de individuos jóvenes (AB ≈ 56 m²/ha; ≈ 2940 ind/ha; DCM ≈ 31,2 cm). Fase de competencia activa por luz previo al inicio de la mortalidad denso-dependiente. Es posible que exista uso forestal reciente de baja intensidad.	
Bosque denso en inicio de cierre de dosel: Alta densidad de individuos (≈ 3631 ind/ha) y regeneración avanzada que sugiere cola de establecimiento en la distribución diamétrica (≈ 2250 ind/ha). Alta AB (78 m²/ha), baja AD (~8%) y DCM intermedio (≈ 35 cm). Etapa de inicio de competencia activa por luz, aunque es la fisonomía con mayor amplitud en datos de densidad de individuos adultos y DCM.	

Las fisonomías forestales reflejan un gradiente de intervención antrópica en combinación con el estado de desarrollo del rodal, desde bosques densos hasta pampas o abras. Estudios previos vinculan la simplificación estructural a un uso silvopastoril más intensivo (Rusch, et al., 2016; Chillo et al., 2018; Arpigiani, et al., 2022), este trabajo avanza en esa línea

al identificar y caracterizar fisonomías a partir de variables estructurales cuantitativas. A diferencia de enfoques categóricos o basados en antecedentes de uso, esta clasificación aporta datos comparables de cobertura de dosel, área basal, densidad arbórea y regeneración. También, provee una herramienta para estudiar el efecto de la carga ganadera con respuestas ecosistémicas en escenarios contrastantes de estructura forestal.

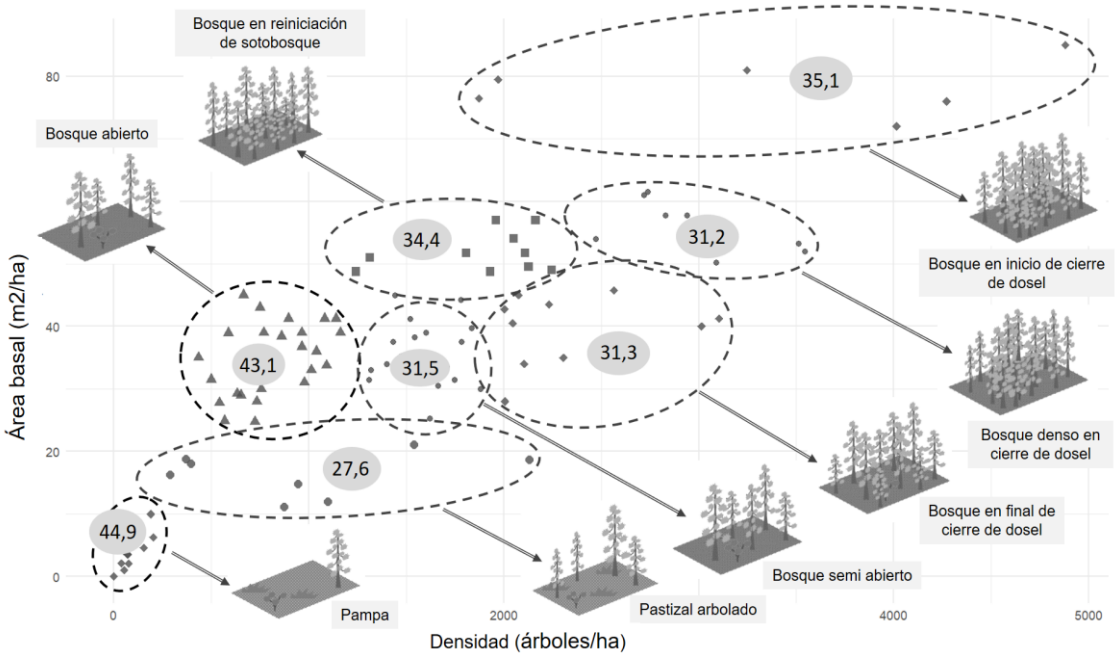


Figura 1. Relación entre densidad de árboles (árboles/ha) y área basal viva (m²/ha) en 95 sitios muestreados en bosques de *Austrocedrus chilensis* en la Patagonia norte Argentina. Se identifican fisonomías vegetales, desde ambientes abiertos (pampa y pastizales arbolados) hasta bosques densos. Las ilustraciones representan el aspecto general de cada fisonomía. En elipses grises se expresan valores medios de Diámetro Cuadrático Medio para cada grupo.

Estimación de la carga ganadera

Las cargas ganaderas variaron entre 0 y 2.95 EQv/ha, con baja representación de sitios por encima de 1,5 EQv. Para esta región, Cardozo (2014) reporta valores promedio de 0.9 EQv/ha para pequeños productores y 0.5 EQv/ha para medianos, lo cual es consistente con nuestros resultados si se considera la distribución espacial del pastoreo. Los valores obtenidos reflejan una amplia heterogeneidad en la intensidad de uso entre sitios, asociada a diferencias topográficas, accesibilidad, selectividad animal (Villa y Borrelli, 2011), antecedentes de manejo y estado del bosque (Chillo et al., 2018). A partir de esta estimación, se analizaron los efectos del uso ganadero sobre la regeneración forestal de ciprés.

Impactos en la regeneración forestal

La carga ganadera presentó efectos diferenciados sobre la regeneración inicial de ciprés (Tabla 2). Por una parte, encontramos un efecto negativo significativo sobre el índice de esbeltez ($p < 0.001$), sugiriendo una disminución al incrementarse la carga. Este resultado indica un impacto acumulativo del pastoreo en la morfología de la regeneración, compatible con estudios previos que reportan declives poblacionales en *A. chilensis* para sitios con mayor intensidad de uso silvopastoril (Arpigiani et al., 2022). Por otro lado, se evidenció que el daño tuvo un efecto sobre la esbeltez de los renovales, con ambos términos polinómicos significativos ($p < 0.05$), indicando que un incremento del daño por ramoneo está asociado a cambios morfológicos de largo plazo en los individuos de la regeneración inicial. Esto refuerza la idea de que la herbivoría recurrente altera la estructura de los renovales, incluso cuando la carga actual no explica directamente la existencia ($p = 0.925$) ni la magnitud del daño observado ($p = 0.086$).

No se detectó una interacción significativa entre la fisonomía y la carga ganadera en relación con el índice de esbeltez (Tabla 2). Si bien el efecto de la fisonomía del bosque no fue significativo ($p = 0.081$), algunos niveles individuales mostraron efectos significativos (B. en reiniciación del sotobosque $p = 0.039$ y Pampa $p = 0.013$), aunque no se mantuvieron en la prueba de comparaciones múltiples realizada post hoc, sugiere que la estructura del bosque podría modular la respuesta de la regeneración. La carga ganadera en relación a la probabilidad de presencia y la densidad de renovales mostró una tendencia negativa en las estimaciones aunque en ambos casos sus efectos no resultaron significativos ($p = 0.106$ y $p = 0.131$ respectivamente). Asimismo, amplían hallazgos previos (Relva & Veblen, 1998; Arpigiani et al., 2022) al integrar indicadores cuantitativos de daño y esbeltez con estimaciones específicas de carga

ganadera. Si bien la asociación carga-esbeltez sugiere un patrón recurrente de uso, la variabilidad observada podría reflejar cambios históricos no medidos, una limitación del diseño de muestreo.

Tabla 2. Efectos de la carga ganadera y fisonomía sobre la regeneración de *Austrocedrus chilensis*. Coeficientes estimados ± error estándar, valores p y tamaño del efecto. Asteriscos indican significancia ($p < 0.05$).

Mod.	Variable analizada	Predictor	N	Modelo	Distribución y función de enlace	Estadístico	p valor	- Tamaño del efecto	Estimador ± SE
1	Existencia de daño	Carga ganadera	87	GLMM	Binomial (logit)	z = 0.095	0.925	Clasificación correcta: 67.8 %	β = 0.07998 ± 0.84436
2	Índice de daño	Carga ganadera	44	GLMM	Gamma (log)	z = 1.716	0.0861	$R^2 \approx 0.04$	β = 0.1772 ± 0.1033
3	Índice de esbeltez	Índice de daño	695	GLM	Gamma (log)	t = -9.286; -4.315	1.83e-05 *	$R^2 \approx 0.12$	β_1 = -3.3036 ± 0.3558 (grado 1), β_2 = -1.5351 ± 0.3558 (grado 2)
4		Fisonomía	87	ANCOVA	Normal	F = 5.009	0.08108	$R^2 = 0.27$	Prueba pos hoc por fisonomía
		Carga ganadera					1.72e-06 *		β = -30.3318 ± 5.8602
5	Presencia de regeneración	Carga ganadera	86	GLMM	Binomial negativa (logit)	z = -1.615	0.106	Clasificación correcta: 79.1 %	β = -1.2804 ± 0.7930
	Densidad de regeneración	Carga ganadera	68	GLMM	Binomial negativa (logit)	z = -1.511	0.131	$R^2 \approx 0.01$	β = -0.7053 ± 0.4667

CONCLUSIONES

La definición de fisonomías mediante variables estructurales puede resultar útil, no solo como precursor de esquemas de estados y transiciones, sino para entender como usos pasados y recientes han modificado la estructura de los rodales. Esto permitió evaluar cambios en las condiciones de la regeneración. Los resultados obtenidos pueden aplicarse para definir áreas de uso en los establecimientos productivos con aplicación de estrategias de manejo diferenciadas, apropiadas a sus condiciones, SE que se priorizan y objetivos de manejo.

La relación significativa entre el índice de daño y el índice de esbeltez indica que la afectación directa del ganado se traduce en cambios morfológicos de los renovales, que podría tener implicancias para su supervivencia y crecimiento del bosque bajo uso ganadero. Este resultado abre la posibilidad de explorar la existencia de umbrales de respuesta —tanto en términos de carga como de intensidad de daño— que podrían ser relevantes para la definición de pautas de manejo adaptativas. Es posible que, en condiciones de escasez forrajera, el ramoneo sobre la regeneración aumente, generando patrones de daño no necesariamente proporcionales a la carga. Estos aspectos permiten pensar que es posible compatibilizar los usos silvopastoriles mediante pautas de manejo que aseguren maximizar la productividad asegurando la continuidad de la dinámica de regeneración.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a productores, INTA, Secretaría de Ambiente y Cambio Climático, Dirección de Bosques de Río Negro y Ea. Lago Escondido por su colaboración. Trabajo financiado por la Universidad Nacional de Río Negro (PI 2021-B-964) y la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (PICT 2020-03694).

BIBLIOGRAFÍA

Amoroso, M.M., Chillo, V., Alcalá, V.M., Rezzano, C.A., Arpigiani, D., Villacide, E. 2018. ¿Cómo modifica el uso silvopastoril la estructura y la dinámica poblacional de los bosques mixtos de ciprés de la cordillera y coihue? Ecosistemas 27, 33-40.

Arias Sepúlveda, J.E., Chillo V. 2017. Cambios en la diversidad funcional del sotobosque y la tasa de descomposición frente a diferentes intensidades de uso silvopastoril en el noroeste de la Patagonia, Argentina. Ecología Austral 027, 029-038

Arpigiani, D., Chillo, V., Soler, R., Amoroso, M.M. 2024. Exclusión al ganado en bosques mixtos de Patagonia norte bajo uso silvopastoril: Respuestas estructurales y funcionales de la vegetación. Ecología Austral 34, 213-227.

Arpigiani, D., Aschero, V., Soler, R., Amoroso, M.M. 2025. A life-cycle approach to understand consequences of silvopastoral use on two native tree species of Northern Patagonia. Austral Ecology 50, e70058.

Arpigiani, D., Chillo, V., Soler, R., Amoroso, M.M. 2022. Differential response of natural regeneration to silvopastoral use intensity in mixed forests of northern Patagonia, Argentina. Forest Ecology and Management 520, 120408.

Beckschäfer, P., Mundhenk, P., Kleinn, C., Ji, Y., Yu, D.W., Harrison R.D. 2013. Enhanced Structural Complexity Index: An Improved Index for Describing Forest Structural Complexity. Open Journal of Forestry 03, 23–29.

Bianchi, E., Villalba, R., Viale, M., Couvreux, F., Marticorena, R. 2016. New precipitation and temperature grids for northern Patagonia: Advances in relation to global climate grids. Journal of Meteorological Research 30, 38–52.

Blackhall, M., Raffaele, E. Veblen, T.T. 2008. Cattle affect early post-fire regeneration in a Nothofagus dombeyi–Austrocedrus chilensis mixed forest in northern Patagonia, Argentina. Biological conservation 141(9), 2251-2261.

Cardozo, A.G. 2014. Estrategias socio-productivas de establecimientos ganaderos del sudoeste de la provincia de Río Negro, Argentina. Universidad de Buenos Aires, pp. 183.

Caviedes, J., Ibarra, J.T. 2017. Influence of Anthropogenic Disturbances on Stand Structural Complexity in Andean Temperate Forests: Implications for Managing Key Habitat for Biodiversity. PLoS ONE 12, e0169450.

Chillo, V., Vázquez, D.P., Amoroso, M.M., Bennett, E.M. 2018. Land-use intensity indirectly affects ecosystem services mainly through plant functional identity in a temperate forest. Funct. Ecol. 32(5), 1390–1399.

Chillo. V., Ladio A.H., Sanhueza, J.S., Soler, R., Arpigiani, D.F., Rezzano, C.A., Cardozo A.G., Peri, P.L., Amoroso, M.M. 2021. Silvopastoral Systems in Northern Argentine-Chilean Andean Patagonia: Ecosystem Services Provision in a Complex Territory. En: Peri P.L., Martínez Pastur G., Nahuelhual L., (Eds.), Ecosystem Services in Patagonia. Natural and Social Sciences of Patagonia. Springer, Cham. pp. 115-137.

CIEFAP. 2016. Actualización de la Clasificación de Tipos Forestales y Cobertura del Suelo de la Región Bosque Andino Patagónico. CIEFAP. Informe Final. 122 p.

Dezzotti, A., Sancholuz, J. 1991. Los bosques de Austrocedrus chilensis en Argentina: ubicación, estructura y crecimiento. Bosque 12, 43-52.

Donoso, C., Premoli, A.C., Donoso, P. 2004. Variación en Nothofagus siempreverdes sudamericanos. En: Donoso, C., Gallo, L., Premoli, A.C., Ipinza, R. (Eds.), Variación intraespecífica en especies arbóreas de los bosques templados de Chile y Argentina. Editorial Universitaria, Santiago, pp. 189-214

Garibaldi, L.A., Zermoglio, P.F., Agüero, J.I., Nacif, M.E., Goldenberg, M.G., Fioroni, F., Amoroso, M.M., Aparicio, A.G., Dimarco, R.D., Fernandez, M., Fernandez, N., Gambino, M., Naôn, S., Nuñez, M.A., Oddi, F.J., Pastorino, M.J., Puntieri, J.G. 2024. Designing multifunctional forest systems in Northern Patagonia, Argentina. Frontiers in Sustainable Food Systems 8, 1357904.

González, M.E., Amoroso, M.M., Lara, A., Veblen, T.T., Donoso, C., Kitzberger, T., Mundo, I., Holz, A., Casteller, A., Paritsis, J., Muñoz, A., Suárez, M.L., Promis, A. 2014. Ecología de disturbios y su influencia en los ecosistemas forestales templados de Chile y Argentina. En: Donoso, C., González, M.E., Lara, A., Donoso, P. (Eds.), Ecología Forestal: Bases para el Manejo Sustentable de los Bosques Nativos. Marisa Cuneo Editores, Valdivia, pp. 411-502.

Grosfeld, J., Chauchard, L., Gowda, J. 2019. Debates: ¿Podemos manejar sustentablemente el bosque nativo de Patagonia Norte?. Ecología Austral 29, 156-163.

Haynes, R.J., Williams, P.H. 1993. Nutrient cycling and soil fertility in the grazed pasture ecosystem. New Zealand Institute for Crop and Food Research, Canterbury Agriculture and Science Centre. pp. 199.

Holechek, J.L., Pieper, R.D., Herbel, C.H. 1995. Range Management: Principles and Practices (3rd ed.). Prentice Hall. pp. 526.





Lindenmayer, D.B., Margules, C.R., Botkin, D.B. 2000. Indicators of biodiversity for ecologically sustainable forest management. Conservation Biology 14, 941–950.

Loguercio, G., Burschel, P., Rey, M. 1999. El Bosque de Ciprés de la Cordillera: su conservación y uso. Guía Práctica. Folleto de Divulgación Nº 14. CIEFAP. 21 p.

Larson, B.C., Oliver, C.D. 1996. Forest stand dynamics. John Wiley & Sons. New York, USA. 521 p.

Martínez Pastur, G.J., Cellini, J.M., Chaves, J.E., Rodríguez-Souilla, J., Benitez, J., Rosas, Y.M., Soler, R.M., Lencinas, M.V., Peri, P.L. 2022. Changes in forest structure modify understory and livestock occurrence along the natural cycle and different management strategies in Nothofagus antarctica forests. Agroforestry Systems 96, 1039–1052.

Peri, P.L., López, D.R., Rusch, V. Rusch, G., Rosas, T.M., Martinez Pastur, G. 2017. State and transition model approach in native forests of southern patagonia (Argentina): Linking ecosystem services, thresholds and resilience. International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services and Management, 13, 105–118.

R Core Team 2024. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

Relva M.A., Veblen, T.T. 1998. Impacts of introduced large herbivores on Austrocedrus chilensis forests in northern Patagonia, Argentina. Forest Ecology and Management 108: 27.

Rousseeuw, P.J. 1987. Silhouettes: a graphical aid to the interpretation and validation of cluster analysis. Journal of Computational and Applied Mathematics 20, 53–65.

Rusch, V.E., Cavallero, L., López, D.R. 2016. El Modelo de Estados y Transiciones como herramienta para la aplicación de la Ley de Bosques. Patagonia Forestal XXI (Junio), 20–27.

Somlo, R., Bonvissuto, G., Schlichter, T., Laclau, P., Peri, P.L. & Allogia, M. 1997. Silvopastoral use of Argentine Patagonian forest. En: Temperate Agroforestry System. Gordon A.M. and Newman S.M., Ed. Editorial CAB International, Wallingford, UK. pp. 237-250.

Trinco, F.D., Rusch, V.E., Howison, R.A., Garibaldi, L.A., Tittonell, P. A. 2021. Implications of landscape configuration on understory forage productivity: A remote sensing assessment of native forests openings. Agroforestry Systems 95, 1675–1688.

Vila, A.R., Borrelli, L. 2011. Cattle in the Patagonian forests: Feeding ecology in Los Alerces National Reserve. Forest Ecology and Management 261(7), 1306-1314.

von Müller, A.R., Renison, D., Cingolani, A.M. 2017. Cattle landscape selectivity is influenced by ecological and management factors in a heterogeneous mountain rangeland. The Rangeland Journal 39(1), 1-14.

Westendorf, M.L., Williams, C.A., Murphy, S., Kenny, L., Hashemi, M. 2020. Generation and management of manure from horses and other equids. En Waldrip, H.M. Pagliari, P.H., He, Z. (Eds.), Animal Manure: Production, Characteristics, Environmental Concerns, and Management. ASA Special Publications pp. 145–163.

Westoby, M., Walker, B., Noy-Meir, I. 1989. Opportunistic management for rangelands not at equilibrium. Journal of Range Management 42, 266-274.

SE-11. Especies arbustivas con potencial forrajero, similitudes nutricionales y germinativas cercanas a *Sambucus nigra L* para implementar en un SSP en un paisaje Altoandino
Shrub species with forage potential, nutritional and germination similarities close to *Sambucus nigra* L. to implement in a SSP in the high Andean forest

B N Tibaná Chaparro[1]; D S Daza Ardila[2]*

[1]Facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

[2]Facultad de Ciencias y Educación, Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Email: dddaza@udistrital.edu.co

*Correspondencia a: bntibanac@udistrital.edu.co

RESUMEN

Los sistemas silvopastoriles (SSP) proponen el uso de arbustos forrajeros que mejoren la oferta nutricional para alimentar al ganado; en la alta montaña el sauco (*Sambucus nigra L.)*, es una especie comúnmente usada y sin epecies alternativas disponibles para la zona. Esta investigación, identificó especies nativas arbustivas presentes en bosque Altoandino, que por sus características nutriciones y facilidad de proceso germinativo se convirtieran en alternativas forrajeras iguales o superiores a *S. nigra*. Se realizaron recolección de datos primarios, análisis bromatológicos y ensayos de germinación. Los resultados destacaron a *Montanoa quadrangularis* como una especie con buen potencial forrajero, similar al sauco en proteína, cenizas, FDA, FDN y capacidad de germinación. Otras especies como *Baccharis latifolia*, *Tecoma stans*, *Morella parvifolia*, *Lupinus mutabilis* y *Myrcianthes rhopaloides* también mostraron valores nutricionales adecuados, especialmente en proteína y FDN, lo que las hace potencialmente útiles para la alimentación de bovinos. La diversificación de las especies forrajeras nativas en el diseño e implementación de sistemas silvopastoriles en el trópico alto; no solamente, beneficiará la oferta nutricional para el ganado, sino que, mejorará el aporte de los sistemas silvopastoriles a la biodiversidad de los agroecosistemas y sus servicios ecosistémicos.

Palabras claves: *agrobiodiversidad, agroforestería, ganadería regenerativa, trópico alto.*

ABSTRACT

Silvopastoral systems (SPS) propose the use of forage shrubs that improve the nutritional supply for livestock feed. In high mountains, the elderberry (Sambucus nigra L.) is a commonly used species, with no other alternatives available in the area. This research identified native shrub species present in high Andean forests that, due to their nutritional characteristics and ease of germination, could become forage alternatives equal to or superior to S. nigra. Primary data collection, bromatological analysis and germination tests were carried out. The results highlighted Montanoa quadrangularis as a species with good forage potential, similar to elderberry in protein, ash, ADF, NDF, and germination capacity. Other species such as Baccharis latifolia, Tecoma stans, Morella parvifolia, Lupinus mutabilis, and Myrcianthes rhopaloides also showed adequate nutritional values, especially in protein and NDF, making them potentially useful for cattle feed. The diversification of native forage species in the design and implementation of silvopastoral systems in the high tropics will not only benefit the nutritional supply for livestock but will also improve the contribution of silvopastoral systems to the biodiversity of agroecosystems and their ecosystem services.

Key words*: agrobiodiversity, agroforestry, regenerative livestock farming, high tropics*

INTRODUCCIÓN

En Colombia y específicamente en el paisaje altoandino, la ganadería convencional está a cargo de pequeños productores, lo que ha impulsado: la expansión de la frontera agrícola y el aumento del proceso de potrerización, dominado principalmente con pasto kikuyo *(Cenchrus clandestinus)*, especie catalogada como invasora, pero de alta demanda para alimentación de bovinos; causando degradación del suelo, pérdida de biodiversidad y aumento de gases de efecto invernadero. Como alternativa, los sistemas silvopastoriles (SSP) ofrecen beneficios como: la mejora del suelo, el favorecimiento de la microfauna y la posibilidad de incorporar arbustos forrajeros. Además, permiten técnicas como el ensilaje y el heno, facilitando la conservación de alimento con alto valor nutricional para el ganado durante todo el año (Zuluaga *et al.*, 2017; Jiménez, 2008; Cárdenas et al 2011; Morales et al 2016; Murgueitio et al 2014; Montagnini et al 2015; CIPAV. 2010; Flores, 2015; Gómez et al 2015; Alonso et al 2020).

Los sistemas silvopastoriles (SSP) han tenido una implementación limitada en paisajes andinos, debido a la escasa disponibilidad de especies forrajeras adaptadas con buenas propiedades bromatológicas y de germinación (Murgueitio et al., 2014; Zuluaga et al., 2017). Investigaciones de Agrosavia y CIPAV destacan al saúco (*Sambucus nigra* L.) y al aliso (*Alnus acuminata*) como especies viables por su adaptabilidad, valor forrajero, rápida germinación, capacidad de fijar nitrógeno y mejorar el suelo (Silva et al 2017; Angulo et al 2020). *Sambucus nigra*, en particular, ha sido reconocida por su rápido crecimiento, alto valor nutricional y capacidad de mejorar la calidad de leche y carne, además de ofrecer



subproductos útiles como ensilaje y harina, y contribuir a la conservación del suelo y el agua (Escobar et al 2019; Grajales et al 2015; Moreno et al 2020; Carvajal et al.2016; Murgueitio et al 2003; Flores, 2015; Gómez et al 2015; Alonso et al 2020).

Lo anterior evidencia la necesidad de identificar especies nativas forrajeras con características bromatológicas y de germinación similares a *Sambucus nigra* L, que permitan implementar estrategias de conservación en estas áreas y sirvan como alternativas sostenibles de alimentación para el ganado (Caceres *et al*., 2000).

Los análisis bromatológicos permiten evaluar el valor nutricional de las especies vegetales utilizadas en alimentación animal, mediante proteína cruda, FDA, FDN y cenizas. La proteína cruda es esencial para el crecimiento y producción animal (Ríos, 2022; Trillos et al., 2006), mientras que un bajo contenido de cenizas favorece el consumo (Trillos, 2006; Phillipson, 1981). La FDA estima la energía aprovechable por el animal (Jaimes et al., 2019) y la FDN influye en la eficiencia digestiva al aumentar masticación y rumiación (Arelovich et al., 2008; Zebeli, 2007). Además, el índice de germinación (IG) permite comparar la capacidad germinativa de las especies bajo condiciones controladas (Rodríguez et al., 2008), lo que permite conocer las tasas de germinación de cada especie y desarrollar futuras estrategias para su cultivo en campo y potencial uso en SSP.

Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue identificar arbustos nativos con potencial forrajero para SSP en un paisaje andino. Para tal fin, en primer lugar se reconoció con la población local, las especies nativas con potencial forrajero que los bovinos comen a voluntad. A partir de esto, se identifican características bromatológicas y de germinación de especies nativas y se contrasta con el *Sambucos Nigra L* con el fin de establecer similitudes y una alternativa en la alimentación de los bovinos y usos en un SSP en un paisaje Andino.

MATERIALES Y MÉTODOS

El diseño de la investigación está situado en el paradigma epistémico interpretativo, con enfoque mixto integrativo (Hurtado, 2000; Hernández, 2014). Se desarrolló en la vereda El Chical ubicada en el municipio de Bojacá del departamento de Cundinamarca - Colombia, su vocación principal es agrícola, ganadera y ecoturística (Alcaldía de Bojacá, 2022). Con una altura de 2598 msnm., con una temperatura entre 14°C a 19°C y media de 16ºC, con zonas frías semihúmedas (Vargas et al., 2018).

En la primera fase - selección de especies, se desarrolló con la participación de la comunidad, utilizando métodos cualitativos de investigación entobiológica, como: cuestionario semiestructurado, historia oral y uso de cartas asociativas, Rincon, (2014). El diseño de los instrumentos se realizó según lo propuesto por Rincón (2014), García (2004) y, Hernández (2006); se sometieron a pruebas piloto y validación con expertos. Seguidamente se inició con la captura de información primaria con pobladores que realizan actividades ganaderas, indagado específicamente por las plantas, su identificación, palatabilidad por parte del ganado y presencia en sus predios. Además, de la observación de plantas forrajeras en las fincas y en el relicto de bosque no intervenido. Posteriormente, con base en el conocimiento taxonómico y la información obtenida de la comunidad se seleccionaron las especies nativas con potencial forrajero. En esta misma fase se recolectó el material vegetal para corroboración taxonómica en Herbario Forestal UDBC estableciendo Familias, Géneros y Especies.

En la segunda fase, a partir de revisión de literatura se seleccionaron los índices bromatológicos clave para evaluar la calidad nutricional: proteína bruta (PB), FDA, FDN y cenizas.

A *S. nigra* L., y a las 7 especies (tabla 1) seleccionadas se les realizo análisis, recolectando 100 g de material foliar y enviándolos al laboratorio certificado. La proteína cruda se determinó mediante el método Kjeldahl (PRE-004 V01:2020[1]). Dado el tamaño de muestra (<10), se aplicó la prueba no paramétrica de Wilcoxon (Hurtado, 2000), para identificar diferencias significativas en comparacion a *Sambucus nigra*.

Para la tercera fase: se desarrolló en el ensayo de germinación de las especies seleccionadas a partir de una revisión documental sobre el proceso de siembra y tiempo de germinación de las semillas; para luego recolectar el material vegetal, se hizo proceso de limpieza y secado de las semillas y se finaliza con la siembra. Pero se tiene en cuenta la tierra como el sustrato el cual no es estéril, la temperatura y cantidades de semillas para monitorear su porcentaje de germinación (Rodríguez, et al., 2008).

RESULTADOS

Selección de especies

En esta fase se identificaron 17 especies tentativas con potencial forrajero ver tabla 1, a las cuales se les aplicó una ponderación de acuerdo a las características asociadas a la implementación de SSP, de las cuales fueron seccionadas las que alcanzaran valores de más de 75%

Tabla 1. Ponderación de características viables en posibles plantas forrajeras que se puedan implementar en un SSP, identificadas por la comunidad en la vereda El Chical, Bojacá.

Nombre científico	Nombres comunes	origen	Crecimiento foliar rápido	Abundante en hojas	valor nutricional	usos	Valoración
Sambucus nigra L.	*Sauco*	*20%*	*25%*	*25%*	*15%*	*15%*	100%
Baccharis latifolia	*Chilco - romerillo o mio-mio*	*20%*	*25%*	*25%*	*15%*	*15%*	100%
Montanoa quadrangularis Sch.Bip.	*Arboloco*	*20%*	*25%*	*25%*	*15%*	*15%*	100%
Abutilon indicum	*Abutilón*	*20%*	*25%*	*25%*	*15%*	*15%*	100%
Morella parvifolia (Benth.) Parra-Os.	*laurel monte*	*20%*	*25%*	*25%*	*15%*	*15%*	100%
Lupinus mutabilis Sweet	*Lupino, Chochos*	*20%*	*25%*	*25%*	*15%*	*15%*	100%
Tecoma stans (L.) Juss. ex Kunth	*Chicalá Flor amarillo*	*20%*	*25%*	*25%*	*0*	*15%*	85%
Acacia decurrens	*Acacia Negra*	*0*	*25%*	*25%*	*15%*	*15%*	80%
Myrcianthes rhopaloides	*Arrayan*	*20%*	*0%*	*25%*	*15%*	*15%*	75%
Cucurbita pepo o maxima	*Calabacin Calabaza*	*20%*	*25%*	*25%*	*0*	*0*	70%
Fraxinus sp	*Urapan fresno*	*0*	*25%*	*25%*	*0%*	*15%*	65%
Eugenia mirtyfolia Zyzygium paniculatum	*Eugenia*	*0*	*25%*	*25%*	*0*	*15%*	65%
Cupressus lusitanica	*Ciprés pino*	*0*	*25%*	*25%*	*0*	*15%*	65%
Pittosporum undulatum	*Jazmín del Cabo - Laurel huesito*	*0*	*25%*	*25%*	*0*	*15%*	65%
Laburnum anagyroides	*Lluvia de oro*	*0*	*25%*	*25%*	*0*	*0*	50%
Acacia Melanoxylon	*Acacia Japonessa*	*0*	*25%*	*0*	*0*	*15%*	40%
Escallonia Myrtilloides	*Rodamonte*	*20%*	*0*	*0*	*0*	*15%*	35%

Durante la aplicación del cuestionario, se entregaron láminas fotográficas de cada especie con el objetivo de identificar cuáles son reconocidas por los pobladores y cuáles de ellas son utilizadas como forraje para el ganado, por lo cual se resaltan las siguientes especies nativas: *Baccharis latifolia, Tecoma stans* (L.) Juss. *ex Kunth, Lupinus mutabilis* Sweet, *Montanoa quadrangularis* Sch.Bip, *Sambucus nigra* L, *Abutilon indicum, Morella parvifolia* (Benth.) *Parra-Os* y *Myrcianthes rhopaloides.* También, utilizan especies como *Cupressus lusitanica y Acacia decurrens* las cuales no son nativas.

Lo anterior refuerza la selección de las especies desde una revisión bibliográfica y desde el reconocimiento de los pobladores de la vereda el Chilcal. Para un total de 8 especies como posibles forrajeras.

De acuerdo con el cuestionario aplicado, el uso más frecuente para las especies seleccionadas fue cerca vivas, madera y otros, relacionado a *Morella parvifolia (Benth.) Parra-Os.*, la cual se emplea en la elaboración de la cruz de mayo, pinos en pesebres y decoraciones. Especies relacionadas con el uso frutos, principalmente *Myrcianthes rhopaloides* y *Morella* como alimento para aves y otras especies; también, se referencia a *Sambucus nigra L.*, *Lupinus mutabilis Sweet* y *Myrcianthes rhopaloides* con usos ornamentales y medicinales.

A la pregunta ¿Qué alimentación suministra a sus bovinos? El 63% manifestó como única alternativa el pasto *Cenchrus clandestinus*, con un menor porcentanje otras alternativas para la alimentación de los bovinos. (figura 1).





Figura 1. Porcentaje de alimentación suministrada a los bovinos población Vereda El Chilcal (Bojacá, Cundinamarca).

Los resultados obtenidos reflejan la práctica de una ganadería convencional basada en pasturas, sin reconocer alternativas como el SSP ni especies arbóreas o arbustívas, que ayuden al almacenamiento de forraje en sequía o al mejoramiento nutricional de los bovinos.

Análisis Bromatológico

La proteína cruda presenta un alto valor en especies como *Montanoa quadrangularis* Sch.Bip, *Sambucus nigra, Tecoma stans (L.) Juss. ex Kunth, Lupinus mutabilis Sweet y Morella parvifolia (Benth.) Parra-Os, en relación con Myrcianthes rhopaloides*, la cual resultó con el menor porcentaje proteínico. (Figura 2).

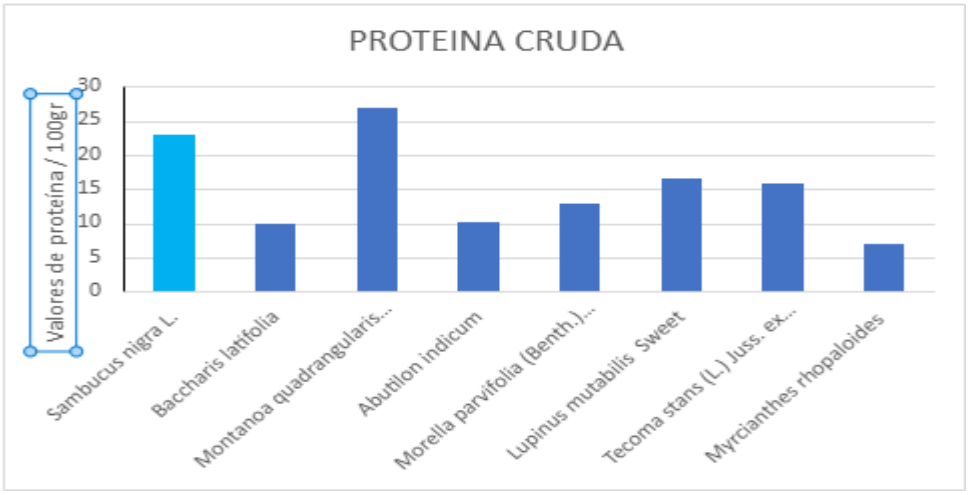


Figura 2. Porcentaje de proteína cruda de muestras foliares de diferentes especies en relación con *Sambucus nigra* L.

Las Cenizas de *Montanoa quadrangularis* Sch.Bip presentan un acercamiento al valor de *Sambucus nigra,* ninguna de las 7 especies supera el valor de referencia. *Baccharis latifolia y Tecoma stans (L.) Juss. ex Kunth,* presentaron un porcentaje alto de cenizas a diferencia del *Morella parvifolia (Benth.) Parra-Os.* (Figura 3).

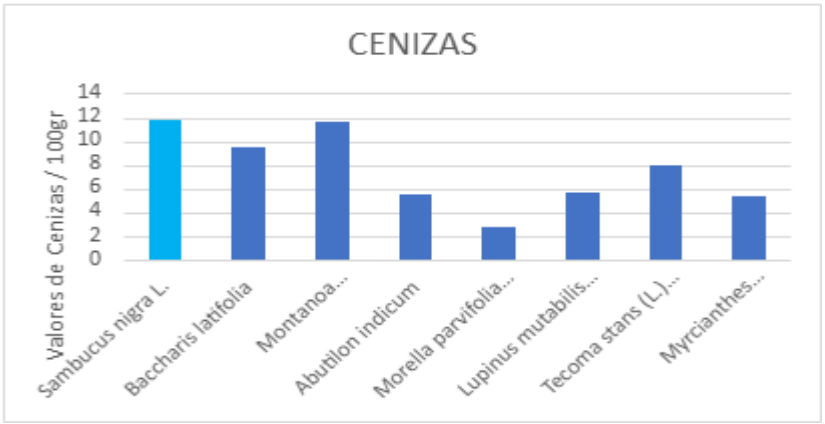


Figura 3. Porcentaje de Ceniza en muestra foliares en relación *Sambucus nigra*

En Fibra Detergente Acido se destacan *Morella parvifolia (Benth.) Parra-Os, Baccharis latifolia, Tecoma stans (L.) Juss. ex Kunth, Montanoa quadrangularis Sch.Bip, Myrcianthes rhopaloides* los cuales tiene mayor concentración del 5 al 25 % que *Sambucus nigra (*Figura 4).

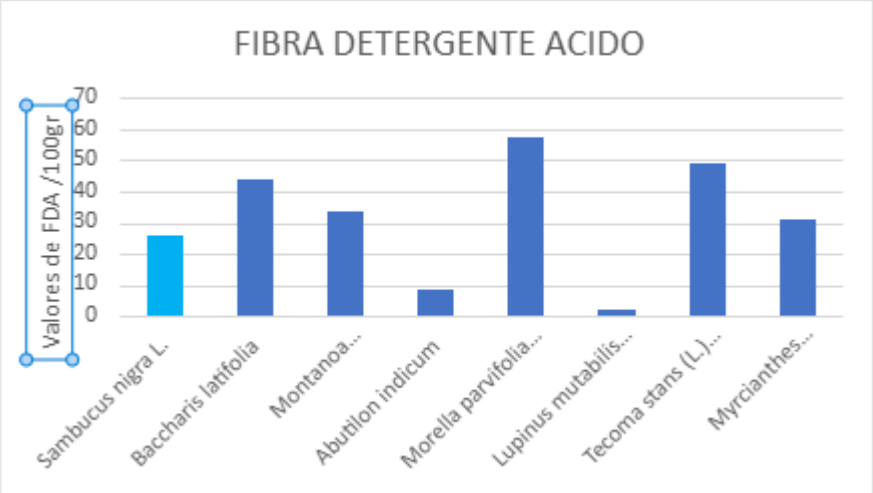


Figura 4. Porcentaje de Fibra Detergente Acido en muestra foliar de especies nativas en relación con *Sambucus nigra.*

En Fibra Detergente Neutro superan al *Sambucus nigra* las siguientes especies*: Tecoma stans (L.) Juss. ex Kunth, Morella parvifolia (Benth.) Parra-Os, Montanoa quadrangularis Sch.Bip, Myrcianthes rhopaloides* en un aumento del 2 al 20% (Figura 5).

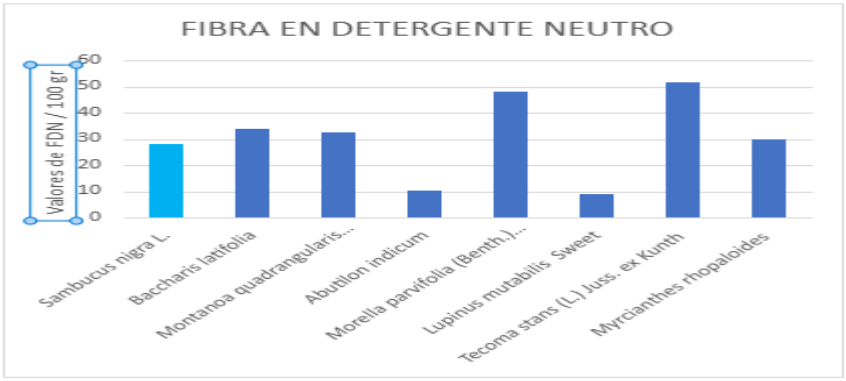


Figura 5. Porcentaje de Fibra detergente Neutro en relación *Sambucus nigra L.*

Montanoa quadrangularis Sch.Bip presentó índices iguales o superiores de proteína, cenizas, FDA y FDN en comparación con *Sambucus nigra*. *Tecoma stans* y *Baccharis latifolia* mostraron mayores valores en FDA y FDN, pero menores en proteína y cenizas frente a *Sambucus nigra*, aunque superiores al resto de las especies evaluadas.

Prueba estadística

Tabla 2. Wilcoxon prueba estadistica no paramétrica para el analisis bromatológico frente a diferencias significativas

Indice bromatologico	H	p	Diferencias Significativas
Proteína	36	0,007813	Sí (p < 0.05)
cenizas	00,02249	0,02249	Sí (p < 0.05)
FDA	19	0,4469	No (p > 0.05)
FDN	19	0,4469	No (p >0.05)

La prueba de Wilcoxon muestra W=1, indicando una diferencia significativa en la en los índices bromatológicos. Además, la mediana de FDA y FDN difiere en *Sambucus nigra* L.

Se tiene un solo dato por especie frente a cada análisis bromatológico por lo que se realiza una comparación directa frente al valor obtenido de *Sambucus nigra.*

Tabla 3. Comparación directa con el valor de *Sambucus Nigra*

Especie	Diferencia Proteína (%)	Diferencia Cenizas (%)	Diferencia FDA (%)	Diferencia FDN (%)
Abutilon indicum	-55.65%	-52.82%	-67.74%	-62.86%
Myrcianthes rhopaloides	-69.13%	-55.34%	+21.05%	+6.43%
Lupinus mutabilis	-28.26%	-52.47%	-92.22%	-67.86%
Morella parvifolia	-43.48%	-77.14%	+122.57%	+72.14%
Baccharis latifolia	-56.96%	-20.00%	+70.43%	+20.71%
Tecoma stans	-30.87%	-33.00%	+90.66%	+84.29%

Diferencias negativas indican que la especie tiene **menos valor** que *Sambucus nigra*, mientras que positivas indican que tiene **más**.

Se encuentran especies más similares a *Sambucus nigra* **como lo son** *Myrcianthes rhopaloides* y *Baccharis latifolia* en relación a variables como cenizas, FDA y FDN. También *Lupinus mutabilis* y *Morella parvifolia presentan valores más diferentes en relación a Sambucus nigra en las variables bromatológicas de proteína, cenizas, FDA y FDN.*

Pruebas de germinación

Se sembraron 80 semillas por especie y se realizó un seguimiento durante dos meses, registrando germinación, altura final y supervivencia (Figura 6). Ninguna especie superó el 50% de supervivencia. *Tecoma stans* presentó los mejores resultados, seguida por *Baccharis latifolia*, *Lupinus mutabilis* y *Fuchsia boliviana*, todas con valores superiores a *Sambucus nigra* L.

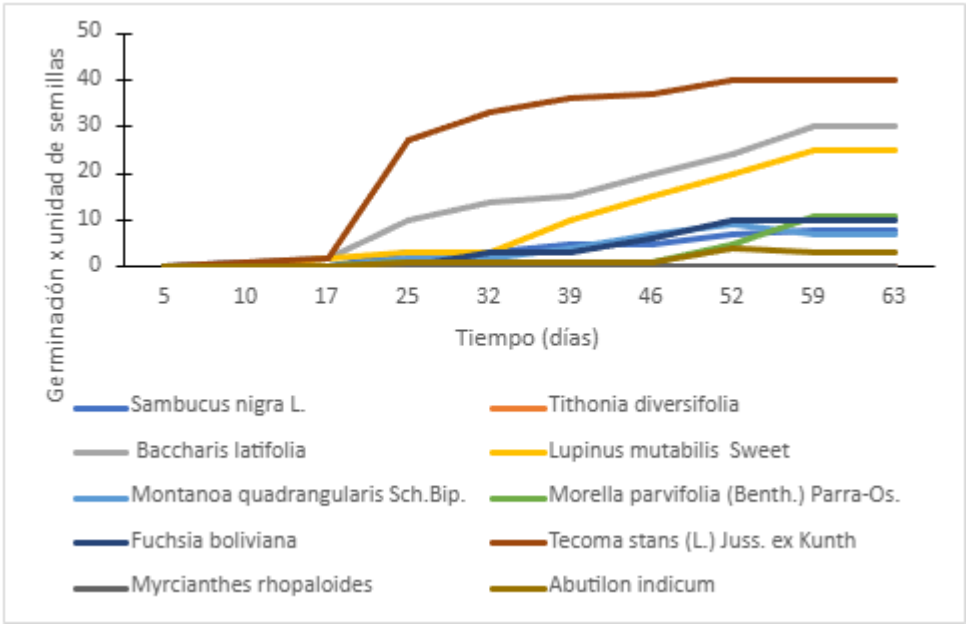


Figura 6. valoración de germinación de especies forrajeras en un periodo de tiempo de dos meses y comparación de *Sambucus nigra L.*

También se obtienen datos de la relación de altura de las especies germinadas (Figura 8) lo que resalta el *Lupinus mutabilis Sweet* y *Tecoma stans* como especies de fácil crecimiento y mayor altura, en el tiempo de seguimiento.

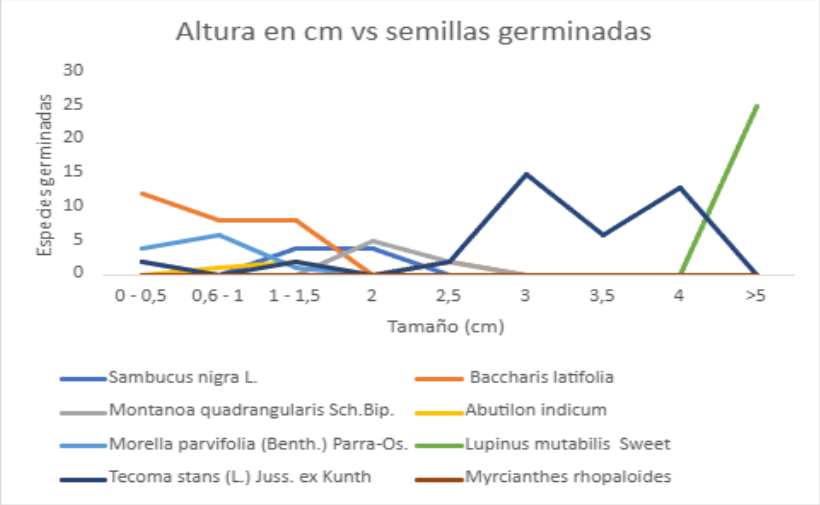


Figura 8. Número y altura de las especies forrajeras estudiadas

Discusión

Los forrajes nativos aportan diversidad al ecosistema y actúan como fuentes alternativas de proteína, minerales y fibra para bovinos (Ariza et al., 2022; Enríquez et al., 2011). En este estudio se analizaron ocho especies utilizando índices bromatológicos. *Montanoa quadrangularis* registró el mayor contenido de proteína cruda (26, %), en relación a *Sambucus nigra* L. que obtuvo (23%) y se corrobora con el (15,3 % y 23,36 %), según Millán y Moreno, (2005); Jaramillo, (2006). También especies como *Lupinus mutabilis, Tecoma stans, Morella parvifolia y Baccharis latifolia* mostraron contenidos proteicos relevantes (16,5 %, 15,9 %, 13 % y 9,9 % respectivamente), por encima del umbral mínimo del 8% necesario para el mantenimiento de la microbiota ruminal responsable de la síntesis de aminoácidos esenciales y para satisfacer los requerimientos del bovino (Van Soest, 1994; Ahmaefule et al., 2006). Un adecuado aporte de proteína mejora la digestibilidad y el consumo voluntario de alimento, mientras que niveles deficientes limitan la disponibilidad de aminoácidos y reducen la eficiencia en la digestión de carbohidratos.

En este estudio, *Morella parvifolia* y *Tecoma stans* presentaron las mayores concentraciones de FDA (57,2 y 48,9) y FDN (48,2 y 51,6), mientras que *Montanoa quadrangularis* (33,4 y 32,4), *Baccharis latifolia* (43,8 y 33,8), *Myrcianthes rhopaloides* (31,1 y 29,8) y *Sambucus nigra* (25,7 y 28) mostraron valores similares *a Sambucus nigra L*. reportados en la literatura (FDN: 35,2; FDA: 20,3). y lo corrobora Van Soest (1997), citado por Vázquez et al. (2004) . La digestibilidad no se vería afectada, ya que el contenido de FDN inferior al 60% favorece la digestibilidad del forraje sin afectar el consumo voluntario en rumiantes. A si mismo la fibra influye directamente en la digestibilidad del forraje en bovinos, ya que componentes como la hemicelulosa y la lignina, pectinas, proteínas y minerales presentes en las paredes celulares, se digieren según la estructura del tejido vegetal (MacDonald et al., 2006; Fernández, 2012; Cesarino et al., 2012; Jaimes et al., 2019). Aunque niveles muy bajos de fibra pueden reducir la eficiencia nutricional, un contenido moderado mejora la digestibilidad (Grosserichter ICA-GTZ, 1993).

La digestibilidad de esta fracción es variable y depende no solo del tipo de tejido y el contenido de lignina, sino también de la disponibilidad de nutrientes como nitrógeno y azufre, necesarios para la fermentación microbiana (Fernández, 2012). Por tanto, los forrajes deben ofrecer un equilibrio entre fibra estructural y nutrientes esenciales para garantizar una dieta eficiente.

En rumiantes, el contenido de cenizas en el forraje indica la presencia de minerales esenciales, cuya absorción intestinal depende de las necesidades del animal. En este estudio, *Morella parvifolia* presentó el valor más bajo de cenizas (2,71%), por debajo del rango reportado por Trillos (2006), entre 2,86% y 3,55%. En contraste, *Sambucus nigra* L. (11,85%) y *Montanoa quadrangularis* (11,67%) mostraron los valores más altos, superando las referencias previas. Un bajo contenido de cenizas puede limitar el consumo de forraje, afectando la nutrición del animal.

Además, para proximas investigaciones se requiere analizar la digestibilidad y palatabilidad de los forrajes para determinar su aceptación y aporte real en la dieta bovina.

Germinación

El proceso de germinación permitió evaluar la relación entre el tiempo y el crecimiento de las semillas. Las especies con mayor porcentaje de germinación fueron *Tecoma stans* (50%) y *Baccharis latifolia* (35%), seguidas de *Lupinus mutabilis* (31%), *Morella parvifolia* (14%) y *Sambucus nigra* (10%). Los bajos porcentajes de germinación pueden estar asociados cuando los factores ambientales son desfavorables para el desarrollo de la plántula, como su necesidad de sombra, humedad, temperatura y nutrientes (Martínez & Navia, 2011; Varela y Arana, 2010; Martinez *et al.*, 2006).

Según la literatura, *Tecoma stans* germina entre los 3 y 5 días (Castañeda et al., 2007), y *Lupinus mutabilis* desde los 4 días (Wolko et al., 2011); sin embargo, en este estudio ambas especies iniciaron su germinación a los 10 y 17 días, respectivamente. A partir del día 27 se observó un aumento general en la germinación, sin concordancia con los tiempos reportados.

En cuanto al crecimiento, cinco especies alcanzaron entre 0,5 cm y 1 cm, mientras que solo *Tecoma stans* y *Lupinus mutabilis* superaron los 3,5 cm, siendo las de mayor desarrollo en altura. En contraste, *Sambucus nigra*, con una germinación tardía (día 17) y baja supervivencia (10%), alcanzó solo 2 cm,no concordando con la taza de 0,25 y 0,52 por dia reportado por Cárdenas et al. (2011) y Piragautaet al. (2007). Esto resalta mejor desempeño inicial de *Tecoma stans* y *Baccharis latifolia* en crecimiento.

Como recomendación es necesario implementar la siembra de las especies seleccionadas en arreglos silvopastoriles, evaluando distintos tratamientos para identificar el más eficiente.

CONCLUSIONES

Los análisis bromatológicos demuestran que estas especies arbustivas nativas podrían ser un complemento alimenticio alternativo para los rumiantes, por el contenido de proteína es mayor al 8% que es el sugerido para el mantenimiento de las especies, y todas también presentan un bajo contenido de FDN permitiendo una digestibilidad. Siendo *Baccharis latifolia, Tecoma stans (L.) Juss. Ex kunth , Morella parvifolia (benth) parr-os, y Lupinus mutabilis sweet* las que presentan valores destacables en proteina aportando en el mantenimiento de los animales.

Sin embargo, *Montanoa quadrangularis sch.Bip*. Es la especie con valores similares en cada componente bromatológico con relación a Sambucus nigra y con similar porcentaje de supervivencia y altura.

AGRADECIMIENTOS

La investigación fue aprobada por la universidad Francisco José de Caldas de Colombia. Agradezco a la comunidad del Municipio Bojacá – Cundinamarca, la profesora Diana del Socorro Daza Ardila, a mi hijo y familia por el soporte y apoyo durante el tiempo que tomo la investigación.

BIBLIOGRAFÍA

Ahmaefule FO, Obua BE, Ibeawuchi JA, Udosen NR 2006 The nutritive value of some plants browsed by cattle in Umudike, Southeastern Nigeria. Pakistan Journal of Nutrition 5(5): 404-409. https://doi.org/10.3923/pjn.2006.404.409

Alcaldía de Bojacá. (2022). Zonificación agrológica. Recuperado de:https://bojacacundinamarca.micolombiadigital.gov.co/sites/bojacacundinamarca/content/files/000022/1088_cr09-agrologicolayout1.pdf

Arelovich H, Abney C, Vizcarra J, y Galyean M 2008 Effects of Dietary Neutral Detergent Fiber on Intakes of Dry Matter and Net Energy by Dairy and Beef Cattle: Analysis of Published Data, https://doi.org/10.15232/S1080-7446(15)30882-2

Ariza R, Pámanes C, Sánchez A, Herrera T, Rosales C, Carrete C 2022 Caracterización nutricional y producción de gas de especies vegetales con potencial alimenticio para la alimentación de rumiantes. Revista MVZ Córdoba. 27(2): 1-10 https://doi.org/10.21897/rmvz.2142

Alonso J, Torres O, Achang G, Blanco P, Sánchez B, Pinto R y Villanueva C 2020 Diversidad y riqueza de aves en diferentes alternativas pastoriles para la producción de leche en el trópico. Livestock Research for Rural Development, 32(11), 173. http://www.lrrd.org/lrrd32/11/jalon32173.html

Angulo J, Hoyos J, Mahecha L, Willem H, Cerón M 2020 Comparación productiva y de calidad en leche de vacas Holstein pastoreando en diferentes sistemas del trópico alto.

Caceres O y Gonzalez E 2002 Valor nutritivo de árboles, arbustos y otras plantas forrajeras para los rumiantes. Pastos y Forrajes, 2002, 25, pp.15-20. hal-01190060

Castañeda S, Garzón A, Cantillo M, Torres M, Silva L, 2007 Análisis de la respuesta de ocho especies nativas del bosque alto andino ante dos métodos de propagación. Colombia forestal, ISSN-e 2256-201X, ISSN 0120-0739, Vol. 10, Nº. 20, 2007, págs. 79-90

Cárdenas C, Rocha C y Mora J 2011 Productividad y preferencia de forraje de vacas lecheras pastoreando un sistema silvopastoril intensivo de la zona alto Andina de Roncesvalles, Tolima.

Carvajal T, Cuesta A 2016. Conservación y composición nutricional del follaje de sauco (Sambucus nigra). Pastos y Forrajes, Vol. 39, No. 2, abril-junio, 125-132, 2016 / Conservación del follaje de sauco.

Cesarino I, Araújo P, Domingues A y Mazzafera P 2012 An overview of lignin metabolism and its effect on biomass recalcitrance. Brazilian Journal of Botany, Volume 35(4): 303-311 Retrieved October 28, 2018, from http://www.scielo.br/pdf/rbb/v35n4/a03v35n4.pdf

CIPAV, 2010 Informe del Proyecto: Evaluación Técnica, Económica Financiera y Ambiental de Sistemas Silvopastoriles Intensivos con Leucaena, leucocephala y pastos mejorados, en el valle del río Cesar. CIPAV, Cali, Colombia.

Escobar L, Guatusmal C, Meneses D, Cardona J, Castro E 2019 Evaluación de estratos arbóreos y arbustivos en un sistema silvopastoril en el trópico altoandino colombiano. V. 30 (3):803-819

Enríquez J, Nava F, Bolaños D, Esqueda V 2011 Producción y manejo de forrajes tropicales. 1ª edición. INIFAP. Veracruz, México 443p.

Fernández M 2012. Función de la fibra en la alimentación. Mundo ganadero. Marzo/Abril. Revista MG Mundo Gana https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_MG/MG_2012_245_60_64.pdf

Flores G 2015 Servicios ecosistémicos y variables socioambientales determinantes en ecosistemas de humedales altoandinos. Sector el ocho y paramo de letras Manizales Colombia. Revista mexicana de ciencias agrícolas., 1, 173-179. https://www.redalyc.org/pdf/2631/263139243024.pdf

Gómez R y Flores. F. 2015. Agricultura y servicios ecosistémicos: el caso del espárrago en Ica. scielo, 42. Lima. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S0252-18652015000200001&script=sci_arttext

Grajales B, Botero y J Ramírez 2015 Características, manejo, usos y beneficios del saúco (Sambucus nigra L.) con énfasis en su implementación en sistemas silvopastoriles del Trópico Alto. RIAA 6(1):155-168. doi:10.22490/21456453.1271

García F 2004 El cuestionario: recomendaciones metodológicas para el diseño de cuestionarios. México: Editorial Limusa.

Hernández 2006. Cuestionarios semiestructurados, tipos de instrumentos y técnicas de aplicación. https://1library.co/article/cuestionario-semiestructurado-encuesta-tipos-instrumentos-t%C3%A9cnicas-aplicaci%C3%B3n.eqo9xemqurado-encuesta - Tipos de instrumentos y técnicas de aplicación

Hernández-Sampieri, 2014. Metodología de la investigación. Sexta edición por McGraw-Hill. Interamericana editores. S.A.

Hurtado, J. (2000). Metodología de la investigación holística. Servicios y proyecciones para América Latina. Tercera edición. 249.

ICA-GTZ 1993 Efecto de la suplementación en verano sobre la productividad de vacas de doble propósito. Recuperado de: http://hdl.handle.net/20.500.12324/32791.

Jaimes L J, Giraldo A M y Correa H J 2019 ¿De qué está hecha la fibra en detergente ácido (FDA)? Livestock Research for Rural Development. Volume 31, Article #42. Retrieved May 10, 2025, from http://www.lrrd.org/lrrd31/3/jcfca31042.html

Jaramillo C 2006 Evaluación nutricional y agronómica de Morus Alba y Sambucus Nigra y su utilización en rumiantes y monogástricos. Vol 6, 002. Revista de investigación. Universidad de la Salle. Bogotá.

Jiménez A 2008 Efectos ambientales de la intensificación ganadera. ídia xxi, 208-221

Martínez L, Navia J 2011 Evaluación del comportamiento de algunas especies arbóreas y arbustivas bajo dos distancias de siembra. Revista De Ciencias Agrícolas, Volumen XXVIII No. 2 129 – 136 p.

Martinez G, Orozco A. (2006) Effectiveness of some pre - germination treatments eight woody species of the Oaxacan Mixteca Alta with relevant features for restoration. *Botanical Sciences*,*79*, 9-20. https://doi.org/10.17129/botsci.1729

Millán H, Moreno, F 2005 Evaluación de adaptación al establecimiento en arbóreas multipropósito para sistemas ganaderos sostenibles en la Sabana de Bogotá. Tesis Lic. Bogotá, Colombia, Universidad Nacional de Colombia. 93 p..Tesis de Zootecnista. Universi- dad Nacional de Colombia. Bogotá. Colombia.

Montagnini F, Somarriba E, Murgueitio E, Fassola H y Eibl B 2015 Sistemas Agroforestales. Funciones Productivas, Socioeconómicas y Ambientales. Serie técnica, Informe técnico 402. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Editorial CIPAV, Cali, Colombia. 454.

Murgueitio, E. (2003). Impacto ambiental de la ganadería de leche en Colombia y alternativas de solución. Livestock Research for Rural Development, 15(10), 1-16.

Murgueitio E, Chará J, Barahona R, Cuartas C y Naranjo J 2014 Los sistemas silvopastoriles intensivos (SSPi), herramienta de mitigación y adaptación al cambio climático. Tropical and Subtropical Agroecosystems, 17, 501-507. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93935728001

Morales S, Vivas N J y Terán V 2016. Ganadería ecoeficiente y la adaptación al cambio climático. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, 14, 135 - 144. doi:10.18684/BSAA (14)135-144





Moreno J, Riaño F 2020. Efecto de la suplementación con *Sambucus nigra*, oreado y ensilado, sobre parámetros productivos y económicos de conejos de engorde. *rev.udcaactual.divulg.cient.* [online]. 2020, vol.23, n.1, e1468.Epub June 30, 2020. ISSN 0123-4226. https://doi.org/10.31910/rudca.v23.n1.2020.1468.

Piragauta, J., Suarez, F., Franco, M., Cárdenas, E., 2007. Evaluación del establecimiento de dos arreglos silvopastoriles en la región sabana occidente de Cundinamarca Colombia.Rev Col CiencPec. 20: 4. 653

Rincón A, Echeverry M, Piñeros A, Tapia C, Arias P, Zuluaga P. (2014). Valoración integral de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos: Aspectos conceptuales y metodológicos. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C. Colombia, 151 pp.

Ríos L 2022 Analisis fisico-quimicos de los contenidos ruminales frescos y ensilados de bovinos sacrificados en el Valle del César.

Rodríguez I, Adam G, Duran J. 2008 Ensayos de germinación y analisis de viabilidad y vigor en semillas. https://orbi.uliege.be/bitstream/2268/37372/1/

Silva A, Garay S, Gómez A 2017 Impacto de *alnus acuminata* kunth en los flujos de n_2o y calidad del pasto *Pennisetum clandestinum* Hochst. ex Chiov. Colombia forestal. Vol. 21 No. 1 • pp. 47-57

Phillipson A. 1981. Digestión en el rumiante. En: Fisiología de los animales domésticos. Dukes HH, Swenson MJ (Eds). Aguilar Editor S.A. Mexico.

Trillos G, Plata O, Mestre A y Araujo G. 2006. Analisis fisico-quimico de los contenidos ruminales frescos y ensilados de bovinos sacrificados en el Valle del Cesar. Universidad Popular del Cesar. Valledupar, Cesar. https://www.engormix.com/ganaderia/procesamiento-bovinos/analisis-fisico-quimicos-contenidos_a26583/

Vargas J, Sierra A, Mancipe E, y Avellaneda A 2018 El kikuyo, una gramínea presente en los sistemas de rumiantes en trópico alto colombiano. Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia, 13(2), 137-156. https://revistas.ces.edu.co/index.php/mvz/article/view/4558

Van Soest P 1994 Nutritional Ecology of Ruminants, 2nd edn. Cornell University Press. Ithaca, New York. 476p.

VAN SOEST PJ, Robertson JB, Lewis BA 1991 Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition. Journal of Dairy Science. 74(10): 3583–3597. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2

Varela S y Arana V, 2010 Latencia y germinación de semillas. Tratamientos pregerminativos. .*Unidad de Genética Ecológica y Mejoramiento Forestal, INTA EEA Bariloche http://listas.exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/Latenciaygerminaci%C3%B3ndesemillas.pdf*

Vázquez D, González S, Hernández E, Valadez E y Hernández D 2024 Composición química de hojas de melina (Gmelina arborea Roxb.) en tres estados de madurez. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, *11*(spe4), e4048. Epub 08 de abril de 2025. https://doi.org/10.19136/era.a11niv.4048

Wolko B, Clements J, Naganowska B, Nelson M, Yang H. 2011 Lupinus. En: Kole, C. (eds) Parientes de cultivos silvestres: recursos genómicos y de mejoramiento. Springer, Berlín, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-14387-8_9

Zebeli, Q., Tafaj, M., y otros 4 autores, Effects of Varying Dietary Forage Particle Size in two Concentrate Levels on Chewing Activity, Ruminal Mat Characteristics, and Passage in Dairy Cows, https://doi.org/10.3168/jds.2006-354, J. Dairy Sci., 90(4), 1929-1942 (2007)

Zuluaga A, Etter A 2017 Áreas aptas para la actividad ganadera en Colombia. Biodiversidad 2017. Instituto Humboldt. http://reporte.humboldt.org.co/biodiversidad/2017/cap4/403/#seccion6

SE-12. Comportamiento fenológico y patrón de floración de *Jatropha curcas* L.
Phenological behaviour and flowering patern of *Jatroha curcas* L.

Hilda B. Wencomo-Cárdenas[*]*, Julia C. Cáceres-Amores*

Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey. Universidad de Matanzas. Ministerio de Educación Superior. Central España Republicana, CP 44280, Matanzas, Cuba.

*Correspondencia a: hildabeatrizwencomo1@gmail.com, julia.caceres@ihatuey.cu

RESUMEN

El piñón manso (*Jatropha curcas* L.), es una planta arbórea de pequeño porte, de la familia de las *Euphorbiaceae*, originaria de México y Centroamérica, que presenta potencial como una fuente de aceite no comestible y para la producción de biodiesel, así como para ser insertada en un sistema silvopastoril multiestrato. La fenología tiene como finalidad estudiar y describir de manera integral los diferentes eventos fenológicos que se dan en las especies vegetales dentro de ecosistemas naturales o agrícolas en su interacción con el medio ambiente. El presente trabajo fue desarrollado en la EEPF Indio Hatuey, en la provincia de Matanzas. Se evaluaron 20 plantas de piñón-manso (*Jatropha curcas* L.) para el seguimiento mensual de la fenología en el período de enero a diciembre de 2017. La intensidad de los eventos fenológicos fue estimada para cada planta, siguiendo los métodos de Fournier; al igual que el índice de actividad; también la emisión de las inflorescencias, la cantidad de botones florales/inflorescencia, el número de flores masculinas y femeninas/inflorescencia, el patrón de floración y de fructificación. Se pudo comprobar que la caída foliar ocurrió a lo largo del año, con picos en el período seco y lluvioso. El número de flores masculinas fue siempre mayor que el número de flores femeninas y esa diferencia fue decreciendo con el orden de las inflorescencias. La emisión de las inflorescencias se dio de forma secuenciada. Las plantas presentaron eficiencia de fructificación en el orden del 89 %; sin embargo, los patrones de floración y fructificación presentaron divergencia entre las plantas analizadas.

Palabras clave: *fenología, floración, fructificación, inflorescencia*

ABSTRACT

Jatropha curcas L., is a small tree plant, of the *Euphorbiaceae* family, originally from Mexico and Central America, which presents potential as a source of non-edible oil and for the production of biodiesel; such to insert the multiestrat in silvopastoral systems. The phenology is intended to study and described the integral way the different phenological events that occur in plants species within natural ecosystems or agricultural interaction with the environment. The present work was developed in the EEPF "Indio Hatuey", in the province of Matanzas. 20 plants for the monthly monitoring of phenological events were ebal in the period from January and December 2017. The intensity of the phenological events was estimated for each plant following Fournier's methods, as well as the activity index, also the issuance of the inflorescences, the amount of floral buttons/inflorescence, the number of male and female flowers/female flowering and fruiting. It could be checked that the foliar fall occurred throughout the year, with peaks in the dry and rainy period. The number of male and female flowers was always greater than the number of female flowers and this difference was decreasing with the order of inflorescences. The broadcast of the latter was given sequenced. The plants presented fruiting efficiency in the order of 89 %; however, flowering and fruiting patterns presence divergence between the plants evaluated.

Key words: *phenology, flowering, fruiting, inflorescence*

INTRODUCCIÓN

En los últimos años ha habido un aumento en la búsqueda plantas que puedan ser usadas en los sistemas silvopastoriles (SSP), especialmente en aquellos en los que se combinen diferentes especies de plantas (llamados multiestratos) en la misma unidad de superficie con diferentes fines; al igual que de fuentes de energía, debido a los irreversibles y negativos cambios que ocurren en el medio ambiente. En ese sentido, se vienen desarrollando alternativas energéticas, como el biodiesel, a partir de plantas oleaginosas que presentan un gran potencial productivo y altos niveles de aceite como combustible como el piñón manso (*Jatropha curcas* L.), a pesar de ser esta una planta que aún no está domesticada y que de ella no se conocen muchos aspectos (Vázquez-Mayorga *et al.*, 2016). Según refieren estos autores es de pequeño porte, de la familia de las *Euphorbiaceae*, originaria de México y Centroamérica, que puede intercalarse en sistemas silvopastoriles, como parte de un multiestrato, en el que pueden combinarse plantas para la alimentación animal y para otros usos en la misma extensión de tierra.

El piñón manso es de fácil propagación, la cual puede presentar una relevante importancia social y económica para Cuba, tanto como fuente de biocombustible como intercalada con árboles leguminosos en SSP. Sin embargo, es una planta de la que se necesita tener más conocimientos sobre los aspectos agronómicos y de sus características fenológicas (Dantas-Fernándes *et al.*, 2013). Según Fournier (1976) las características fenológicas de una especie son de gran importancia

para el entendimiento de la dinámica del ecosistema y de las condiciones climáticas de un ambiente. A pesar de que la fenología de las plantas es un tema relativamente poco estudiado en las regiones tropicales, existe una gran necesidad de que haya estudios más profundos sobre la misma en diferentes especies de plantas y su relación con los factores climáticos, sobre todo si se considera que la época de ocurrencia de las fenofases depende del conocimiento de las especies y de la acción conjunta de los elementos del clima (Pinto *et al.*, 2009; Amador *et al.*, 2010; Dantas-Fernándes *et al.*, 2013)

La fenología tiene como finalidad estudiar y describir de manera integral los diferentes eventos fenológicos que se dan en las especies vegetales dentro de ecosistemas naturales o agrícolas en su interacción con el medio ambiente. En este sentido, la realización de las observaciones fenológicas, son la base para la implementación de todo sistema agrícola, lo que permite una mayor eficiencia en la planificación y programación de las diferentes actividades agrícolas conducentes a incrementar la productividad y la producción de los cultivos.

Al respecto, estudios de Fournier (1974) plantean que las fenofases pueden tener carácter cualitativo (época del año en que ocurren) o cuantitativo (medidas en términos de intensidad de la actividad). El conocimiento fenológico se basa en las observaciones de los estadios desarrollados por las plantas los cuales son extremadamente visibles, tales como: la caída o pérdida de las hojas, la brotación, la floración y la fructificación. Estos estudios son de suma importancia para la comprensión del comportamiento de las especies en el proceso inicial de su estudio; al igual que para saber si pueden compartir el espacio con otras especies de plantas. Por ello, el objetivo del presente trabajo fue caracterizar el comportamiento fenológico vegetativo y reproductivo de *Jatropha curcas* L.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en áreas de la Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey" sobre un suelo Ferralítico Rojo lixiviado, húmico nodular ferruginoso hidratado, de rápida desecación, arcilloso y profundo sobre calizas (Hernández *et al.*, 2003); este tipo de suelo, es equivalente al grupo de los Ferrosoles, en el sistema de clasificación de la FAO-UNESCO (Alonso, 2003), en una plantación con diferentes accesiones de *Leucaena* que se utiliza para la alimentación animal.

Diseño experimental. El estudio se estableció bajo un diseño experimental de bloques completamente al azar, considerando cada planta a muestrear como una réplica; las plantas se sembraron a una distancia de 3 m entre surcos x 2 m entre plantas. La única práctica de manejo fue el control de plantas arvenses (malezas) de forma periódica. Se seleccionaron 20 individuos adultos y saludables. Para cada uno de ellos se estimó de forma porcentual las flores estaminadas, las pistiladas, los frutos, los que están en formación y la caída de las flores, de acuerdo con la escala semicuantitativa de Fournier (1974), con una frecuencia semanal. Se usaron códigos (tabla 1), para identificar las principales fenofases (brotación, floración y fructificación).

Tabla 1. Simbología de fenofases

Fenofase	Código	Identificación de la fenofase
brotación	1	sin hojas o casi sin hojas
	2	en brotación
	3	hojas adultas
floración	1	presencia de botones florales
	2	plena floración
	3	fin de floración
fructificación	1	inicio de floración
	2	frutos verdes
	3	frutos maduros

El criterio de evaluación se basó en el método semi-cuantitativo de medición propuesto por Fournier (1974), el cual sigue una escala que va de 0 a 4 y un intervalo del 25 % entre cada categoría, lo cual permitió estimar el porcentaje de intensidad de la fenofase en cada individuo. En este método cada una de las fenofases se desarrolla de forma individual, y los valores de la escala se interpretan de la manera siguiente: 0-ausencia del fenómeno observado; 1-presencia del fenómeno con una amplitud entre 1 y 25 %; 2-presencia del fenómeno con una amplitud entre 26 y 50 %; 3-presencia del fenómeno con una amplitud entre 51 y 75 % y 4-presencia del fenómeno con una amplitud entre 76 y 100 %.

De igual forma, se utilizó el índice de actividad propuesto por Bencke y Morellato (2002); a través del cual, es posible verificar la presencia o ausencia de la fenofase en el individuo, sin detallar la intensidad. Este método tiene un carácter cuantitativo a nivel de población, indicando el porcentaje de individuos en la población que está manifestando un determinado evento fenológico. Los resultados obtenidos fueron expuestos en dendrofenogramas, y los mismos se asociaron con los valores de temperatura y precipitación que se presentaron durante el período de evaluación.

Análisis estadístico. Los datos fueron procesados a través de la estadística descriptiva o univariada y de análisis de análisis de correlación (*Spearman*), con un nivel de significación de 0,05 para los datos de cada fenofase con relación a la precipitación, la temperatura, después de verificarse que los datos cumplían con el ajuste de distribución normal y de homogeneidad de varianza. Para ello, se usó el programa estadístico SPSS® versión 22,0 para Microsoft® Windows®.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como bien ha sido planteado por diferentes autores (Dos Santos *et al.*, 2010; Hernández, 2012), además de ser comprobado en este estudio, las plantas de *Jatropha curcas* L. evaluadas son monoicas porque tienen flores masculinas (estaminadas) y femeninas (pistiladas) en una misma inflorescencia del tipo umbela compuesta a manera de panícula (figura 1), que se forma terminalmente en la planta entre el axial de las hojas y las ramas, con un eje principal que puede ramificarse una o más veces, con la ocurrencia normal de una flor central femenina rodeada de flores masculinas.

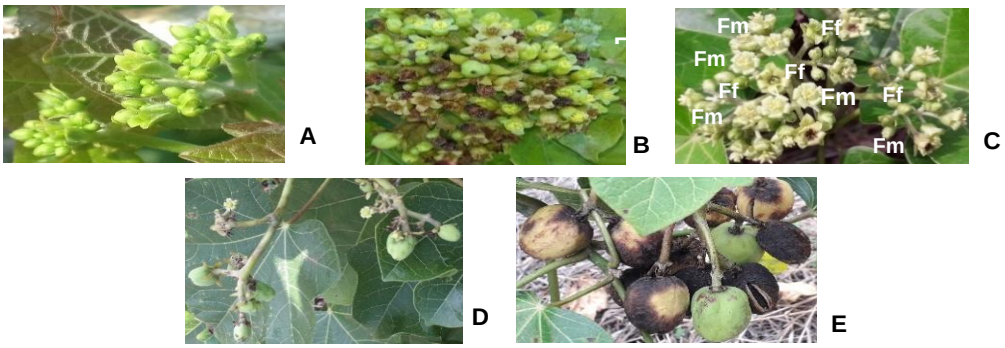


Figura 1. Inflorescencia de *Jatropha curcas* L. A. inflorescencia terminal; B. inflorescencia con flores masculinas y femeninas; C. proporción flores femeninas/masculinas; D. formación de frutos; E. frutos verdes, maduros y secos. Ff. Flor femenina; Fm. Flor masculina.

La etapa de flor de esta planta es uno de los estadios fenológicos principales para la producción de aceite, ya que el número de flores femeninas y su fecundación pueden ser de gran ayuda en la estimación de la cantidad de frutos y semillas que serán producidas. Por su parte, la cantidad de inflorescencias que la planta pueda emitir durante cada ciclo va a depender de las condiciones edafoclimáticas, al igual que de las características inherentes de la propia planta (Guerrero-Olaya y Núñez-Avellaneda, 2017). En ese sentido, existen reportes acerca de que los estudios sobre la floración y la fructificación del piñón manso son indispensables para la comprensión del proceso de formación y de maduración de las semillas, lo cual es de gran ayuda para la realización de la cosecha, fase muy significativa debido a la maduración irregular de los frutos (Dantas-Fernandes *et al.*, 2013).

Al respecto, Pessoa (2011), plantea que esta puede que sea una característica de esta familia, pues esto también fue observado en la especie *Croton urucurana* Baillon, conocido como sangre de drago. Asimismo, en la figura se muestra el desarrollo de los racimos florales, desde la presencia de botones florales hasta frutos maduros en las accesiones evaluadas. Por su parte, en la figura 2, se muestra el tiempo transcurrido entre la apertura de las flores (antesis) y los primeros frutos maduros (fue de 47 días).

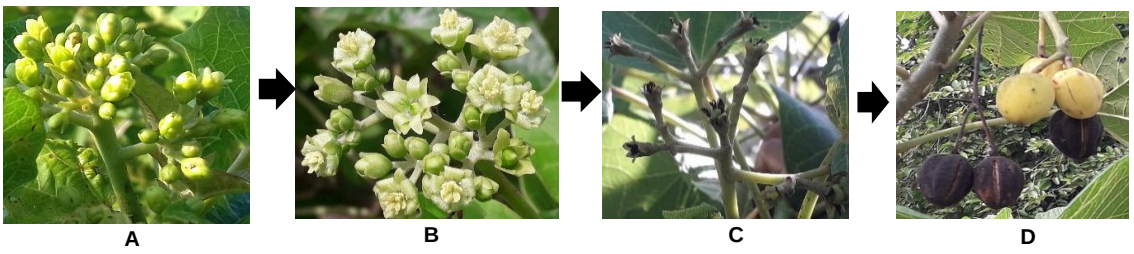


Figura 2. Evolución de los racimos florales de *Jatropha curcas* L. A. antesis; B. floración; C. fructificación; D. frutos maduros y secos.

Por otra parte, se pudo constatar que, las inflorescencias tuvieron una duración promedio de 20 días; además, de que las flores femeninas se abrieron antes que las flores masculinas, y, después de marchitarse, los otros capullos se abren de forma sucesiva, alternando las flores masculinas con las femeninas. Esto también fue observado por Pessoa (2011), pero no por otros autores como Chang-Wei *et al*. (2007) y Diédhiou *et al*. (2012); quiénes informaron que las flores masculinas se abrieron antes que las femeninas. Este patrón no uniforme de antesis de las flores de ambos sexos, favorece la fecundación cruzada y puede estar relacionado con las condiciones ambientales (Nuanjunkong *et al*., 2018). En una misma inflorescencia, se pueden encontrar hasta ocho flores o más masculinas abiertas diariamente; abriendo como máximo una flor femenina por día. Resultados similares fueron encontrados por Gonçalves-Brasileiro *et al*. (2012) en plantas de *Jatropha curcas* L.

Igualmente, se observó la presencia de agentes polinizadores (figura 3B, C, D E) tales como abejas, avispas negras y coloradas, hormigas, coleópteros, mariposas, entre otros.

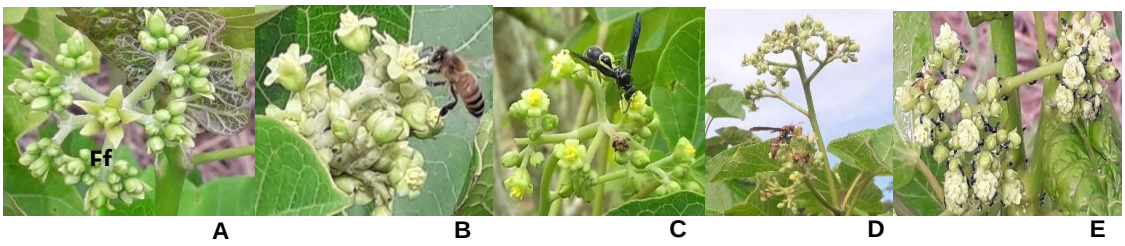
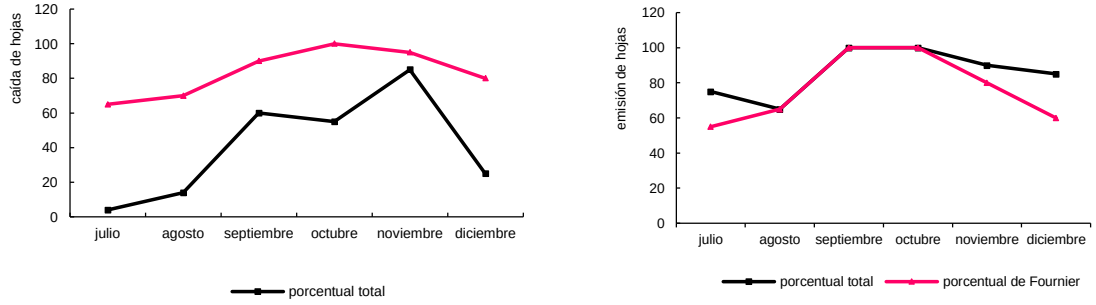


Figura 3. Evolución de las inflorescencias de *Jatropha curcas* L. A. antesis de flores femeninas; B. polinización de abejas (*Apis mellífera* L.); B. y C. avispas Avispa negra (*Véspula vulgaris*); E. hormigas; Ff. Flor femenina.

En este sentido, Gonçalves-Brasileiro *et al*. (2012) refirieron acerca de la presencia de los mencionados insectos, entre otros, como los principales polinizadores, en el que la importancia de cada uno de ellos, va a estar directamente relacionado con la localidad. Por su parte, Ibrahim (2018) plantea que las abejas son los polinizadores más eficientes de *Jatropha curcas* L. Asimismo, indica que la disponibilidad de recursos florales (néctar y polen) para los visitantes de las plantas polinizadas por insectos puede regular las visitas de flores, mantener la población visitante y dar como resultado la polinización y, en consecuencia, la formación de frutos y semillas, como recompensa. Los visitantes de flores dependen del néctar (intra o extrafloral) y del polen para su nutrición. Por ello, las diferencias morfológicas de las flores pistiladas y estaminadas ayudan en su reconocimiento y en la emasculación necesaria para el procedimiento de cruce en los programas de mejora. Aunque no fue objeto de estudio, también pudo observarse que las accesiones de *Leucaena*, se vieron muy favorecidas con la presencia de los mencionados insectos polinizadores (especialmente las abejas) lo cual puede que haya influido en el aumento de la producción de semillas que se logró con el intercalamiento de esta especie de planta en la misma unidad de área.

Patrones fenológicos vegetales

Jatropha curcas mostró la intensidad de la caída de las hojas (figura 4A), según lo evaluado por el índice de Fournier, en el período de julio-agosto y en noviembre; y el mayor porcentaje de individuos con caída de las hojas ocurrió de noviembre a diciembre. Para el caso de la emisión de las hojas (figura 4B), esta ocurrió de forma discontinua. Las hojas fueron emitidas todos los meses evaluados, excepto en el período julio-agosto y finales de noviembre-diciembre



A B

Figura 4. Representación fenológica según los métodos porcentaje de Fournier, porcentaje total de caída de hojas (A) y porcentaje total de emisión de hojas (B) en *Jatropha curcas* L.

La caída de las hojas puede ser un factor inductor para la brotación en algunas especies, ya que reduciría la pérdida de agua por parte de la planta, lo que conduciría a la rehidratación de las ramas sin hojas y a la producción de hojas, incluso en períodos secos. En este sentido, Taiz y Zeiger (2013) refieren que la pérdida de las hojas minimiza el estrés ambiental,

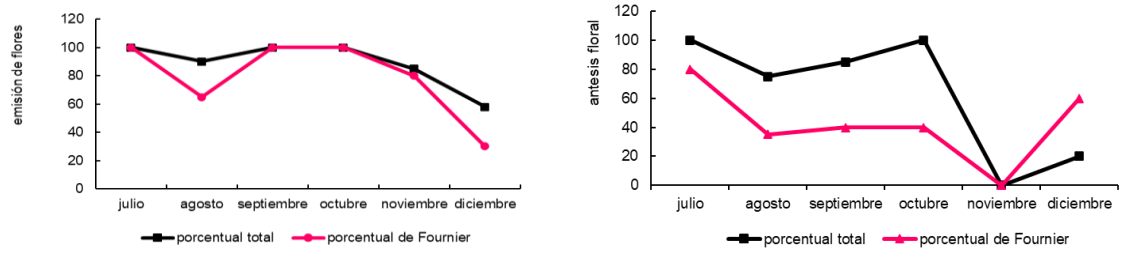
como períodos prolongados de sequía o de frío. Además, cuando la estacionalidad es baja, tanto en temperatura como en humedad relativa, la producción y la pérdida de hojas pueden ocurrir en cualquier época del año.

La intensidad de la foliación (intensidad de Fournier) alcanzó su punto máximo de septiembre a octubre. El porcentaje total presentó el mayor número de individuos en esta fase en los meses de septiembre y octubre, con más del 80 % de los individuos en emisión. Y vuelve a disminuir a partir de finales del mes de noviembre. Resultados que coinciden con los obtenidos por Nietsche *et al*. (2015).

Estos resultados difieren de los obtenidos por Das Neves *et al*. (2010) en plantas de *Jatropha mollissima* (Pohl) Baill., *Jatropha mutabilis* (Pohl) Baill. y *Jatropha ribifolia* (Pohl) Baill., las cuales se mantuvieron sin emitir hojas al menos durante un mes. Los individuos presentaron pérdida de hojas total en julio, mes con temperatura más baja y días más cortos. Por su parte, Nietsche *et al*. (2014) informan que *Jatropha curcas* es una planta de baja demanda de agua que tolera bien la sequía, el calor o el frío, y en condiciones de sequía extrema, la planta pierde hojas para conservar la humedad en sus tejidos, lo que resulta en que se detiene el crecimiento y puede sobrevivir a expensas del agua y las reservas orgánicas almacenadas en su tallo. Al respecto, Diédhiou *et al*. (2017) señalan que la latencia de jatropha es inducida por el cambio climático, especialmente a la relación temperatura/luz, pero no todas las plantas responden a este estímulo, y pueden tener ramas sin hojas y otros cultivos de hojas verdes.

Patrones fenológicos de floración

Las flores de las plantas de jatropha se emitieron prácticamente durante todo el tiempo de evaluación, con una intensidad que aumentó gradualmente, alcanzando picos cuando los porcentajes alcanzaron entre 80 y 100 % de septiembre a noviembre (figura 5A). Mientras que la intensidad de la antesis floral (figura 5B), según el índice de Founier, mostró picos en julio y octubre. El porcentaje de individuos en antesis alcanzó su punto máximo en julio y octubre. Resultados similares fueron encontrados por Nietsche *et al*. (2015).



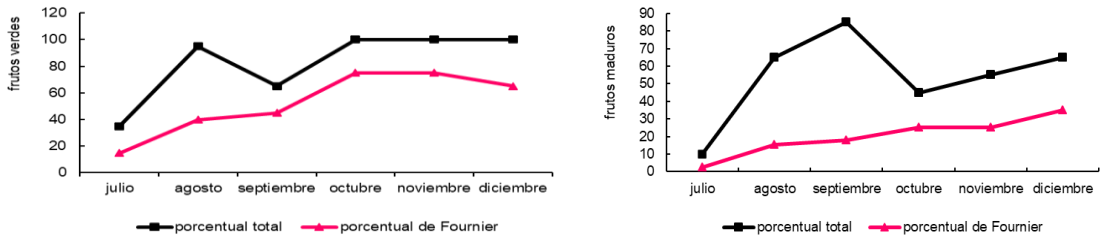
A B

Figura 5. Representación fenológica según el porcentaje de Fournier, el porcentaje total de emisión de flores y el porcentaje total para la antesis floral en *Jatropha curcas* L.

Estos resultados difieren de los obtenidos por Diédhiou *et al*. (2017) en un estudio sobre floración y cambios en la estación de fructificación de seis accesiones de *Jatropha curcas* L, en el que la floración de las plantas es cíclica, y florecen durante todo el año y de los de Anandalakshmi *et al*. (2015) en el que la emisión de flores se observó prácticamente todo el año. La mayor intensidad de emisión de flores se observó en julio y octubre. Según el porcentaje total, la mayor cantidad de individuos con brotes de flores ocurrió en julio, septiembre y octubre, con aproximadamente el 100 % de las plantas presentando esta fenofase.

Patrones fenológicos de fructificación

Jatropha curcas presentó la fase de frutos verdes (etapa de crecimiento máximo en el tamaño del fruto, pero aun fisiológicamente inmadura, caracterizada por la coloración verde) en los meses de julio, agosto, y octubre-noviembre (figura 6A). El porcentaje de Fournier mostró picos en octubre y noviembre y menor intensidad en julio. Los porcentajes más altos de individuos con frutos maduros ocurrieron en agosto, finales de noviembre y diciembre, con aproximadamente el 100 % de los individuos presentando esta fenofase (figura 6B).



A B

Figura 6. Representación fenológica según los métodos porcentaje de Fournier, el porcentaje total de frutos verdes y el porcentaje total de frutos maduros en *Jatropha curcas* L.

Este período coincidió con los meses de más baja precipitación, pero más continua; así como de temperaturas relativamente bajas. Resultados similares fueron reportados por Nietzsche *et al.* (2014) en estudios realizados en el sur de Florida, en el cual el promedio del conjunto de frutas fue el más alto en esa temporada (75,5 %), lo que puede que indique un efecto positivo del clima en esta característica y por Anandalakshmi *et al* (2015) en una plantación de *Jatropha* de tres años, en Tamil Nadu, India.

Estos resultados difieren de los obtenidos por Hernández (2012), en los que esta fenosfase se presentó de forma continua desde el mes de julio hasta el de septiembre, después de tener una fuerte estación seca; asimismo esta autora refiere que la falta de precipitación en meses anteriores permitió la estimulación de la floración.

En la figura 7, se muestra el comportamiento de de las temperaturas, la precipitación y las fenofases de floración y fructificación durante el período de evaluación de las plantas de *Jatropha curcas* L. Como se puede observar hubo una variación de temperatura con una media máxima que osciló entre los 37,9 y los 39,7°C, que corresponde a los meses de febrero, abril, mayo y junio y una temperatura mínima de 10,8°C en el mes de enero.

Estos resultados difieren de los obtenidos por Hernández (2012), en lo referente a la aparición de la mayor cantidad de flores; pero coinciden en que la fenofase de floración inicia después de un período de inactividad de la planta, lo cual permite la observación de mayor presencia de inflorescencias y de flores; en el caso de este estudio, ocurrió en los meses de octubre e inicios de noviembre. Pero no difieren mucho de los reportados para otras zonas subtropicales y tropicales, tanto de América como de África, en los cuales se han encontrado relaciones entre los patrones fenológicos y diferentes factores climáticos, dependiendo de la alternancia y de la distribución de los períodos de lluvia y de sequía y, especialmente, de la existencia, en algunas zonas tropicales, de una estación seca marcada la cual puede inducir la caída de las hojas con la subsecuente floración, o presentarse ésta al inicio de las lluvias (Diédhiou *et al.*, 2017; Eras y Pintado, 2018).

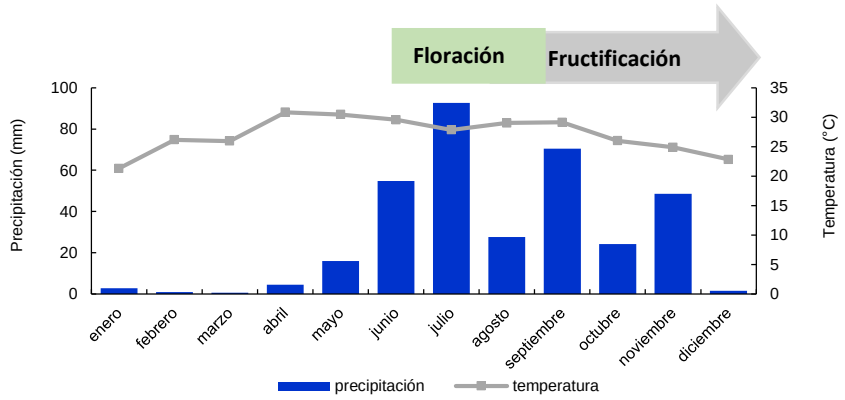


Figura 7. Comportamiento de las temperaturas (°C), la precipitación (mm) y las fenofases de floración y fructificación durante el período de evaluación.

En su conjunto, las especies estudiadas no mostraron patrones fenológicos gregarios, ya que la mayoría de ellas florecieron y fructificaron en diferentes momentos. Ello, es de gran importancia para la reproducción y diversidad de las plantas, de los polinizadores y dispersores que dependen de ellas; además, porque se reduce la competencia por polinizadores, asegurándoles una fuente continua de néctar y polen. Por su parte, Cabrera *et al.* (2018) plantea que es de gran significación tener estimadores que expliquen el comportamiento o la dinámica de las especies; especialmente, cuando este comportamiento es influenciado por variables climáticas como la temperatura y las precipitaciones; y que bajo ese escenario la fenología permite conocer la dinámica de los procesos biológicos de las plantas, respecto a su entorno biótico y abiótico.

Los resultados en cuanto a la evolución de los racimos florales desde la antesis hasta el fruto maduro se presentan en la tabla 2. Es notorio que el porcentaje de flores femeninas que alcanzan la etapa de fruto maduro es bajo (41.4 %); al igual que el porcentaje de racimos florales que alcanzan a producir frutos maduros (44).

Tabla 2. Evolución de racimos florales

Indicador	Promedio	Máximo	Mínimo	De	Cv (%)
número flores femeninas	9,4	22	3	6,7	66,9
número de frutos maduros	3,5	9	1	2,9	79,0
% éxito de flor a fruto maduro	40,5	86,5	12,2	26,9	67,3
% éxito racimos florales a fruto maduro	47	-	-	-	-

DE: desviación estándar; CV: coeficiente de variación

Los resultados coindicen con estudios previos que han reportado una elevada variabilidad entre los individuos y procedencias evaluadas, tanto en su comportamiento fenológico, como en sus características morfológicas y productivas, debido a su capacidad de interacción y adaptabilidad a las condiciones edafoclimáticas (Góngora-Canul *et al.*, 2018). Por ello, es muy importante seguir evaluando procedencias promisorias para describir adecuadamente sus características, con la finalidad de estimar la productividad, así como evaluar la respuesta a acciones de manejo agronómico que permitan incrementar su producción.

De manera general y considerando que la especie en estudio aun se encuentra en estado de domesticación, los resultados esperados en cuanto al comportamiento de las fases fenológicas se consideran de aceptables. No se observó antagonismo entre las plantas de *Leucaena* y las de *Jatropha*, todo lo contrario, las primeras se vieron muy favorecidas con la presencia de diferentes agentes polinizadores atraídos por la segunda. Al respecto, Eras y Pintado (2018), mencionan que la fenología constituye una ayuda que puede aportar al conocimiento sobre las épocas de floración, de fructificación, la cantidad de follaje, la emisión de hojas y de frutos, y su relación con factores climáticos o estímulos ambientales. Mientras que Ma *et al*. (2016) indicaron que puede contribuir a la solución de muchos problemas forestales ya que constituye una metodología que contribuye a comprender la biología de la reproducción de las especies y a la dinámica de las comunidades cuando se combinan diferentes especies de plantas.

CONCLUSIONES

Se observó variación en el comportamiento fenológico de *Jatropha*, especialmente en cuanto a la caída de las hojas. La mayor floración y producción de frutos coincidió con el período de menores valores de temperaturas y de precipitación. Las plantas evaluadas no mostraron patrones fenológicos gregarios, ya que la mayoría de ellas florecieron y fructificaron en diferentes momentos. El número de flores masculinas fue siempre mayor que el número de flores femeninas. No se observó antagonismo entre las plantas de *Leucaena* y las de *Jatropha,* por lo que esta última puede ser una opción para ser insertada en futuros SSP multiestratos.

BIBLIOGRAFÍA

Alonso, J. 2003. Factores que intervienen en la producción de biomasa de un sistema silvopastoril leucaena (*Leucaena leucocephala* cv. Perú) y guinea (*Panicum maximum* cv. Likoni). Tesis presentada en opción al grado de Doctor en Ciencias Agrícolas. La Habana, Cuba. 109 p.

Amador *et al*. 2010. Descrição do padrão de floração do pinhão-manso. IV Congresso Brasileiro de Mamona e I Simpôsio Internacional de Oleaginosas Energéticas. João Pessoa, PB

Anandalakshmi, R.; Sivakumar, V.; Warrier, R.R.; Narmatha, Bai, V. 2015. Dynamics of flowering and fruiting in *Jatropha curcas* L. and its implications. Electronic Journal of Plant Breeding 6(3): 813-825.

Bencke, S.C. y Morellato, L.P C. 2002. Comparação De dois métodos de avaliação da fenologia de plantas, Sua interpretação e representação. Revista brasileira de Botânica 25:269-275.

Cabrera, A.; Medina, R.; Aguirre, Zhofre. 2018. Índice de actividad fenológica de diez especies frutales amazónicas en la Estación Experimental El Padmi, Zamora Chinchipe, Ecuador. Bosques Latitud Cero, 8(1): 17-31.

Chang-wei, L. Kun, L. You, C. and Yong-yu, S. 2007: Floral display and breeding system of *Jatropha curcas* L. Forestry Studies in China 9 (2): 114-119.

Dantas-Fernándes, Josely *et al*. 2013. Fenologia e produção do pinhão-manso cultivado com diferentes fontes de adubação. Revista Ciência Agronômica, v 44, n. 2, p 339-346



Das Neves E.L., Silveira, Funch Ligia; Felipe Viana, Blandina. 2010. Comportamento fenológico de três espécies de *Jatropha* (Euphorbiaceae) da Caatinga, semi-árido do Brasil. Revista Brasil. Bot., V.33, n.1, p.155-166, jan.-mar.

Diédhiou, I.;Diédhiou, P.M.; Ndir, K.N.; Bayala, R.; Ouattara, B.; Mbaye, B.; Kâne, M.; Dia, D.; Wade, I. 2012. Diversity, farming systems, growth and productivity of *Jatropha curcas* L. Sudano-Sahelian Zone in Senegal, West Africa. In Carels, N; Sujatha, M; Bahadur B (eds) Jatropha, Challenges for a New Energy Crop. Springer Science + Business Media, New York, USA pp. 281-295.

Diédhiou, Ibrahima; Bayala, R.; Diere Sagna, M.; Diedhiou, P.M. 2017. Flowering and fruiting seasonal changes of six accessions of *Jatropha curcas* L. In a semi-arid region of Senegal. Int. J. Adv. Res. 5(7), 2138-2148

Dos Santos, Claudiana; Laurício E., Wanderley Filho H.C.L.; Rolim, E.V.; Ferreira, Vilma. 2010. Fenologia e crescimento do pinhão-manso cultivado na zona da mata do estado de Alagoas, Brasil. Scientia Agraria, Curitiba, v.11, n.3, p.201-209.

Eras Chacho R.M.; Pintado Muy, C.R. 2018. Influencia de las variables ambientales sobre la fenología de 10 especies forestales nativas, de la Granja Experimental de Nero, cantón Cuenca. Tesis previa a la obtención del Título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Cuenca Facultad de Ciencias Agropecuarias Carrera de Ingeniería Agronómica. 102 p

Fournier, L.A. 1976. El dendrofenograma, una representación gráfica del comportamiento fenológico de los árboles. Turrialba, v. 26, n. 1, p. 96-97.

Fournier, L.A. 1974. Un método cuantitativo para la medición de características fenológicas en árboles. Turrialba, v. 24, n. 4, p. 422-423.

Guerrero-Olaya N. y Núñez-Avellaneda L.A. 2017. Ecología de la polinización de *Syagrus smithii* (Arecaceae), una palma cantarofila de la Amazonia Colombiana. Revista peruana de biología 24(1): 043 - 054. doi: http://dx.doi.org/10.15381/rpb.v24i1.13102

Gonçalves-Brasileiro, Beatriz; dos Santos Dias, Denise Cunha Fernandes; Bhering Maria Carmen; Dos Santos Dias, Luiz Antônio. 2.012. Floral biology and characterization of seed germination in physic nut (*Jatropha curcas* L.). Revista Brasileira de Sementes, vol. 34, nº 4 p. 556 – 562.

Góngora-Canul, C.C.; Martínez-Sebastián, G.; Uc Várguez, A.; López-Puc, Guadalupe. 2018. El cultivo de *Jatropha curcas* L. en el Sureste de México. Paquete Tecnológico. D.R. ©Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco (CIATEJ).

Hernández, *et al*. 2003. Nuevos aportes a la clasificación genética de suelos en el ámbito nacional e internacional. Instituto de Suelos. Ministerio de la Agricultura. Agrinfor. La Habana, Cuba. 145 p.

Hernández, Yudith. Biología floral de *Jatropha curcas* L. 2012. Tesis para optar por el Título de Licenciada en Biología. Instituto Tecnológico de Huejutla. Dirección General de Educación Superior Tecnológica. Secretaría de Educación Pública. 57 p.

Ibrahim, H. 2018. Analysis of fruiting performace of jatropha plants with and without apiary pen's proximity: A double difference approach. 30 th International Conference of Agricultural Economists. 2018. Vancouver. 15 p.

Ma, S.; Zhou, L.; Pu, G.; Lei, B.; Hou, L.; Dai, X; Yu, T. 2016. Efeccts of altitude and wáter on flowering and fruiting of *Jatropha curcas* L. accessions for elite hybrid seed production. Sains Malaysiana. 2016. 44(11):1567-15.72

Nietsche, Silvia; Vendrame, W.A.; Crane, J.H.; Pereira, M.C.T. 2014. Assessment of reproductive characteristics of *Jatropha curcas* L. in south Florida. GCB. 2014.Bioenergy 6: 351-359.

Nietsche, Silvia; Vendrame, W.A.; Crane, J.H.; Pereira, M.C.T.; Costa, Anne; Sidnei, T.R. 2015. Variability in reproductive traits in Jatropha curcas L. accessions during early developmental stages under warm subtropical conditions. Glob. Change Biol. 2015. Bioenergy 7, 122-134.

Nuanjunkong, N.; Tongurai, C.; Meesawat, U. "Developmental evidence of male and female gametophytes of *Jatropha curcas* L.: pollen capability and stigma receptivity", Walailak J Sci & Tech, vol. 18, Jul. 2018.

Pessoa, Angela María Dos Santos. Fenología e caracterização morfológica floral, molecular e agronómica de acessos de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.). Dissertação (Dissertação-Mestrado em Agroecossistemas)-Universidade Federal de Sergipe, São Cristovão. 70 p. 2011.

Pinto *et al*. 2009. Biologia floral e polinização artificial de pinhão-manso no norte de Minas Gerais. Pesq. Agrop. Bras. Brasilia, v 44, n. 9, p. 1073-1077

Taiz, L.; Zeiger, E. 2013. Fisiologia vegetal. 4. ed. Porto Alegre: Artmed. 819 p.

Vásquez-Mayorga *et al.* 2017. Molecular characterization and genetic diversity of *Jatropha curcas* l. In Costa Rica. Peerj 5: e2931; doi 10.7717/peerj.2931

SE-13. Mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero mediante prácticas silvopastoriles en Honduras: análisis de simulaciones del Proyecto MAF-Ganadería-HN

Juan Carlos Flores, Cristobal Villanueva, Julio Jut

RESUMEN

El presente trabajo sistematiza los resultados de simulaciones de mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) asociadas a la implementación de prácticas silvopastoriles en el marco del Proyecto MAF-Ganadería-HN en Honduras. Las simulaciones se fundamentaron en una línea base construida a partir de la caracterización de 67 fincas en cinco departamentos representativos (Choluteca, Olancho, Atlántida, Colón y Yoro), reflejando la diversidad de sistemas ganaderos predominantes en el país. A partir de esta caracterización se modelaron cuatro tipologías de finca ganadera en dos zonas agroclimáticas (seca y húmeda), utilizando una herramienta basada en el modelo Cool Farm Tool v2.0 y factores del IPCC 2006 para estimar emisiones por fermentación entérica, manejo de estiércol y secuestro de carbono en biomasa y suelo. Las simulaciones consideraron intervenciones sobre aproximadamente 8,000 hectáreas, incluyendo el establecimiento de árboles dispersos en potreros, bancos forrajeros, cercas vivas diversificadas y la liberación de áreas para regeneración natural.

Los resultados indicaron una mitigación directa de aproximadamente 135 mil toneladas de CO_2 equivalente (t CO_2e) durante la vida del proyecto, y hasta 5.7 millones t CO_2e durante el ciclo de vida útil de las tecnologías adoptadas. Adicionalmente, se estimó una mitigación indirecta de 7.1 millones t CO_2e mediante replicabilidad en fincas asociadas y fondos rotatorios. En conjunto, las prácticas promovidas podrían contribuir con más de 12.8 millones t CO_2e evitadas, posicionando a los sistemas silvopastoriles como una estrategia clave para la ganadería climáticamente inteligente en contextos tropicales. Se discuten implicaciones técnicas y metodológicas para el escalamiento de estas prácticas, así como su potencial articulación con instrumentos de política pública y esquemas de financiamiento climático.

INTRODUCCIÓN

La transformación de los sistemas ganaderos en América Latina se ha convertido en una prioridad estratégica frente a los desafíos del cambio climático, la seguridad alimentaria y la sostenibilidad ecológica. A nivel global, el sector agropecuario representa aproximadamente el once por ciento de las emisiones totales de gases de efecto invernadero, siendo la ganadería una de las principales fuentes debido a la fermentación entérica del ganado y al manejo de estiércol (FAO, 2020; IPCC, 2019). Esta situación es particularmente crítica en los países tropicales, donde la expansión de la ganadería ha contribuido significativamente a la deforestación, la pérdida de biodiversidad y la degradación de suelos.

En este contexto, los sistemas silvopastoriles han cobrado relevancia como una estrategia de intensificación sostenible. Estos sistemas integran árboles, arbustos, pasturas y animales en una misma unidad productiva, generando sinergias entre productividad ganadera, captura de carbono y provisión de servicios ecosistémicos (Murgueitio et al., 2011; Nair et al., 2009). Diversos estudios han demostrado que este enfoque puede reducir de manera significativa las emisiones netas de gases de efecto invernadero por unidad de producto, además de mejorar la resiliencia de los sistemas frente a eventos climáticos extremos (Montagnini y Nair, 2004; Giraldo y Roshetko, 2011).

En Honduras, la ganadería representa una actividad estratégica por su cobertura territorial y su peso en las emisiones del sector agropecuario. Según estimaciones de la Secretaria de Agricultura y Ganaderia (SAG, 2021), el sistema ganadero ocupa aproximadamente el cuarenta por ciento del territorio nacional. No obstante, datos más recientes del Instituto de Conservación Forestal, a través del Mapa Nacional de Cobertura Forestal y Uso de la Tierra publicado en el año dos mil veinticuatro, indican que el 48% por ciento del país corresponde a coberturas no boscosas. Esta categoría incluye pastizales naturales, áreas agrícolas, humedales y zonas urbanas, sin un desglose específico que permita identificar con precisión la superficie destinada exclusivamente a la ganadería.

Desde el punto de vista ambiental, el subsector ganadero genera aproximadamente el 26% por ciento de las emisiones del sector agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra. Las principales fuentes de estas emisiones son la fermentación entérica del ganado y el manejo inadecuado del estiércol (SERNA, 2021). A esto se suma la expansión no planificada de la frontera pecuaria, especialmente en zonas de vocación forestal, que ha acelerado procesos de deforestación y fragmentación de ecosistemas críticos.

Además, persisten limitaciones estructurales que restringen el desarrollo sostenible del sector. Entre ellas se encuentran la baja productividad, el acceso limitado a asistencia técnica, la débil gestión de residuos orgánicos y el escaso uso de prácticas reproductivas y alimenticias mejoradas.

Ante este escenario, la incorporación de prácticas silvopastoriles representa una oportunidad concreta para avanzar hacia una ganadería climáticamente inteligente. El proyecto MAF-Ganadería-Hn adoptó este enfoque como componente central de su estrategia nacional de mitigación en el sector agropecuario. Las acciones desarrolladas incluyeron la implementación de Escuelas de Campo para Productores, el diseño de materiales técnico-pedagógicos y la construcción de modelos de



simulación para estimar impactos ambientales derivados de la adopción de tecnologías sostenibles. Una de las innovaciones clave del proyecto fue el uso de herramientas de análisis Ex-Ante para cuantificar el potencial de mitigación de gases de efecto invernadero en fincas representativas, considerando condiciones reales observadas en la línea de base.

Este artículo presenta los resultados del análisis de mitigación de emisiones derivadas de la implementación de prácticas silvopastoriles en el marco del proyecto. Se describen las tipologías de finca consideradas, los escenarios agroclimáticos analizados, las herramientas metodológicas utilizadas y las estimaciones obtenidas tanto para el período de implementación como para el horizonte de vida útil de las tecnologías promovidas. Asimismo, se discuten los supuestos críticos del modelo empleado, los alcances de la estimación y su aplicabilidad para orientar políticas públicas y esquemas de financiamiento climático en territorios ganaderos tropicales.

METODOLOGÍA

La estimación del potencial de mitigación de gases de efecto invernadero asociada a la implementación de prácticas silvopastoriles en el marco del proyecto MAF Ganadería Honduras se realizó mediante un ejercicio de simulación Ex-Ante estructurado en cuatro etapas: caracterización de sistemas productivos representativos, definición de escenarios de intervención, aplicación de herramientas de modelación y análisis e interpretación de resultados. Este enfoque permitió cuantificar el impacto agregado de las prácticas promovidas sobre las emisiones netas del sistema ganadero, considerando condiciones técnicas, climáticas y de manejo típicas del contexto nacional.

La primera etapa consistió en la construcción de una tipología basada en la caracterización realizada en 67 fincas ubicadas en los departamentos de Choluteca, Olancho, Atlántida, Colón y Yoro. La diversidad observada en cuanto a uso del suelo, categorías productivas, prácticas alimenticias, manejo reproductivo y gestión del estiércol permitió identificar cuatro sistemas predominantes: doble propósito informal, doble propósito formal, producción de carne y producción de leche especializada. Estos sistemas se modelaron en dos zonas agroclimáticas contrastantes, una seca y otra húmeda, generando un total de ocho fincas tipo. Cada perfil fue definido con base en datos primarios levantados en campo, entrevistas a productores y técnicos, así como fuentes secundarias provenientes de informes institucionales y literatura científica relevante.

En la segunda etapa se definieron dos escenarios para cada finca tipo: uno de referencia que representa las condiciones actuales sin intervención y otro transformado que incorpora las prácticas promovidas por el proyecto. Las prácticas modeladas incluyeron el establecimiento de árboles dispersos en potreros, cercas vivas diversificadas, bancos forrajeros energéticos y proteicos, regeneración natural asistida y el uso de pasturas mejoradas con cobertura arbórea. Las superficies simuladas corresponden a un total de 5,539 hectáreas de pasturas con árboles, 1,439 hectáreas de bancos forrajeros de cada tipo, 285 kilómetros de cercas vivas, y 15,251 hectáreas liberadas para regeneración natural gracias al aumento de eficiencia en el uso de la tierra.

La tercera etapa consistió en la aplicación de una herramienta de simulación desarrollada por el CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza), basada en la lógica del modelo internacional Cool Farm Tool versión 2.0. Esta herramienta permite estimar emisiones brutas de metano por fermentación entérica y óxidos de nitrógeno por manejo de estiércol, aplicando factores de emisión del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático en su versión 2006, ajustados con parámetros regionales. Adicionalmente, calcula el secuestro de carbono en biomasa aérea y en el suelo resultante de la incorporación de árboles, mejoramiento de la cobertura vegetal y liberación de áreas para regeneración. El cálculo se realizó sobre una base anual con proyecciones acumuladas tanto para el período de ejecución del proyecto, comprendido entre los años 2,023 y 2,026, como para la vida útil estimada de las tecnologías, proyectada entre 15 y 20 años. No se incluyeron emisiones asociadas al uso de maquinaria, electricidad, combustibles fósiles ni insumos externos, con el fin de evitar distorsionar el balance neto con variables de alta variabilidad contextual.

La última etapa consistió en el análisis de los resultados obtenidos a partir de la diferencia entre el escenario transformado y el de referencia, expresada en toneladas de dióxido de carbono equivalente evitadas. Se realizó una desagregación por tipo de gas y fuente emisora, así como una estimación del carbono secuestrado en función de los factores específicos asociados a cada práctica. El análisis incluyó comparaciones por tipología de finca, zona agroclimática y tipo de intervención, lo que permitió identificar patrones de desempeño diferencial y orientar prioridades para el escalamiento técnico y territorial. Finalmente, se estimaron impactos agregados considerando tanto la superficie intervenida directamente por el proyecto como las proyecciones de mitigación indirecta derivadas de la replicabilidad de las prácticas en fincas asociadas y fondos rotatorios.

RESULTADOS

Las simulaciones realizadas permitieron dimensionar el potencial de mitigación de gases de efecto invernadero derivado de la adopción de prácticas silvopastoriles en fincas ganaderas representativas de Honduras. A partir de la caracterización técnica de 67 fincas ubicadas en los departamentos de Choluteca, Olancho, Atlántida, Colón y Yoro, se identificaron diversos modelos productivos y condiciones agroecológicas que sirvieron de base para la construcción de ocho fincas tipo. Estas fincas representaron 4 sistemas productivos predominantes, que son producción de doble propósito informal, doble propósito formal, carne y leche especializada, en 2 zonas agroclimáticas contrastantes: una seca y otra húmeda. Sobre estas unidades se estimó el impacto de prácticas como árboles dispersos en potreros, bancos forrajeros, cercas vivas diversificadas y liberación de áreas para regeneración natural.

Durante el período de ejecución del proyecto, comprendido entre los años 2,023 y 2,026, las intervenciones modeladas sobre aproximadamente 8,000 hectáreas generaron una mitigación directa estimada de 135,207 toneladas de dióxido de carbono equivalente. Esta cifra considera tanto la reducción de emisiones brutas, principalmente metano entérico y óxidos de nitrógeno derivados del manejo de estiércol, como el secuestro de carbono en biomasa y suelo. El mayor aporte al balance climático provino del establecimiento de árboles en potreros y de la regeneración natural asistida, que en conjunto representaron más del sesenta por ciento del total mitigado.

El modelo proyecta, para el ciclo de vida útil de las tecnologías adoptadas, estimado entre 15 y 20 años según la práctica, una mitigación acumulada de 5.7 millones toneladas de dióxido de carbono equivalente derivada exclusivamente de las áreas intervenidas directamente por el proyecto. A esto se suma una mitigación indirecta estimada en 7.1 millones de toneladas, atribuible a procesos de réplica, como la adopción espontánea de prácticas por productores cercanos, el uso de fondos rotatorios y la vinculación de fincas asociadas. En conjunto, el impacto climático total proyectado alcanza más de 12.8 millones toneladas de dióxido de carbono equivalente evitadas.

Al desagregar los resultados por tipo de práctica, se observó que los bancos forrajeros energéticos y proteicos generaron beneficios importantes relacionados con la mejora en la dieta del hato, lo que contribuyó a reducir la intensidad de emisiones por unidad de producto. Esta observación coincide con los hallazgos de la línea base, que evidenció un uso limitado de suplementos en la mayoría de las fincas evaluadas, con excepción de algunos casos en el departamento de Olancho. Por su parte, la incorporación de pastos mejorados con árboles permitió aumentar la densidad animal por unidad de superficie, lo cual facilitó la liberación de más de 15 mil hectáreas previamente destinadas a ganadería extensiva. Estas áreas quedaron disponibles para procesos de regeneración natural o conservación, reforzando el balance climático positivo a largo plazo.

La siguiente tabla presenta las superficies intervenidas y la mitigación estimada por tipo de práctica silvopastoril:

Práctica	Superficie estimada	Mitigación estimada (toneladas de CO_2 equivalente)
Árboles dispersos en potreros	5,539 ha	32,000
Cercas vivas diversificadas	285 km	10,500
Bancos forrajeros energéticos	1,439 ha	18,500
Bancos forrajeros proteicos	1,439 ha	17,600
Regeneración natural asistida	15,251 ha	45,000
Pastos mejorados con árboles	5,539 ha	11,607

Finalmente, las comparaciones entre zonas agroclimáticas mostraron diferencias sustanciales. En la zona húmeda se registró una mayor eficiencia en el secuestro de carbono, favorecida por una alta productividad de biomasa y una recuperación rápida del suelo. En contraste, la zona seca presentó una reducción más marcada en las emisiones brutas, gracias a mejoras en la dieta, mayor eficiencia en la rotación de potreros y mejor respuesta a la suplementación. Estos hallazgos coinciden con lo observado en la línea base, donde los sistemas de Colón y Atlántida presentaban mayor cobertura de pasto natural, mientras que Yoro y Olancho destacaban por el uso de pastos mejorados y una adopción más amplia de prácticas de manejo productivo.

DISCUSIÓN

Los resultados de la simulación anticipada confirman el alto potencial de las prácticas silvopastoriles como estrategia técnica y ambientalmente viable para reducir las emisiones netas de gases de efecto invernadero en los sistemas ganaderos de Honduras. La integración de árboles, bancos forrajeros y áreas de regeneración natural no solo permitió reducir las fuentes principales de emisiones, como la fermentación entérica y el manejo del estiércol, sino que también contribuyó al secuestro de carbono en biomasa aérea y en el suelo, fortaleciendo el balance climático de las fincas intervenidas. Este hallazgo es consistente con estudios previos que destacan la capacidad de los sistemas silvopastoriles para combinar producción pecuaria con captura significativa de carbono (Montagnini y Nair, 2004; Murgueitio et al., 2011).

La validación técnica realizada durante el levantamiento de la línea base respaldó la elección de tecnologías y permitió adaptar los escenarios de simulación a condiciones reales. La alta diversidad de sistemas productivos observada en los 5 departamentos evaluados reflejó diferencias en el uso del suelo, disponibilidad forrajera, frecuencia de suplementación, tipo de manejo reproductivo y presencia de estructuras vegetales en los potreros. Estos factores influyeron directamente en la configuración de las fincas tipo y en los resultados obtenidos, mostrando que la eficacia de las prácticas silvopastoriles depende en gran medida del contexto ecológico y productivo en el que se aplican, como lo señalan también Ibrahim et al. (2007) y Calle et al. (2013).

La mayor contribución a la mitigación se concentró en la regeneración natural asistida y el establecimiento de árboles en potreros, prácticas que aprovechan superficies previamente degradadas o subutilizadas. Esta lógica se alinea con los hallazgos de la línea base, donde una proporción significativa de los predios reportó baja densidad arbórea y escaso aprovechamiento de áreas marginales. De acuerdo con el trabajo de FAO y CIPAV (2015), la regeneración natural dirigida es una de las medidas más costo efectivas para capturar carbono en sistemas agropecuarios tropicales. Asimismo, el uso de bancos forrajeros energéticos y proteicos mostró beneficios importantes en términos de eficiencia alimenticia,

especialmente en zonas con limitaciones estacionales como la región seca, en concordancia con los reportes de Rueda et al. (2013) sobre la mejora en la digestibilidad y la reducción de metano por unidad de producto en dietas suplementadas.

En términos metodológicos, la herramienta de simulación adaptada por el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza demostró ser eficaz para estimar impactos ambientales bajo condiciones de información limitada. Su enfoque permite evaluar tanto reducciones en emisiones brutas como aumentos en el secuestro de carbono, lo que resulta clave para construir argumentos técnicos sólidos en el diseño de políticas públicas, estrategias de financiamiento climático o mecanismos de compensación voluntaria. Este tipo de enfoque ha sido promovido por iniciativas como Livestock Environmental Assessment and Performance (LEAP) de FAO (2016) y por herramientas aplicadas en Latinoamérica como Ex-Ante Carbon-balance Tool (EX-ACT).

Por otro lado, la estimación de una mitigación indirecta equivalente al cincuenta por ciento del total proyectado destaca la importancia de los mecanismos de réplica como vehículos de escalamiento. Estos incluyen la difusión entre pares, el uso de fondos rotatorios, las alianzas con organizaciones de base y la apropiación espontánea de tecnologías por parte de productores que observan beneficios tangibles. Esta dimensión, aunque menos controlada desde el proyecto, representa una de las vías más costo efectivas para multiplicar el impacto climático de las intervenciones agropecuarias, como ha sido demostrado en experiencias de ganadería sostenible en Colombia y Nicaragua (Calle et al., 2013; Rosenstock et al., 2016).

Los resultados confirman que la efectividad de las prácticas silvopastoriles no depende exclusivamente de la tecnología implementada, sino también de los arreglos institucionales, la calidad del acompañamiento técnico, la motivación del productor y el entorno normativo. De ahí que las estrategias de escalamiento deban ir acompañadas de mecanismos de fortalecimiento de capacidades, incentivos diferenciados y una visión territorial que reconozca la heterogeneidad de los sistemas productivos en el país, tal como recomiendan Herrero et al. (2016) en su revisión sobre ganadería climáticamente inteligente.

CONCLUSIONES

La experiencia del proyecto MAF-Ganadería-Hn demuestra que la implementación de prácticas silvopastoriles representa una alternativa técnica viable y ambientalmente eficaz para reducir las emisiones netas del sector ganadero en contextos tropicales. La combinación de árboles dispersos en potreros, bancos forrajeros, cercas vivas y procesos de regeneración natural permitió generar sinergias entre productividad pecuaria, uso eficiente del suelo y captura de carbono, con una mitigación directa superior a ciento treinta y cinco mil toneladas de dióxido de carbono equivalente durante el período del proyecto y un potencial acumulado superior a doce millones de toneladas cuando se considera la vida útil de las tecnologías y los efectos de replicabilidad.

Los resultados reflejan que la eficacia de las prácticas modeladas está estrechamente vinculada a las condiciones agroecológicas, a la estructura de los sistemas de producción y a las decisiones de manejo del productor. La diversidad observada en la línea base, en cuanto a uso de insumos, composición del hato, cobertura vegetal y nivel de tecnificación, refuerza la necesidad de enfoques adaptativos que respondan a realidades locales y fomenten procesos de innovación territorial. Asimismo, la integración de herramientas de simulación validables en contextos locales constituye una estrategia efectiva para orientar políticas públicas, justificar inversiones climáticas y diseñar instrumentos de seguimiento ambiental en el sector agropecuario.

Los hallazgos obtenidos posicionan a los sistemas silvopastoriles como un eje estratégico para una transición hacia una ganadería climáticamente inteligente en Honduras. Su escalamiento requerirá no solo inversión técnica y financiera, sino también la consolidación de capacidades locales, marcos normativos coherentes y mecanismos de coordinación multisectorial que garanticen la sostenibilidad de los impactos logrados.

BIBLIOGRAFÍA

Braun, A., Jiggins, J., Röling, N., van den Berg, H., & Snijders, P. (2000). *A global survey and review of farmer field school experiences*. International Livestock Research Institute.

Calle, Z., Murgueitio, E., Chará, J., Molina, C. H., Zuluaga, A. F., & Calle, A. (2013). A strategy for scaling-up intensive silvopastoral systems in Colombia. *Journal of Sustainable Forestry, 32*(7), 677–693. https://doi.org/10.1080/10549811.2013.817338

Chambers, R. (1994). *Participatory rural appraisal (PRA): Analysis of experience*. World Development, 22(9), 1253–1268. https://doi.org/10.1016/0305-750X(94)90003-5

FAO. (2015). *Revisión de experiencias de regeneración natural asistida en sistemas agropecuarios*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

FAO. (2016). *Livestock Environmental Assessment and Performance (LEAP) guidelines*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

FAO. (2020). *FAOSTAT: Emissions – Agriculture*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. https://www.fao.org/faostat

FAO, & CIPAV. (2015). *Sistemas silvopastoriles intensivos en América Latina: Experiencias y lecciones aprendidas*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura & Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria.

FAO, & IICA. (2017). *Ganadería sostenible en América Latina y el Caribe: Avances y oportunidades*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura & Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.

Giraldo, C., & Roshetko, J. M. (2011). Sistemas silvopastoriles: Incorporando árboles para mejorar la productividad y sostenibilidad de fincas ganaderas tropicales. *Agroforestería en las Américas, 49*, 5–9.

Herrero, M., Thornton, P. K., Notenbaert, A., Msangi, S., Wood, S., Kruska, R., ... & Blümmel, M. (2016). Smart investments in sustainable food production: Revisiting mixed crop-livestock systems. *Science, 327*(5967), 822–825. https://doi.org/10.1126/science.1183725

Ibrahim, M., Villanueva, C., Casasola, F., & Rojas, J. (2007). Sistemas silvopastoriles como una herramienta para el mejoramiento de la productividad y restauración de la integridad ecológica de paisajes ganaderos. *Revista Pastos y Forrajes, 30*(4), 349–364.

IPCC. (2006). *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Intergovernmental Panel on Climate Change.

IPCC. (2019). *Climate Change and Land: An IPCC Special Report on Climate Change, Desertification, Land Degradation, Sustainable Land Management, Food Security, and Greenhouse Gas Fluxes in Terrestrial Ecosystems*. Intergovernmental Panel on Climate Change.

Knowles, M. S. (1984). *Andragogy in action: Applying modern principles of adult learning*. Jossey-Bass.

Montagnini, F., & Nair, P. K. R. (2004). Carbon sequestration: An underexploited environmental benefit of agroforestry systems. *Agroforestry Systems, 61*, 281–295. https://doi.org/10.1023/B:AGFO.0000029005.92691.79

Murgueitio, E., Calle, Z., Uribe, F., Calle, A., & Solorio, B. (2011). Native trees and shrubs for the productive rehabilitation of tropical cattle ranching lands. *Forest Ecology and Management, 261*(10), 1654–1663. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.09.027

Pezo, D., Ibrahim, M., Camero, A., & Ríos, C. (2007). Sistemas silvopastoriles en América Central: Experiencias de investigación y transferencia de tecnología. *Agroforestería en las Américas, 45*, 23–29.

Pontius, J., Dilts, R., & Bartlett, A. (2002). *From farmer field school to community IPM: Ten years of IPM training in Asia*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Rosenstock, T. S., Lamanna, C., Chesterman, S., Bell, P., Arslan, A., Richards, M., ... & Rufino, M. C. (2016). The scientific basis of climate-smart agriculture: A systematic review protocol. *CABI Agriculture and Bioscience, 1*(1), 1–9. https://doi.org/10.1186/s43170-020-00001-2

Rueda, R., Solorio, B., & Ku-Vera, J. (2013). Effect of Leucaena leucocephala on methane production and rumen fermentation in cattle. *Tropical Animal Health and Production, 45*(1), 175–182. https://doi.org/10.1007/s11250-012-0183-1

SAG. (2021). *Estadísticas del sector agropecuario de Honduras*. Secretaría de Agricultura y Ganadería.

SERNA. (2021). *Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero*. Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente.

van den Berg, H., & Jiggins, J. (2007). Investing in farmers—The impacts of farmer field schools in relation to integrated pest management. *World Development, 35*(4), 663–686. https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2006.05.004





SE-14. Atributos microbiológicos em diferentes sistemas de produção no Cerrado
Microbiological attributes in different production systems in the Cerrado

Silva, L.M.[1], Lessa, M.F.G.[1], Nogueira, A.S. [1], Santos, F.S. [1], Couto, A.J.S. [1], Freitas, I.C. [1], Silva, E.A.[2], Franco, F.O.[2], Frazão, L.A. [1]*

[1]Instituto de Ciências Agrárias (ICA), Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) – Campus Montes Claros, Avenida Universitária, 1.000 –Montes Claros – MG, CEP: 39.404-547, Brasil

[2]EPAMIG Oeste - Campo Experimental Getúlio Vargas R. Afonso Rato, 1301 - Mercês, Uberaba - MG, CEP:38060-040

*Correspondencia a: leomaxsyl4@hotmail.com

RESUMO

O estudo avaliou atributos microbiológicos do solo em diferentes sistemas de produção no Cerrado, visando compreender os impactos do manejo agrícola. Foram comparados quatro sistemas: Floresta nativa, monocultivo de *Corymbia citriodora*, sistema lavoura-pecuária e pasto reformado. Os indicadores analisados foram biomassa microbiana do solo (BMS), respiração basal (RBS) e quociente metabólico (qCO_2). O monocultivo de *C. citriodora* teve um bom desempenho quando comparado a floresta nativa, provavelmente devido à presença de cobertura vegetal contínua. Já os sistemas intensificados, especialmente o Lavoura-Pecuária, mostraram menor BMS e RBS e altos valores de qCO_2, revelando solos com indícios de perda de qualidade em relação aos demais, com microbiota sob estresse e menor eficiência metabólica. O pasto reformado, embora com adubação e replantio recente, ainda apresentava sinais menor funcionalidade biológica. A análise integrada demonstrou que práticas sustentáveis e permanência da cobertura vegetal favorecem a microbiota do solo e sua funcionalidade. Conclui-se que os atributos microbiológicos são indicadores sensíveis da qualidade do solo e essenciais para orientar o manejo conservacionista e a sustentabilidade das agropaisagens no Cerrado.

Palavras-Chave: *biomassa microbiana, respiração Basal do solo, integração lavoura-pecuária, saúde do solo.*

ABSTRACT

The study evaluated soil microbiological attributes across different production systems in the Brazilian Cerrado, aiming to understand the impacts of agricultural management on soil health and ecosystem services. Four systems were compared: native forest (reference), monoculture of *Corymbia citriodora*, integrated crop-livestock system (ICL), and rehabilitated pasture. The indicators analyzed included soil microbial biomass (SMB), basal respiration (BR), and metabolic quotient (qCO_2). The monoculture system had intermediate performance, likely due to continuous vegetative cover. In contrast, intensified systems—especially the ICL—showed low SMB and BR and high qCO_2 values, reflecting degraded soils with stressed microbial communities and reduced metabolic efficiency. The rehabilitated pasture, despite recent fertilization and replanting, still showed signs of biological disturbance. Integrated analysis revealed that sustainable practices and continuous soil cover favor the microbial community and its functionality. It is concluded that microbiological attributes are sensitive indicators of soil quality and are essential for guiding conservation-based management and enhancing the sustainability of agroecosystems in the Cerrado.

Key words: *microbial biomass, soil basal respiration, crop-livestock integration, soil health.*

INTRODUÇÃO

A intensificação agrícola nas últimas décadas transformou a estrutura e o funcionamento das agropaisagens, comprometendo a provisão de serviços ecossistêmicos essenciais à sustentabilidade dos sistemas produtivos. No Cerrado brasileiro, a conversão de áreas nativas em pastagens para sistemas pecuários, frequentemente realizada com manejo inadequado, tem degradado a microbiota do solo, reduzido a matéria orgânica e interrompido processos fundamentais, como a ciclagem de nutrientes, o sequestro de carbono e a manutenção da estabilidade física do solo (Freitas et al., 2024).

Os serviços ecossistêmicos do solo, incluindo a ciclagem de nutrientes, o sequestro de carbono, a regulação da fertilidade e a manutenção da atividade biológica, são sensíveis às práticas de uso e manejo. Sistemas como pastagens manejadas de forma sustentável, monocultivos de *Corymbia citriodora* e sistemas integrados de lavoura-pecuária podem apresentar benefícios distintos e complementares para a saúde do solo (Anésio et al., 2024).

Pastagens sob manejo adequado promovem a recuperação da microbiota e aumentam os estoques de matéria orgânica. Monocultivos de *C. citriodora* contribuem para a estabilidade física do solo por meio de seu sistema radicular profundo e deposição contínua de resíduos vegetais (Cunha, 2002). Sistemas integrados de lavoura-pecuária elevam a eficiência no uso de recursos e aumentam a resiliência do solo diante das variações climáticas. A combinação dessas estratégias pode intensificar os serviços edáficos, fortalecendo a sustentabilidade das agropaisagens no Cerrado (Locatelli et al., 2025).

Para compreender os efeitos desses diferentes sistemas sobre a saúde do solo, é fundamental analisar indicadores microbiológicos que traduzem a qualidade biológica do ambiente edáfico.

Entre esses indicadores, a biomassa microbiana do solo (BMS) e a respiração basal do solo (RBS) destacam-se por refletirem a atividade metabólica e a vitalidade da comunidade microbiana, essenciais para a decomposição da matéria orgânica e a ciclagem de nutrientes que sustentam a produtividade vegetal. Enquanto a BMS representa a fração viva da matéria orgânica, a RBS mensura a respiração metabólica basal da microbiota em condições naturais, indicando a taxa de mineralização e o fluxo de carbono no sistema solo-planta (Mazzetto et al., 2016; Schnecker et al., 2023).

Esses atributos microbiológicos influenciam diretamente a capacidade do solo em armazenar carbono estável, colaborando para a mitigação das mudanças climáticas. Além disso, estão associados à conservação da estrutura física do solo e à manutenção da fertilidade natural. Alterações na BMS e na RBS funcionam como indicadores sensíveis a mudanças no manejo, atuando como sensores precoces de degradação ou recuperação em diferentes sistemas produtivos (Silva et al., 2024). A saúde biológica refletida por esses parâmetros está relacionada à produtividade vegetal, já que solos com maior biomassa microbiana e atividade metabólica equilibrada oferecem maior disponibilidade de nutrientes e melhores condições para o desenvolvimento radicular, resultando em plantas mais vigorosas e produtivas.

A análise integrada desses indicadores em diferentes sistemas produtivos possibilita compreender como práticas de manejo específicas, como o manejo sustentável de pastagens, monocultivos e a integração lavoura-pecuária, influenciam a saúde do solo e, consequentemente, a sustentabilidade das agropaisagens. Essa abordagem é fundamental para otimizar a provisão dos serviços do solo, conciliando produtividade e conservação ambiental, além de subsidiar estratégias adaptativas que aumentem a resiliência dos sistemas agrícolas frente às pressões ambientais atuais (Carvalho et al., 2014).

Diante desse cenário, o presente trabalho teve como objetivo avaliar atributos microbiológicos do solo em distintos sistemas produtivos, visando compreender as respostas da microbiota às práticas de manejo e possíveis impactos sobre os serviços ecossistêmicos e a sustentabilidade das agropaisagens no Cerrado.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O estudo foi conduzido na mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, no município de Uberaba, Minas Gerais. A área experimental, que possui aproximadamente 12 ha (19° 42’ 19,977” S, 47° 57’ 38,145” W), localizou-se na Fazenda Getúlio Vargas, pertencente à Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG). A altitude da área experimental situou-se em 773 metros, enquanto os parâmetros climatológicos, incluindo pluviosidade e temperatura média dos últimos 10 anos, foram detalhados na Figura 1.

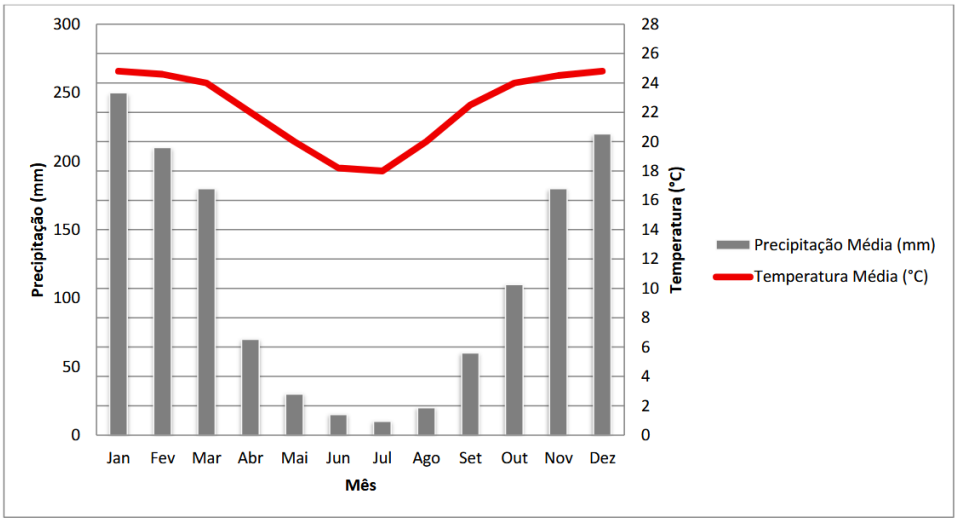


Figura 1. Caracterização climatológica da fazenda experimental em Uberaba -Minas Gerais.
Fonte: Adaptado de INMET- Instituto Nacional de Meteorologia, 2025.

Histórico da área experimental

A área experimental utilizada neste estudo passou por distintas fases de manejo desde o ano de 2000, refletindo diferentes estratégias de uso e preparo do solo. Inicialmente, em 2000, a área foi preparada para o plantio de capim Marandu, com aplicação de adubação convencional. Entre 2000 e 2016, o manejo consistiu no controle da entrada e saída de animais, sem, contudo, a utilização de adubação complementar. No período de 2016 a 2022, a área permaneceu sob pastejo extensivo, sem adoção de práticas específicas de manejo ou intervenções no solo.



Em janeiro de 2022, foi realizada uma intervenção significativa, que incluiu limpeza geral, terraceamento e preparo do solo, com gradagem pesada e aplicação de corretivos, especialmente Siligesso. Ainda em 2022, diferentes sistemas produtivos foram implantados, conforme descrito a seguir:

Pasto Reformado: Implantado por semeadura a lanço, utilizando 12 kg ha^{-1} de sementes de capim Marandu.

Monocultivo de *C. citriodora*: Plantio inicial realizado em março de 2022, com replantio efetuado em 2023.O espaçamento utilizado foi de 2 metros entre plantas e 3 metros entre linhas

Sistema Integrado de Produção (L.P): Implantado com o cultivo de milho (seis plantas por metro linear, espaçamento de 80 cm entre linhas), associado ao capim Marandu, semeado a lanço na quantidade de 10 kg ha^{-1}.

Floresta Nativa: A caracterização da mata nativa é classificada como Cerradão, não havendo histórico de ações antrópicas

Análises microbiológicas do solo

As amostragens de solo foram realizadas nos diferentes sistemas de produção por meio da abertura de trincheiras no mês de novembro de 2024. As coletas abrangeram as camadas de 0–10 cm, coletadas duas repetições amostrais por tratamento, dentro de cada bloco.

A determinação do carbono microbiano do solo (Cmic) foi realizada pelo método de fumigação-extração, conforme Vance et al. (1987). As amostras, coletadas na camada de 0–10 cm, foram homogeneizadas e armazenadas a 4 °C por até 60 dias antes das análises. Posteriormente, foram peneiradas (malha de 2 mm) e submetidas à catação manual para remoção de raízes finas e resíduos vegetais.

Duas alíquotas de aproximadamente 10 g de solo úmido foram pesadas. Uma foi fumigada com clorofórmio etílico isento de etanol por 24 horas em frascos herméticos. Ambas as amostras (fumigada e controle) foram extraídas com solução de K_2SO_4 0,5 mol L^{-1} (proporção solo:extrator 1:4 m/v), sob agitação por 30 minutos. As soluções foram filtradas e o carbono orgânico dissolvido (COD) foi quantificado por titulação.

A diferença entre os teores de carbono das amostras fumigadas e não fumigadas representou o Cmic, corrigido pelo fator de eficiência de extração (kEC), conforme a equação:

$$C_{\{mic\}} = \{C_{\{fumigado\}} - C_{\{nao\,fumigado\}}\}\{k_{\{EC\}}\}$$

Onde:
- *Cmic*: Carbono da biomassa microbiana (mg C kg^{-1} de solo seco)
- *C fumigado*: Carbono extraído da amostra fumigada (mg C kg^{-1})
- *C não fumigado*: Carbono extraído da amostra controle (mg C kg^{-1})
- *kEC*: Fator de eficiência de extração

A respiração basal microbiana (RBM) foi determinada com base na liberação de CO_2 do solo incubado, conforme metodologia de Silva et al. (2007). Alíquotas de aproximadamente 100 g de solo foram acondicionadas em frascos herméticos contendo, no interior, um frasco menor com solução de NaOH 0,5 mol L^{-1}, responsável por absorver o CO_2 liberado durante o período de incubação.

Os frascos foram incubados a 25 °C por até 45 dias. Ao final do período, a quantidade de CO_2 absorvida foi determinada por titulação com HCl 0,1 mol L^{-1}, após precipitação do carbonato com solução de $BaCl_2$. A emissão de CO_2 foi expressa em mg de CO_2 por grama de solo seco por dia, utilizando-se a equação:

$$CO_{2\left(mg\,g^{\{-1\}}\,dia^{\{-1\}}\right)} = \{(V_{\{branco\}} - V_{\{amostra\}}) \times N \times 22\}\{m \times t\}$$

Onde:
- *V branco*: Volume de HCl gasto na titulação do branco (mL)
- *V amostra*: Volume de HCl gasto na titulação da amostra (mL)
- *N*: Molaridade do HCl (mol L^{-1})
- *22*: Fator de conversão de mol para mg de CO_2
- *m*: Massa de solo seco (g)
- *t*: Tempo de incubação (dias)

O quociente metabólico (qCO_2) é um indicador ecológico que relaciona a respiração basal do solo (produção de CO_2) com a biomassa microbiana, refletindo a eficiência do uso do carbono pelos microrganismos do solo. Foi utilizada a seguinte equação:

qCO_2 = Rb / Cmic

- qCO_2 = quociente metabólico (µg C-CO_2 mg^{-1} Cmic h^{-1})

• Rb = respiração basal do solo (µg C-CO_2 g^{-1} solo h^{-1})

• Cmic = carbono da biomassa microbiana (µg C g^{-1} solo)

Análise estatística

O experimento foi conduzido em delineamento em blocos casualizados, em esquema 4x3 sendo 4 tratamentos e 3 blocos: floresta nativa (referência), monocultivo com *C. citriodora*, sistema lavoura-pecuária e pastagem manejada. Os tratamentos foram distribuídos aleatoriamente dentro dos blocos, com o objetivo de reduzir os efeitos da variabilidade espacial da área experimental. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) para verificar a existência de diferenças significativas entre os tratamentos. Quando identificadas diferenças estatísticas ($p < 0,05$), as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância. Para determinação da normalidade dos resíduos e homogeneidade de variância, utilizamos o teste de Shapiro-wilk e Bartlett respectivamente. Como forma complementar de análise, foram elaborados Boxplots para representar a distribuição dos dados e identificar possíveis outliers. Também foi construído gráfico de teia (radar) para integrar visualmente múltiplos indicadores microbiológicos, possibilitando uma comparação multidimensional entre os diferentes sistemas produtivos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de biomassa microbiana do solo (BMS) variaram significativamente entre os sistemas de uso, refletindo os efeitos distintos do manejo sobre a microbiota edáfica (Figura 2). A Floresta Nativa apresentou elevados valores de BMS, situando-se entre os maiores do estudo. Isso indica um solo com alta atividade biológica e presença de uma microbiota funcionalmente diversa e adaptada a um ambiente estável, sem perturbações antrópicas intensas. A ausência de cultivo, revolvimento do solo e o acúmulo contínuo de resíduos orgânicos favorecem a manutenção de uma comunidade microbiana abundante e equilibrada (Silva et al., 2024).

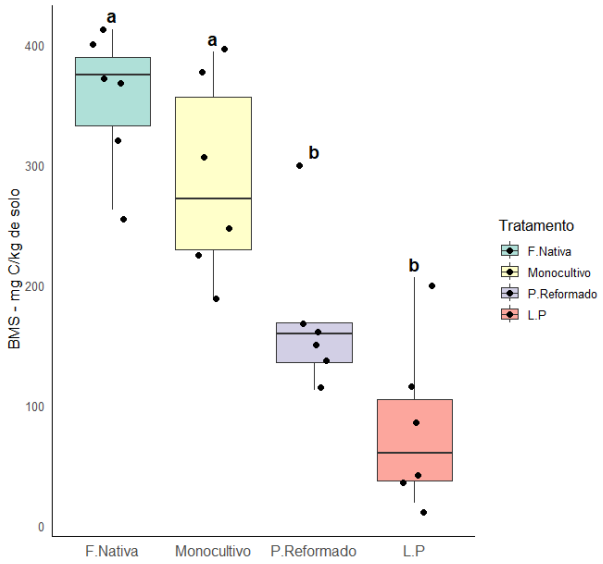


Figura 2. Biomassa microbiana no solo em diferentes sistemas de produção em área de Cerrado.

Fonte: Letras minúsculas iguais não diferem estatisticamente entre si, pelo teste Tukey a 5% de significância.

O sistema de monocultivo com *C. citriodora*, apesar de apresentar valores intermediários de BMS, não diferiu estatisticamente da floresta nativa, o que sugere que, embora seja um sistema agrícola, a presença de vegetação arbórea perene pode contribuir para a manutenção da estrutura e função da microbiota do solo. A deposição de serapilheira e a cobertura do solo contínua podem ter atenuado os efeitos negativos geralmente associados aos monocultivos.

O sistema Lavoura-Pecuária (L.P.) apresentou valores significativamente menores de BMS.A combinação de cultivo anual com pastejo pode ter provocado perturbações mais intensas no ambiente edáfico, reduzindo a biomassa microbiana. A baixa cobertura do solo em determinados períodos do ciclo agrícola, aliada ao possível uso de insumos químicos e ao pisoteio animal, são fatores que possivelmente contribuíram para essa redução.

Por outro lado, o Pasto Reformado apresentou os menores valores de BMS entre os tratamentos juntamente com L.P, sendo estatisticamente inferior ao monocultivo e à floresta nativa. Isso sugere que, mesmo com a renovação da pastagem e adubação fosfatada, o solo ainda se encontrava em estágio de recuperação biológica. A intervenção recente, como

preparo do solo para o cultivo do milho e introdução de pastagem por semeadura, pode ter causado perturbações físicas e químicas que comprometeram temporariamente a atividade microbiana (Mohammad, 2015).

A respiração basal do solo (RBS) reflete a taxa de liberação de dióxido de carbono (CO_2) proveniente da atividade microbiana heterotrófica, sendo um indicador direto da atividade biológica no solo (Figura 3). No presente estudo, observou-se que a floresta nativa apresentou valores significativamente mais elevados de RBS em comparação aos sistemas agrícolas, o que indica um ambiente edáfico altamente ativo do ponto de vista microbiológico. Esse resultado está associado à estabilidade ecológica, à presença contínua de resíduos orgânicos e à ausência de perturbações físicas, promovendo condições favoráveis ao metabolismo microbiano (Tótola et al.,2002).

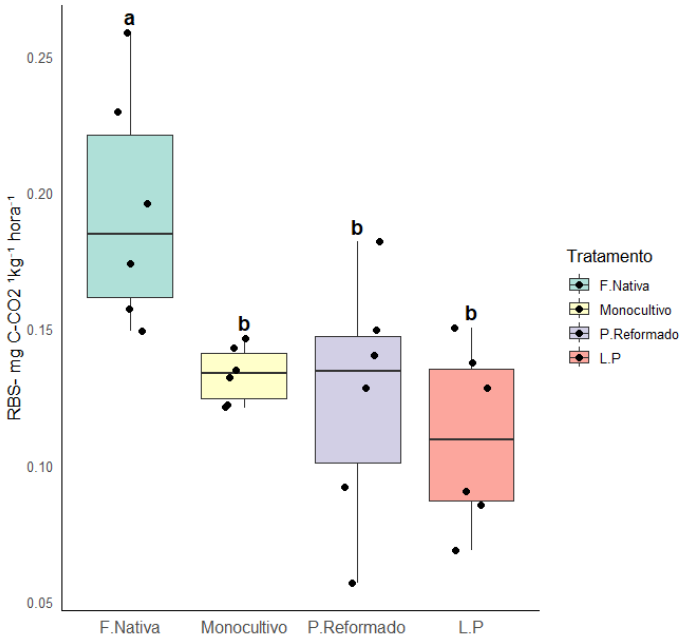


Figura 3. Respiração basal do solo em diferentes sistemas de produção em área de Cerrado.

Fonte: Letras minúsculas iguais não diferem estatisticamente entre si, pelo teste Tukey a 5% de significância.

Por outro lado, os sistemas com componentes de produção onde apresentam a entrada de aniams apresentaram valores mais baixos de RBS. No sistema lavoura-pecuária (L.P.), os valores foram significativamente inferiores aos observados na floresta nativa. Esse resultado reflete uma redução na atividade microbiana, possivelmente associada a práticas de manejo que causam maior distúrbio físico-químico no solo, como revolvimento, exposição ao sol e ao vento, além do pisoteio animal. A menor respiração basal pode indicar uma microbiota menos ativa ou em menor abundância, comprometendo os processos de ciclagem de nutrientes (Frazão et al., 2010).

De maneira semelhante, o pasto reformado também apresentou valores inferiores de RBS.A intervenção recente no solo, com gradagem e implantação da pastagem, pode ter impactado negativamente a microbiota, resultando em redução da atividade respiratória. A baixa resposta da RBS sugere que o solo ainda se encontra em processo de reestruturação biológica, com a microbiota reagindo a alterações no ambiente físico e na disponibilidade de matéria orgânica.

O quociente metabólico (qCO_2), variou significativamente entre os tratamentos avaliados (Figura 4). A floresta nativa apresentou os menores valores de qCO_2, indicando alta eficiência metabólica por parte dos microrganismos. Essa condição reflete um ambiente biologicamente equilibrado, com estabilidade ecológica e boa disponibilidade de recursos energéticos, resultando em menor liberação de CO_2 por unidade de biomassa microbiana. O sistema de monocultivo com *C. citriodora* apresentou valores intermediários de qCO_2, sem diferença estatística significativa em relação à floresta nativa, o que sugere uma microbiota sob leve estresse, porém ainda funcional. A presença de cobertura vegetal permanente pode ter contribuído para atenuar os impactos sobre a comunidade microbiana, mantendo níveis moderados de eficiência biológica (Freitas et al., 2021).

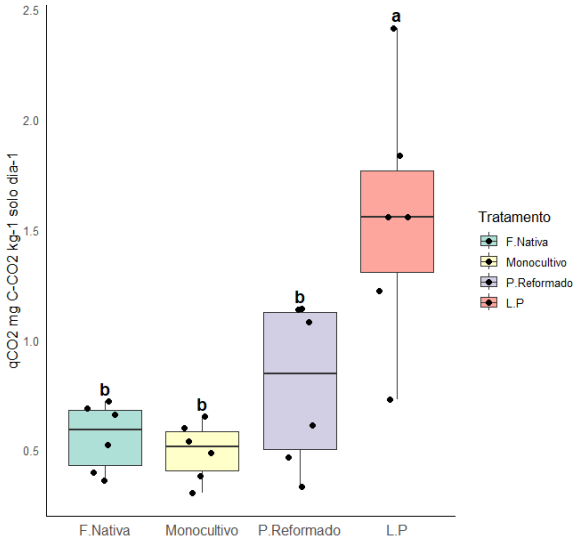


Figura 4. Quociente metabólico em diferentes sistemas de produção em área de Cerrado.

Fonte: Letras minúsculas iguais, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5% de significância.

O sistema lavoura-pecuária (L.P.) apresentou uma das maiores médias, indicando um solo com menor eficiência metabólica. Esse resultado pode estar relacionado à alternância entre cultivo e pastejo, ao revolvimento do solo e à menor oferta dos aportes orgânicos, com foco principal para produção de silagem. Tais limitações impõem maior demanda energética para a manutenção da atividade microbiana. Os altos valores de qCO_2 indicam maior respiração por unidade de biomassa microbiana, refletindo uma comunidade sob estresse ou em processo de adaptação a perturbações recentes (Lazzaretti et al., 2019).

A análise integrada dos indicadores microbiológicos, por meio do gráfico de teia, evidencia diferenças marcantes no funcionamento biológico do solo entre os distintos sistemas de uso (Figura 5). A floresta nativa destacou-se com valores elevados de BMS e RBS, associados a baixos níveis de qCO_2. Essa combinação indica um solo com microbiota ativa e eficiente, refletindo um ambiente ecologicamente estável e biologicamente conservado. A elevada biomassa microbiana, aliada à baixa taxa de respiração por unidade de biomassa (baixo qCO_2), revelam um sistema com alta capacidade de retenção de carbono e estabilidade funcional.

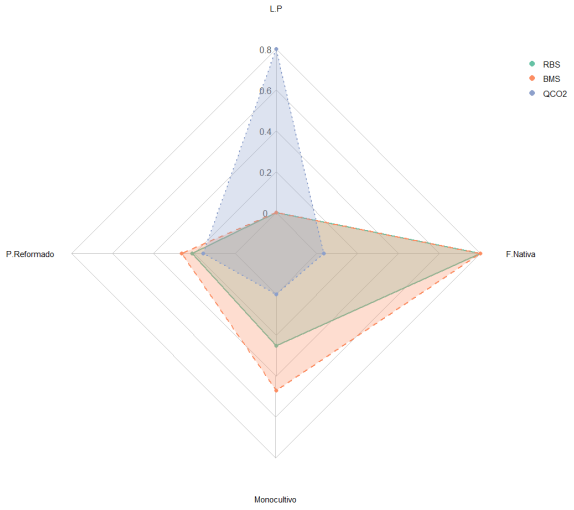


Figura 5. Comparação integrada de atributos microbiológicos do solo em diferentes sistemas de uso no Cerrado

Legenda: RBS-Respiração basal do Solo, BMS-Biomassa microbiana do solo, qCO2- quociente metabólico.



Em contrapartida, o sistema lavoura-pecuária (L.P.) apresentou baixa BMS e RBS, mas valores elevados de qCO_2. Essa configuração indica um solo com microbiota reduzida em quantidade e sob estresse metabólico, liberando mais CO_2 por unidade de biomassa, quando comparada a área de referência de Floresta Nativa. O elevado qCO_2 sugere que os microrganismos estão investindo mais energia para manter suas funções básicas, o que é típico de ambientes degradados ou em desequilíbrio biológico, muitas vezes associados ao revolvimento do solo, pisoteio e alternância entre culturas.

CONCLUSÃO

O pasto reformado apresentou desempenho inferior nos três indicadores em comparação à floresta nativa e ao monocultivo. A biomassa microbiana foi baixa, com respiração basal relativamente moderada e qCO_2 baixa quando comparado aos demais sistemas. Esse padrão revela que o solo, mesmo após a reforma da pastagem, ainda se encontra em processo de reorganização ecológica, com a microbiota reagindo às alterações físicas e químicas recentes. A presença de um metabolismo menos eficiente indica a necessidade de tempo e manejo adequado para a recuperação da qualidade biológica.

Os resultados mostraram que são necessárias avaliações contínuas para acompanhamento e validação dos resultados encontrados, visando compreender o comportamento das variáveis analisadas ao longo do tempo, para identificação de sistemas de produção sustentáveis no bioma de Cerrado.

AGRADECIMENTOS

Este estudo teve o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico-CNPq, Processo de Número: 140092/2024-2, Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais-EPAMIG, Universidade Federal de Minas Gerais-UFMG e financiamento privado pela empresa BAYER®.

BIBLIOGRAFIA

Anésio, A. H. C., Santos, M. V., Dumont, M. A., Barboza, J. A. D. S., Frazão, L. A., Teixeira, R. B., ... & Silva, K. P. E. 2024. Management of marandu grass pasture increases soil carbon and nitrogen stocks in silvopastoral systems in the Brazilian Cerrado. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 48, e0240057.

Carvalho, J. L. N., Raucci, G. S., Frazão, L. A., Cerri, C. E. P., Bernoux, M., & Cerri, C. C. 2014. Crop-pasture rotation: a strategy to reduce soil greenhouse gas emissions in the Brazilian Cerrado. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, *183*, 167-175

Cunha, G. Ciclagem de nutrientes e conteúdo de fósforo orgânico do solo em florestas montanas e em Eucalypitus citriodora, na região norte fluminense, RJ. Campos dos Goytacazes, UENF, 2002. 121p (Doctoral dissertation, Dissertação de Doutorado).

Embrapa, S. 2017. Manual de métodos de análise de solo 3rd edn. *Centro Nacional de Pesquisa de Solos*.

Freitas, A. D. S., Fernandes-Júnior, P. I., & Freitas, A.D.S. 2021. Fixação biológica de nitrogênio em agroecossistemas da região Semiárida do Nordeste. Solos Sustentáveis, 375

Freitas, I. C. D., Alves, M. A., Pena, A. N. L., Ferreira, E. A., & Frazão, L. A. 2024. Changing the land use from degraded pasture into integrated farming systems enhance soil carbon stocks in the Cerrado biome. *Acta Scientiarum. Agronomy*, *46*, e63601.

Frazão, L. A., de Cássia Piccolo, M., Feigl, B. J., Cerri, C. C., & Cerri, C. E. P. 2010. Inorganic nitrogen, microbial biomass and microbial activity of a sandy Brazilian Cerrado soil under different land uses. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, *135*(3), 161-167

Lazzaretti, G., Matsuoka, M., Bettio, I., Paveglio, S. S., Shallemberger, J. B., & Somavilla, L. 2019. Impacto de diferentes sistemas agrícolas e florestal na qualidade química e biológica do solo de uma propriedade rural. Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental, 8(4), 330-350.

Locatelli, J. L., Del Grosso, S., Santos, R. S., Hong, M., Gurung, R., Stewart, C. E., ... & Cerri, C. E. P. 2025. Modeling soil organic matter changes under crop diversification strategies and climate change scenarios in the Brazilian Cerrado. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, *379*, 109334.

Mazzetto, A. M., Feigl, B. J., Cerri, C. E. P., & Cerri, C. C. 2016. Comparing how land use change impacts soil microbial catabolic respiration in Southwestern Amazon. *brazilian journal of microbiology*, *47*(1), 63-72.

Mohammad, A. O. 2015. Assessing changes in soil microbial population with some soil physical and chemical properties. *Int. J. Plant Anim. Environ. Sci*, *5*(1), 117-123.

Schnecker, J., Baldaszti, L., Gündler, P., Pleitner, M., Sandén, T., Simon, E., ... & Richter, A. 2023. Seasonal dynamics of soil microbial growth, respiration, biomass, and carbon use efficiency in temperate soils. *Geoderma*, *440*, 116693.

Silva, L. J., Oliveira, D. M., Santos, R. S., Oliveira, P. A., Freitas, D. A., Cherubin, M. R., & Cerri, C. E. 2024. Soil carbon dynamics in integrated agricultural systems in Minas Gerais state, Brazil: A meta-analysis. *Geoderma Regional*, *36*, e00761.

Silva, E. E., De Azevedo, P. H. S., DE-POLLI, H., & Helvécio De-Polli, E. A. 2007. Determinação do carbono da biomassa microbiana do solo (BMS-C).

Tótola, M. R., & Chaer, G. M. 2002. Microrganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade dos solos. Tópicos em ciência do solo. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2, 195-276.

Vance, E. D., Brookes, P. C., & Jenkinson, D. S. 1987. Microbial biomass measurements in forest soils: the use of the chloroform fumigation-incubation method in strongly acid soils. *Soil Biology and Biochemistry*, *19*(6), 697-702.

Silva, L. J. D., Freitas, I. C. D., Abreu, L. H. G. D., Oliveira, D. M. D. S., Barbosa, D. L. D. A., Figueredo, C. C., ... & Frazão, L. A. 2024. Converting low-productivity pasture to well-managed pasture and silvopastoral system cause relevant changes in soil chemical and microbiological characteristics. Forests, 15(6), 1029.



SE-15. Reservas de carbono y nitrógeno del suelo en sistemas silvopastoriles tradicionales del trópico de México
Soil carbon and nitrogen stocks in traditional silvopastoral systems of the Mexican tropics

A. I. Gutiérrez-López[1], F. Casanova-Lugo[1], G. Villanueva-López[2], L. Macario-González[1], L. A. Lara-Pérez[1], D. R. Aryal[β], D. Pozo-Leyva[1]*

[1]Tecnológico Nacional de México Campus IT de la Zona Maya, México.

[3]El Colegio de la Frontera Sur, unidad Villahermosa, México.

[2]SECIHTI-ECOSUR, El Colegio de la Frontera Sur, unidad Campeche, México.

*Correspondencia a: fkzanov@gmail.com

ABSTRACT

The aim of the present study was to evaluate soil carbon (C) and nitrogen (N) storage in livestock systems featuring scattered trees in pastures (STP) and monoculture pastures (MP), compared to deciduous forest (DF) in the Mexican tropics. Four farms were selected for each system, and three sampling plots were established on each under a completely randomised design. Soil C and N contents at different depths were determined by dry combustion, and soil C and N reserves were estimated. In the surface layer (0-10 cm), the DF exhibited the highest soil C reserves compared to the STP and MP systems. In the subsequent layers (10-20, 20-30, 30-40, and 40-50 cm), the MP showed the lowest C reserves. Furthermore, STP and DF had the highest N reserves in most analysed soil layers, except for the 10-20 cm layer. The DF and STP systems exhibited the highest total reserves of C (119.1 and 113.3 Mg C ha^{-1}) and N (16.1 and 15.5 Mg N ha^{-1}). It is concluded that conservation of DF and the adoption of silvopastoral systems such as scattered trees in pastures are key strategies for preserving soil C and N reserves in southeastern Mexico.

Key words: *livestock agroforestry, native trees, scattered trees, small-scale producers*

INTRODUCCIÓN

La pérdida de la vegetación natural ocasionada por el cambio de uso de suelo en las regiones tropicales ha demostrado una creciente disminución de los contenidos de materia orgánica (MO) de los suelos, y en consecuencia, la pérdida elementos esenciales como el C y N del suelo. En México las pérdidas de C oscilan entre el 31 y 52 % (Aryal *et al.*, 2018; Ribeiro *et al.*, 2023). Además, se ha incrementado la emisión de gases de efecto invernadero (GEI), donde México contribuye con aproximadamente 282 Tg CO_2–eq $año^{-1}$. Particularmente, la producción lechera bovina, emite aproximadamente 4635,2 kg CO_2–eq $año^{-1}$ (Murray-Tortarolo *et al.*, 2024).

En este contexto los sistemas silvopastoriles (SSP) se consideran una estrategia viable para mitigar los efectos del cambio climático. Estos sistemas integran árboles, pastos y ganado, lo que permite sinergias ecológicas que promueven la biodiversidad e incrementan las reservas de C y N del suelo (Kumar, 2023; Jose, 2009). Se ha documentado que las raíces arbóreas representan del 10 al 40 % de la biomasa total y que pastos como *Brachiaria brizantha*, combinados con árboles nativos favorecen el desarrollo de las raíces finas y mejoran la estructura del suelo (Pérès *et al.*, 2013; Casanova- Lugo *et al.*, 2018).

Los SSP con árboles dispersos en potreros (ADP) establecidos mediante la regeneración natural de especies nativas, favorecen el almacenamiento de C y son comunes en regiones del trópico subhúmedo de México. Sin embargo, los MP son los más utilizados por los productores (80 %). Se ha reportado que los SSP pueden almacenar hasta 126 Mg C ha^{-1} lo que supera a los MP (Aryal *et al.*, 2019; Aynekulu *et al.*, 2020). Por lo anteriormente planteado, el objetivo de este estudio fue evaluar el almacenamiento de C y N en el suelo (0–50 cm), en sistemas ganaderos con ADP y monocultivos de pasto (MP), comparado con sitios de selva mediana (SM) en el trópico subhúmedo de México. Partimos del supuesto que los sistemas con ADP y SM presentaran mayores reservas de C y N que los MP, dado a la mayor acumulación de MO de calidad.

MATERIALES AND MÉTODOS

Sitio de estudio

El estudio se realizó en Nicolás Bravo (18° 27’ 33” N y 88° 55’ 44” O) y Río Verde (18° 45’ 76” N y 88° 93’ 29” O), dos comunidades del estado de Quintana Roo en el sureste de México. El clima de la región es cálido subhúmedo con lluvias en verano (García, 2004). La altitud de la comunidad de Nicolás Bravo es de 75.5 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.), y los suelos predominantes son Leptosol, Gleysol y Vertisol. La comunidad de Río Verde se encuentra a 105.0 (m.s.n.m.), y los suelos están clasificados como Leptosol, Gleysol y Luvisol, de acuerdo con la FAO (IUSS Working Group WRB, 2022).

Características y selección de sistemas

Se eligieron dos tipos de sistemas ganaderos con: (i) árboles nativos dispersos en potreros (ADP) y (ii) monocultivos de pasto (MP). Además, se seleccionaron sitios de vegetación natural: (iii) selva mediana (SM), aledañas a los sistemas ganaderos a modo de control. Para cada tipo de sistema se seleccionaron cuatro predios y en cada uno se seleccionó aleatoriamente una superficie de una hectárea (replicas independientes). Para conocer las características generales de los sistemas se realizó una entrevista al propietario de los predios y la información se muestra en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Características generales de los sistemas ganaderos con árboles dispersos en potreros (ADP), pastos en monocultivo (PM) y áreas de selva mediana (SM), en el sur de Quintana Roo, México.

Características	ADP	PM	SM
Edad (años)	22 (±8)	16 (±7)	23 (±6)
Pasturas predominantes	*Panicum maximun, Cynodon plectostachyus* y *Brachiaria brizantha*	*Panicum maximum, Brachiaria humidicola* y *Cynodon plectostachyus*	NA
Principales árboles	*Piscidia piscipula* (L.) Sarg., *Sabal mexicana* Mart., *Lysiloma latisiliquum* (L.) Benth., *Ehretia tinifolia* L.	NA	*Metopium brownie* (Jacq.) Urb., *Manilkara zapota* (L.) P. Royen., *Bursera simaruba* (L.) Sarg.
Historia de uso anterior	Monocultivo de pasto	Cultivo caña y maíz	Cultivo caña
Abundancia de árboles (individuos ha^{-1})	114 (±67)	NA	1250 (±302)
Familias botánicas (especies ha^{-1})	9 (±4)	NA	9 (±2)
Altura total promedio (m)	10.6 (±5)	NA	9.4 (±4)
Diámetro normal promedio (cm)	18.0 (±6)	NA	17.5 (±8)
Nivel de tecnificación	Medio (uso de cercos eléctricos y medicamentos, uso de fertilizantes)	Medio (uso de cercos eléctricos y medicamentos, uso de fertilizantes)	NA

NA, No aplica

Muestreo de suelos y análisis de laboratorio

El muestro se realizó de julio a octubre de 2023, se asignaron tres subparcelas de 1000 m^2 en cada sistema (36 repeticiones) en zig-zag, con una distancia mínima entre subparcela de 30 m. En cada subparcela, se realizó de forma manual una calicata de 0.5 × 0.5 × 0.5 m, se seleccionó una pared de la calicata y se tomaron muestras inalteradas a una profundidad de 50 cm, en estratos de 10 cm (i.e. 0-10, 10-20, 20-30, 30-40 y, 40-50 cm), con un cilindro metálico de volumen conocido. Las muestras fueron transportadas al Laboratorio de Estudios Avanzados en Agroecosistemas del TecNM campus I. T. Zona Maya, donde fuero secadas bajo sombra a temperatura ambiente y pesadas para determinar su densidad aparente. Finalmente, las muestras secas se molieron y tamizaron (primero a tamaño de apertura de 2 mm y por último a 0.5 mm), para su posterior análisis químico. Las fracciones de C y N (%) se determinaron mediante el método de combustión seca con un analizador elemental orgánico PerkinElmer® 2400 Series II CHNS/O (PerkinElmer Inc., Massachusetts, USA).

Estimación de las reservas de carbono orgánico y nitrógeno del suelo

Las reservas de C y N de cada estrato de suelo se determinaron a partir de los resultados de laboratorio de DA y los contenidos de C y N del suelo en cada estrato de suelo mediante la ecuación propuesta por Xu *et al.* (2011):

$$Almacenamiento\ de\ C\ o\ N = \frac{CC\ o\ CN \times DA \times Pm \times 10000}{100} \qquad [4]$$

Dónde: Almacenamiento de C o N (Mg ha^{-1}); CC/N, es la fracción de C o N del suelo (kg Mg^{-1}); DA, es la densidad aparente del suelo (Mg m^{-3}); Pm, espesor del estrato (m).

Finalmente, se estimó el reservorio total de C y N del suelo (en el estrato de 0-50 cm), para cada sistema y se calculó mediante la sumatoria del C y N almacenado en cada uno de los estratos de suelo analizados previamente (i.e. 0-10, 10-20, 20-30, 30-40 y, 40-50 cm), y se reportó en mega-gramos de carbono o nitrógeno por hectárea (Mg ha^{-1}).

Análisis estadísticos

Se determinó la normalidad de la distribución de los datos mediante la prueba de Shapiro-Wilks, seguido se determinó la homogeneidad de la varianza a través de la prueba de Levene´s. Para probar diferencias significativas entre sistemas se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de una vía para cada estrato de suelo analizado. Cuando se encontraron diferencias estadísticas significativas se procedió a utilizar una prueba de Tukey al 95 % de confiabilidad para comparar medias entre sistema. Los análisis fueron elaborados en el paquete estadístico StatSoft STATISTICA 8.0 para Windows®.



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Contenido de carbono orgánico y nitrógeno del suelo

La SM tuvo los mayores contenidos de C del suelo (39.9 g kg^{-1}) comparado con los sistemas ganaderos con ADP y MP (28.5 y 26.9 g kg^{-1}). No obstante, los ADP mostraron valores similares a las SM en los estratos de 10-20 y 30-40 cm. En todos los casos, los sistemas ganaderos con MP mostraron los menores contenidos de C del suelo (Cuadro 2). Estos resultados coinciden con lo reportado por López-Santiago *et al.* (2019), quienes encontraron diferencias en el contenido de C del suelo entre sistemas silvopastoriles con *Leucaena leucocephala*, monocultivos de pasto y selvas bajas caducifolias a diferentes profundidades de suelo debido a los mayores aportes de MO. Además, registraron una tendencia clara a la disminución del contenido de C del suelo conforme aumentó la profundidad de muestreo, tal como se observó en el presente estudio, y concuerda con lo señalado Aryal *et al.* (2018). No obstante, en ambos estudios, los contenidos de C fueron mayores en comparación con los observados en los MP (Aryal *et al.*, 2018; López-Santiago *et al.*, 2019).

Con respecto a los contenidos de N del suelo, los resultados mostraron similitudes entre sistemas en los estratos superficiales (0-10 y 10-20 cm), no obstante, en los estratos más profundos (20-30, 30-40 y 40-50 cm), los MP mostraron los menores contenidos de N del suelo (12-7.9 g kg^{-1}), comparado con los SM y ADP (Cuadro 2). Si bien no existen diferencias significativas en los contenidos de N del suelo de los estratos superficiales (0-20 cm) entre los sistemas estudiados, se observó un patrón distinto en los estratos más profundos del suelo (20-50 cm), es decir; los MP tuvieron los menores contenidos de N del suelo con relación a los sistemas diversificados. Este fenómeno ha sido mencionado por Piccoli *et al.* (2022) y puede atribuirse a diversos factores como la pérdida de nutrientes por lixiviación, donde la ausencia de vegetación reduce la retención de N en el suelo; la menor diversidad microbiana del suelo, esencial para la fijación simbiótica de N (e.g., *Rhizobium*) y su mineralización. Además, a la aplicación de fertilizantes sintéticos para incrementar la productividad de los MP que, aunque es una práctica generalizada por los productores locales, limita aún más estos procesos naturales (Bender *et al.*, 2023).

Cuadro 2. Contenidos de carbono orgánico y nitrógeno total (g kg^{-1}), en diferentes estratos del suelo en sistemas ganaderos con árboles dispersos en potreros (ADP), monocultivos de pasto (MP) y áreas de selva mediana (SM), en el sur de Quintana Roo, México.

Estrato del suelo	Carbono orgánico (g kg^{-1})		
	ADP	MP	SM
0–10 cm	28.5 (±1.8)^{b}	26.9 (±2.3)^{b}	39.9 (±2.9)^{a}
10–20 cm	24.0 (±1.7)^{a}	19.6 (±2.0)^{b}	27.0 (±2.7)^{a}
20–30 cm	16.3 (±1.3)^{b}	12.0 (±1.4)^{c}	20.1 (±1.6)^{a}
30–40 cm	17.3 (±2.1)^{a}	8.9 (±1.3)^{b}	15.2 (±1.9)^{a}
40–50 cm	10.3 (±2.4)^{b}	7.9 (±1.4)^{c}	14.8 (±1.9)^{a}
Nitrógeno total (g kg^{-1})			
0–10 cm	3.7 (±0.2)^{a}	3.4 (±0.3)^{a}	4.1 (±0.4)^{a}
10–20 cm	3.3 (±0.2)^{a}	2.6 (±0.3)^{a}	3.1 (±0.3)^{a}
20–30 cm	2.5 (±0.2)^{a}	1.8 (±0.1)^{b}	3.0 (±0.3)^{a}
30–40 cm	2.5 (±0.1)^{a}	1.8 (±0.1)^{b}	2.5 (±0.3)^{a}
40–50 cm	2.0 (±0.1)^{a}	1.7 (±0.1)^{b}	2.5 (±0.3)^{a}

Medias (± error standard) seguidas de literales distintas en cada estrato de suelo indican diferencias estadísticas de acuerdo a Tukey ($p \leq 0.05$).

Reservas de carbono y nitrógeno del suelo

En el estrato superficial (0-10 cm), la SM mostró las mayores reservas de C del suelo, comparado con los ADP y MP. A pesar de lo anterior, en los estratos posteriores (10-20, 20-30, 30-40 y 40-50 cm), los MP mostraron las menores reservas de C del suelo que los SM y ADP (Cuadro 3). Nuestros resultados mostraron una marcada heterogeneidad en la distribución vertical de las reservas de C y N del suelo. Las mayores reservas de C de la SM en el estrato superficial (0-10 cm) se atribuye a la acumulación de hojarasca, raíces finas y actividad microbiana, procesos típicos de ecosistemas forestales conservados (Aryal *et al.*, 2018). Este patrón coincide con un estudio realizado en suelos Cambisoles, donde la vegetación natural (Matorral espinoso), almacenó 11.5% más C que los pastizales, debido a la estabilidad de la materia orgánica en suelos forestales (Martínez-Soto *et al.*, 2023). En estratos más profundos (10-50 cm), la reducción drástica de C en

monocultivos de pasto (MP) refleja la descomposición acelerada de la MO por la ausencia de cobertura arbórea y el laboreo, que incrementa la mineralización del suelo (López-Santiago *et al*., 2019; Martínez-Soto *et al*. 2023).

Por otra parte, los ADP y SM tuvieron las mayores reservas de N en la mayoría de estratos de suelo analizados, con excepción del estrato de 10-20 cm donde las SM y MP fueron similares entre ellas (2.9 vs. 3.2 Mg N ha^{-1}), pero inferiores a los ADP (3.8 Mg N ha^{-1}; Cuadro 3). Nuestros resultados mostraron que los sistemas ADP y SM presentaron los mayores reservorios de N en el estrato superficial del suelo (0-10 cm), lo cual se debe a la mayor acumulación de MO rica en dicho elemento. Además, se ha documentado que las reservas de N son mayores en los primeros 20 cm del perfil del suelo (Semere *et al*., 2024), lo que coincide con el presente estudio. De hecho, la remoción de vegetación nativa para establecer MP reduce la entrada de biomasa al suelo, mientras que el pisoteo del ganado compacta el suelo, limitando la infiltración y acelerando la erosión (Aryal *et al*., 2018; López-Santiago *et al*., 2019). Las menores reservas de N del suelo en los MP en el estrato de 10-20 cm podría relacionarse con alteraciones en la dinámica microbiana debido a labranza, que oxida la materia orgánica, reduce el humus estable y consecuentemente; la capacidad de retención de nutrientes (Franzluebbers, 2002). Además, la baja diversidad especies vegetales en los MP influye los aportes orgánicos que limitan la formación de agregados estables, esenciales para retener el N orgánico. En contraste, la mayor diversidad de raíces, hojarasca y exudados radicales en los ADP y SM promueven la formación de compuestos húmicos, cuya capacidad de retención hídrica crea microambientes ideales para favorecer la nitrificación microbiana (Six *et al*., 2000).

Con respecto a las reservas totales de C, las SM y los ADP mostraron los mayores valores promedio (119.1 y 113.3 Mg C ha^{-1}), comparado con los MP (81.7 Mg C ha^{-1}). Del mismo modo, los mayores reservorios totales de N del suelo fueron para los ADP y las SM (16.1 y 15.5 Mg N ha^{-1}), con relación a los MP que tuvieron un valor promedio de 12.7 Mg N ha^{-1} (Cuadro 3). Los sistemas ganaderos con ADP mostraron reservorios totales de C y N comparables a los de la SM (113.3 *vs*. 119.1 Mg C ha^{-1}; 16.1 *vs*. 15.5 Mg N ha^{-1}). Esto subraya su capacidad para mitigar el impacto de la actividad pecuaria mediante la retención de nutrientes dado que los árboles en ADP aportan hojarasca y exudados radicales que enriquecen la materia orgánica, y mejoran el reciclaje de N en el suelo (Aryal *et al*., 2019). Además, proveen un mejor microclima ya que la sombra reduce la temperatura del suelo, disminuyendo la tasa de descomposición, lo que incrementa la capacidad de retención de C y N en el suelo (Aryal *et al*., 2018). Por otro lado, la presencia de las especies leñosas en los sistemas ADP y SM pueden estar relacionado con las mayores reservas de C encontrados, ya que reducen la erosión de los suelos hasta un 78 % y mejoran sus propiedades fisicoquímicas (e.g., DA, pH, C y N). Además, las raíces finas favorecen a la regulación del pH del suelo, variable que ayuda a estabilizar el C (Falconeres Vogado et al., 2024; Mackay-Smith et al., 2024). También, la biomasa subterránea disminuye la compactación del suelo ocasionado por el pisoteo constante del ganado, lo que facilita el reciclaje de nutrientes a través de la senescencia de las raíces finas (Morales Ruiz *et al*. 2021).

Cuadro 2. Reservas de carbono y nitrógeno del suelo en diferentes estratos de suelo y total (0–50 cm), en sistemas ganaderos con árboles dispersos en potreros (ADP), monocultivos de pasto (MP) y áreas de selvas (SM), en el sur de Quintana Roo, México.

Estrato del suelo	ADP	MP	SM
	Reservas de C (Mg ha^{-1})		
0–10 cm	31.7 (±1.5)^{b}	29.0 (±1.9)^{b}	40.3 (±2.3)^{a}
10–20 cm	27.7 (±1.7)^{a}	21.4 (±1.7)^{b}	26.7 (±3.0)^{a}
20–30 cm	19.3 (±1.8)^{a}	13.2 (±1.4)^{b}	20.7 (±1.9)^{a}
30–40 cm	20.0 (±2.4)^{a}	9.7 (±1.2)^{c}	15.1 (±1.7)^{b}
40–50 cm	12.5 (±3.0)^{a}	8.4 (±1.3)^{b}	16.2 (±2.0)^{a}
Total (0–50 cm)	111.3 (±10.4)^{a}	81.7 (±7.4)^{b}	119.1 (±10.8)^{a}
	Reservas de N (Mg ha^{-1})		
0–10 cm	4.1 (±0.3)^{a}	3.7 (±0.2)^{b}	4.1 (±0.4)^{a}
10–20 cm	3.8 (±0.2)^{a}	2.9 (±0.3)^{b}	3.2 (±0.3)^{b}
20–30 cm	3.0 (±0.2)^{a}	2.1 (±0.2)^{b}	2.9 (±0.4)^{a}
30–40 cm	2.9 (±0.1)^{a}	2.0 (±0.2)^{b}	2.6 (±0.3)^{a}
40–50 cm	2.4 (±0.2)^{a}	1.9 (±0.2)^{b}	2.7 (±0.4)^{a}
Total (0–50 cm)	16.1 (±1.0)^{a}	12.7 (±1.1)^{b}	15.5 (±1.8)^{a}

Medias (± error standard) seguidas de literales distintas en cada estrato de suelo indican diferencias estadísticas de acuerdo a Tukey ($p \leq 0.05$).



CONCLUSIÓN

La conservación de la SM y la adopción de SSP son estrategias clave para preservar las reservas edáficas de C y N en el sureste mexicano. Mientras los monocultivos de pasto aceleran la degradación del suelo, los ADP son una alternativa viable para la producción ganadera y la sostenibilidad que contribuyen a la mitigación de los problemas ambientales relacionados con el cambio climático. Futuras investigaciones deberían cuantificar las tasas de secuestro de C y N en ADP a largo plazo y evaluar sinergias con biodiversidad vegetal y los microorganismos del suelo.

AGRADECIMIENTOS

A la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) por la beca otorgada para estudios de Maestría en Ciencias en Agroecosistemas Sostenibles al primer autor. Al TecNM campus IT de la Zona Maya por permitirme el uso de las instalaciones y equipos de laboratorio para llevar a cabo el presente estudio. A los productores ganaderos que nos permitieron el uso de sus predios para llevar a cabo este estudio.

BIBLIOGRAFÍA

Aryal DR, Morales-Ruiz DE, Tondopó-Marroquín CN, Pinto-Ruiz R, Guevara-Hernández F, Venegas JA, Ponce-Mendoza A, Villanueva-López G, Casanova-Lugo F, Rodríguez-Larramendi LA, Ley-De Coss A, Hernández-López A, Medina-Jonapá FJ, Velázquez-Sanabria CA, Alcudia-Aguilar A, Euán-Chi I (2018) Soil Organic Carbon Depletion from Forests to Grasslands Conversion in Mexico: A Review. Agriculture, 8(11), 181. https://doi.org/10.3390/agriculture8110181

Aryal DR, Gómez-González RR, Hernández-Nuriasmú R, Morales-Ruiz DE (2019) Carbon stocks and tree diversity in scattered tree silvopastoral systems in Chiapas, Mexico. Agroforestry Systems, 93(1), 213–227. https://doi.org/10.1007/s10457-018-0310-y

Aynekulu E, Suber M, Van Noordwijk M, Arango J, Roshetko JM, Rosenstock TS (2020) Carbon Storage Potential of Silvopastoral Systems of Colombia. Land, 9(9), 309. https://doi.org/10.3390/land9090309

Bender SF, Schulz S, Martínez-Cuesta R, Laughlin RJ, Kublik S, Pfeiffer-Zakharova K, Vestergaard G, Hartman K, Parladé E, Römbke J, Watson CJ, Schloter M, van der Heijden MGA (2023) Simplification of soil biota communities impairs nutrient recycling and enhances above- and belowground nitrogen losses. New Phytologist 240, no. 5: 2020–2034. https://doi.org/10.1111/nph.19252

Casanova-Lugo F, Petit-Aldana J, Solorio-Sánchez F, Ramírez-Avilés L, Ward SE, Villanueva-López G, Aryal DR. (2018) Carbon stocks in biomass and soils of woody species fodder banks in the dry tropics of Mexico. Soil Use and Management, 34(4), 500–509. https://doi.org/10.1111/sum.12456

Falconeres Vogado R, Antunes De Souza H, Sagrilo E, De Cássia Rodrigues De Brito L, Sidney Rocha Matias S, Lopes Teixeira Neto M, Oscar Lustosa De Oliveira Junior J, Aguiar Freitas De Andrade H, Fernando Carvalho Leite L (2024) Soil organic carbon stocks and fractions under integrated systems and pasture in the Cerrado of Northeast Brazil. CATENA, 243, 108196. https://doi.org/10.1016/j.catena.2024.108196

Franzluebbers AJ (2002) Soil organic matter stratification ratio as an indicator of soil quality. Soil and Tillage Research, 66(2), 95-106. https://doi.org/10.1016/S0167-1987(02)00018-1

García, M. E. 2004. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. 5a. Ed. Instituto de Geografía de la UNAM. México. 90 p.

IUSS Working Group WRB (2022) World Reference Base for Soil Resources. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. 4th edition. Vienna, Austria: International Union of Soil Sciences (IUSS).

Jose S (2009). Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: An overview. Agroforestry Systems, 76(1), 1–10. https://doi.org/10.1007/s10457-009-9229-7

Kumar BM (2023). Do carbon stocks and floristic diversity of tropical homegardens vary along an elevational gradient and based on holding size in central Kerala, India? Agroforestry Systems, 97(5), 751–783. https://doi.org/10.1007/s10457-023-00821-7

López-Santiago, J. G., Casanova-Lugo, F., Villanueva-López, G., Díaz-Echeverría, V. F., Solorio-Sánchez, F. J., Martínez-Zurimendi, P., Aryal, D. R., & Chay-Canul, A. J. (2019). Carbon storage in a silvopastoral system compared to that in a deciduous dry forest in Michoacán, Mexico. Agroforestry Systems, 93(1), 199–211. https://doi.org/10.1007/s10457-018-0259-x

Mackay-Smith TH, Spiekermann RI, Richards DR, Harcourt N, Burkitt LL (2024) An integrative approach to silvopastoral system design: Perspectives, potentials and principles. New Zealand Journal of Agricultural Research, 1–41. https://doi.org/10.1080/00288233.2023.2298922

Martínez-Soto RA, Cantú-Silva I, Yánez-Díaz MI, González-Rodríguez H, Bejar-Pulido SJ (2023) Reservorio de carbono y nitrógeno en un suelo Cambisol bajo dos usos de suelo en Linares, Nuevo León, México. Revista Mexicana de Ciencias Forestales, 14 (79):4-30. https://doi.org/10.29298/rmcf.v14i79.1339

Morales Ruiz DE, Aryal DR, Pinto Ruiz R, Guevara Hernández F, Casanova Lugo F, Villanueva López G (2021) Carbon contents and fine root production in tropical silvopastoral systems. Land Degradation & Development, 32(2), 738–756. https://doi.org/10.1002/ldr.3761

Pérès G, Cluzeau D, Menasseri S, Soussana JF, Bessler H, Engels C, Habekost M, Gleixner G, Weigelt A, Weisser WW, Scheu S, Eisenhauer N (2013) Mechanisms linking plant community properties to soil aggregate stability in an experimental grassland plant diversity gradient. Plant and Soil, 373, 285–299. https://doi.org/10.1007/s11104-013-1791-0

Piccoli I, Polese R, Berti A (2024) Low efficacy of different crop residue management on C and N stocks after five decades. Soil and Tillage Research, 244:106224. https://doi.org/10.1016/j.still.2024.106224

Ribeiro JM, Freitas ICD, Brito BGSE, Fernandes LA, Leite LFC, Barbosa DLDA, Santos MV, Cerri CEP, Frazão LA (2023) Agrosilvopastoral system as a potential model for increasing soil carbon stocks: A century model approach. Revista Brasileira de Ciência Do Solo, 47, e0220136. https://doi.org/10.36783/18069657rbcs20220136

Semere, M., Tadesse, C., Abebe, T., Cherinet, A., & Gebreyesus, M. (2024). Comparative Carbon Stock Potential of Indigenous Agroforestry Systems in Silte Wereda, Southern Ethiopia. East African Journal of Forestry and Agroforestry, 7(1), 134–145. https://doi.org/10.37284/eajfa.7.1.1868

Six J, Elliott ET, Paustian K (2000) Soil macroaggregate turnover and microaggregate formation: a mechanism for C sequestration under no-tillage agriculture. Soil Biology and Biochemistry, 32(14), 2099-2107. https://doi.org/10.1016/S0038-0717(00)00179-6

Xu X, Liu W, Zhang C, Kiely G (2011) Estimation of soil organic carbon stock and its spatial distribution in the Republic of Ireland. Soil Use and Management, 27(2), 156-162. https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.2011.00342.x



SE-16. Diagnóstico cromatográfico da qualidade biológica do solo em sistemas agrossilvipastoris: uma abordagem agroecológica visual
Chromatographic diagnosis of soil biological quality in agroforestry systems: a visual agroecological approach

Elaine Cristina Teixeira[1], *Beatriz Fernandes do Valle Silva*[2], *Débora Yasmin Dias Fagundes*[3], *Gustavo de Oliveira Moreira*[4], *Antônio Alves de Souza Neto*[3], *Iberê Martí Moreira da Silva*[5], *Iran Dias Borges*[6], *Yara Guedes da Costa Guedes*[7]

[1]Professor Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de São João del Rei, campus Sete Lagoas

[2] Graduação Engenharia Florestal, Universidade Federal de São João del Rei, campus Sete Lagoas

[3] Graduação Engenharia Agronômica, Universidade Federal de São João del Rei, campus Sete Lagoas

[4] Mestrando Ciências Agrárias, Universidade Federal de São João del Rei, campus Sete Lagoas

[5] Professor Departamento de Ciências Agrárias, Universidade Federal de São João del Rei, campus Sete Lagoas

[6] Engenheiro Florestal, Diretor Organização Agroecologia;

[7] Doutoranda em Zootecnia. Universidade Federal de Minas Gerais

*Autor para correspondência: elaineteixeira@ufsj.edu.br

RESUMO

A qualidade biológica do solo representa um componente-chave na manutenção da funcionalidade ecossistêmica dos agroecossistemas. Este estudo objetivou caracterizar e comparar a qualidade do solo em três sistemas contrastantes de uso e manejo: consórcio Piatã-Cratília, sistema Lavoura-Pecuária-Floresta (LPF) e pastagem extensiva. Para isso, utilizou-se a cromatografia circular de Pfeiffer como metodologia qualitativa integradora capaz de refletir, por meio de padrões visuais, a dinâmica da matéria orgânica, a atividade microbiológica e a organização estrutural do solo. Os resultados evidenciaram que o sistema consorciado apresentou cromatogramas com alta simetria radial, cores intensas e anéis bem definidos, indicando elevada atividade microbiana e estrutura agregada estável. Em contraste, o sistema LPF revelou padrões desorganizados e centro esbranquiçado, sugerindo degradação biológica e química. A pastagem apresentou perfil intermediário, com boa porosidade e atividade biológica moderada. A aplicação da cromatografia como ferramenta diagnóstica em contextos agroecológicos mostrou-se promissora, com potencial para subsidiar estratégias participativas de monitoramento e manejo regenerativo do solo.

Palavras chave: *bioindicadores do solo; agroecologia; cromatografia de Pfeiffer; funcionalidade biológica; qualidade ambiental*

ABSTRACT

Soil biological quality represents a key component in maintaining the ecosystem functionality of agroecosystems. This study aimed to characterize and compare soil quality in three contrasting systems of use and management: Piatã-Cratília intercropping, Crop-Livestock-Forest (ILPF) system and extensive pasture. For this, Pfeiffer's circular chromatography was used as an integrative qualitative methodology capable of reflecting, through visual patterns, the dynamics of organic matter, microbiological activity and the structural organization of the soil. The results showed that the intercropping system presented chromatograms with high radial symmetry, intense colors and well-defined rings, indicating high microbial activity and stable aggregate structure. In contrast, the LPF system revealed disorganized patterns and whitish center, suggesting biological and chemical degradation. The pasture presented an intermediate profile, with good porosity and moderate biological activity. The application of chromatography as a diagnostic tool in agroecological

contexts have shown promise, with the potential to support participatory strategies for monitoring and regenerative soil management.

Key words: *soil bioindicators; agroecology; Pfeiffer chromatography; biological functionality; environmental quality*

INTRODUÇÃO

A degradação do solo configura-se como uma das principais ameaças à sustentabilidade agroambiental, impactando diretamente a biodiversidade edáfica, a ciclagem de nutrientes e a estabilidade dos sistemas produtivos (LAL, 2015; LEHMANN et al., 2020). Em resposta a esse cenário, abordagens baseadas na agroecologia têm ganhado destaque por proporem o redesenho ecológico dos agroecossistemas a partir da valorização dos processos biológicos e da integração entre saberes científicos e tradicionais (ALTIERI; NICHOLLS, 2020).

100-SE

A qualidade biológica do solo é reconhecida como um dos indicadores mais sensíveis às mudanças no uso e manejo da terra. Essa dimensão refere-se à capacidade do solo de sustentar comunidades microbianas diversificadas e funcionais, fundamentais para a mineralização de nutrientes, supressão de patógenos e formação de agregados (DELGADO-BAQUERIZO et al., 2018; RILLIG et al., 2019).

Nesse contexto, métodos qualitativos como a cromatografia circular de Pfeiffer destacam-se por sua simplicidade, baixo custo e potencial para uso em processos participativos de avaliação da qualidade do solo. Essa técnica permite visualizar atributos biológicos, físicos e químicos do solo por meio de padrões cromáticos gerados pela interação entre extratos do solo e reagentes em papel-filtro (KUTZNER et al., 2019).

O presente estudo visa aplicar a cromatografia de Pfeiffer como ferramenta diagnóstica em três sistemas de uso do solo na pecuária, discutindo sua capacidade de discriminar qualitativamente condições edáficas distintas e seu potencial como instrumento de educação agroecológica e monitoramento comunitário.

MATERIAIS E MÉTODOS

As coletas foram realizadas em três sistemas produtivos distintos durante o ano agrícola de 2024, todos situados na região central do estado de Minas Gerais. A área é classificada como uma savana tropical (ou seja, Cerrado brasileiro) com uma estação seca (maio-setembro) e uma estação chuvosa (outubro-abril), que também é classificada como clima Aw de acordo com o sistema de classificação Köppen-Geiger. A temperatura média anual é de 22.9 °C, com 24.4 °C no verão e 22 °C no inverno. O primeiro sistema consistia em um sistema silvipastoril entre gramínea *Urochloa brizantha* cv. Piatã e leguminosa *Cratylia argentea* (Sistema Piatã-Cratília) estabelecido em janeiro de 2020. O segundo sistema, classificado como ILPF (integração lavoura-pecuária-floresta) módulos de quatro renques de linha simples de eucalipto (*Eucaliptus urophylla* clone GG 100) que se encontram implantados no espaçamento 15 x 2 m, por 80 metros de comprimento para cada renque, correspondendo a 333 árvores por hectare. Estes renques de eucalipto foram introduzidos em cada módulo entre os anos de 2009 e 2011. Nos primeiros três anos de introdução das mudas de eucalipto passaram a ser introduzidas as culturas anuais de milho consorciado com *Urochloa brizantha* cv. Piatã entre os renques, sendo que após a colheita do milho no terceiro ano, a forrageira permaneceu consorciada com o eucalipto, visando avaliar a produtividade da matéria seca. No ano de 2014 foi promovido o desbaste de metade da área e a população de árvores foi reduzida em 50% do estande inicial na área desbastada. Ato contínuo, o módulo inicial foi dividido em duas subáreas com densidades respectivas de 333 e 166 árvores por hectare. E no ano seguinte de 2015, o mesmo procedimento foi realizado na área implantada no ano de 2011. Em 2019, a área plantada de eucalipto em 2009 teve sua população arbórea reduzida em 50%, resultando em uma densidade de 84 árvores por hectare. Após a realização deste manejo o capim *Urochloa brizantha* cv. Piatã introduzido na área foi dessecado, e substituído pelo plantio de soja, e no ano seguinte no final de 2020. O terceiro sistema, de *U. brizantha* cv. Piatã em monocultivo implantado em 2020, ausência de adubações ou correções sistemáticas desde a implantação.

Adotou-se o protocolo de cromatografia circular descrito por Almeida e Silva (2015), onde como abordagem qualitativa para avaliação da qualidade do solo. O procedimento iniciou-se com a preparação do extrato aquoso, obtido por meio da homogeneização de 10 g de solo seco (pré-peneirado em malha de 2 mm) em 50 mL de água destilada.

A seguir, 1 mL do extrato foi cuidadosamente aplicado no centro de papel-filtro previamente impregnado com solução de nitrato de prata. Os cromatogramas foram incubados por 48 horas, em ambiente escuro e sob temperatura controlada, a fim de garantir reações químicas estáveis e padrões visuais consistentes

Os cromatogramas foram documentados fotograficamente e avaliados de forma comparativa por 5 avaliadores. Escores visuais (0 a 10) foram atribuídos para cada zona funcional, de forma comparativa entre sistemas. As zonas de reação foram analisadas segundo quatro domínios funcionais do solo, conforme Rivera e Pinheiro (2011) (Figura 1): A zona central, indicando as condições de aeração, oxigenação e atividade microbiana do solo; sua ausência ou coloração preta/cinza revela solos compactados, degradados e pobres em matéria orgânica ou com excesso de químicos, enquanto tons branco-creme e transição suave para as zonas seguintes indicam solos bem estruturados, com matéria orgânica ativa e alta atividade microbiológica.

A zona interna, também chamada de zona mineral, mostra as reações com os minerais e a retenção de substâncias pesadas, podendo aparecer isolada em solos degradados ou integrada às demais zonas em solos em recuperação ou bem manejados. A zona intermediária, ou zona proteica/orgânica, expressa a presença e qualidade da matéria orgânica e indica se ela está ou não integrada e biologicamente ativa. Por fim, a zona externa, conhecida como zona enzimática ou nutricional, revela a abundância e diversidade de nutrientes, enzimas e compostos biológicos disponíveis, sendo que padrões suaves e nuvens marrons ou castanho-claro apontam para solos saudáveis, ricos e equilibrados.





Figura 1. Indicação das zonas de interpretação da Cromatografia (Fonte: Rivera e Pinheiro 2011)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Sistema Piatã-Cratília

Os cromatogramas gerados a partir das amostras do sistema Piatã-Cratília apresentaram um padrão morfológico notavelmente equilibrado, caracterizado por um centro de coloração amarelada homogênea, anéis concêntricos marrom-escuros bem definidos e bordas externas claras e simétricas (Figura 2). Essa conformação é amplamente reconhecida na literatura como indicativa de elevada atividade microbiológica, mineralização eficiente da matéria orgânica e robustez da estrutura física do solo (LEHMANN et al., 2020; ZHOU et al., 2022). Tal configuração reflete, em nível funcional, a sinergia ecológica promovida pela consorciação entre a gramínea Urochloa brizantha e a leguminosa arbustiva Cratylia argentea, cujo efeito cumulativo resulta em alta diversificação biológica e funcionalidade edáfica maximizada. Essa associação simbólica confere ao solo maior resiliência frente a estresses abióticos e incremento substancial da capacidade de sustentação de sistemas agroecológicos.



Figura 2. Cromatograma consórcio entre gramínea *Urochloa brizantha* cv. Piatã e leguminosa *Cratylia argentea* (Sistema Piatã-Cratília)

Cardinale et al. (2012) evidenciam que ecossistemas com complexidade vegetal elevada favorecem o estabelecimento de comunidades microbianas resilientes, capazes de sustentar funções ecológicas mesmo sob perturbações antrópicas ou climáticas. Essa estabilidade funcional é basilar na construção de agroecossistemas sustentáveis. Pérez-Jaramillo et al. (2016), por sua vez, demonstram que a interação entre leguminosas e a microbiota do solo favorece a dinamização dos ciclos de nitrogênio e carbono, promovendo a estruturação de agregados edáficos e aumentando a capacidade de retenção de água. Banerjee et al. (2019) reforçam essa perspectiva ao correlacionar sistemas de consórcio vegetal com maior complexidade e conectividade das redes microbianas edáficas. Tais condições potencializam os serviços ecossistêmicos, como o sequestro de carbono, a regulação hídrica e o controle biológico de fitoparasitas. A presença de leguminosas, como a Cratylia, contribui ainda para a fixação biológica de nitrogênio, reduzindo a dependência de fertilizantes minerais e favorecendo a eficiência econômica do sistema.

Sistema ILPF

O sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), apesar de seu potencial conceitual, revelou limitações operacionais significativas quando submetido à análise cromatográfica. Os cromatogramas exibiram um centro opaco, anéis fragmentados e bordas simétricas com coloração irregular (Figura 3), indicando processos de degradação biológica, compactação física e acúmulo de compostos solúveis. Essa tipologia está diretamente associada ao manejo intensivo baseado em mecanização, uso de insumos químicos e ausência de cobertura vegetal permanente (RITSEMA et al., 2022).



Figura 3. Cromatograma ILPF (integração lavoura-pecuária-floresta) (*Eucaliptus urophylla* clone GG 100; Urochloa brizantha cv. Piatã e alternância de cultivo de milho e soja.

Liang et al. (2020) apontam que práticas intensivas resultam na fragmentação dos microhabitats do solo e na degradação das redes tróficas microbianas, comprometendo o armazenamento de carbono e a estabilidade dos agregados. Soong et al. (2021) afirmam que sistemas com baixa heterogeneidade estrutural perdem capacidade de ciclagem de nutrientes e apresentam disfunções biogeoquímicas. Tautges et al. (2019) corroboram ao demonstrar que monocultivos e pouca diversificação de rotação resultam em homogeneização microbiana e menor capacidade de resiliência do solo.

A eficiência do sistema ILPF é altamente dependente da qualidade da implementação técnico-agronômica. A simples disposição de elementos vegetais não é suficiente para garantir funcionalidade ecológica. A integração eficaz requer manejo agroecológico com enfoque na diversificação funcional, uso mínimo de insumos externos e priorização da vida do solo como substrato para sustentabilidade.

Pastagem Monocultura

As amostras oriundas de pastagens manejadas sob monocultura revelaram cromatogramas com centro claro, anéis discretos e bordas difusas (Figura 4), sugerindo uma estrutura edáfica biologicamente ativa, mas funcionalmente enfraquecida. Embora a atividade microbiana ainda esteja presente, seu nível de diversificação é limitado. Isso é esperado em sistemas baseados em gramíneas com baixa inserção de leguminosas, pastejo continuado e ausência de rotação adequada, que restringem o aporte de carbono labíl e comprometem o dinamismo das cadeias tróficas edáficas (BAVEYE et al., 2020).



Figura 4. Cromatograma *Urochloa brizantha* cv. Piatã em monocultivo.

García-Palacios et al. (2016) evidenciaram que a homogeneidade de vegetação leva à simplificação das comunidades microbianas, resultando em menor funcionalidade biogeoquímica. No entanto, esse sistema apresenta potencial de restauração ecológica. Reganold et al. (2020) demonstram que a introdução de leguminosas, o manejo rotativo e a redução da pressão de pastejo contribuem para o aumento da porosidade, da respiração microbiana e da capacidade de retenção de água. A presença de anéis ainda simétricos na cromatografia sugere que a base biológica do solo não foi totalmente comprometida, o que abre margem para estratégias regenerativas.

Análise Integrada

A análise comparativa entre os sistemas revelou um gradiente funcional consistente (Figura 5). O sistema consorciado Piatã-Cratília apresentou superioridade em todos os indicadores visuais cromatográficos, enquanto o sistema ILPF, apesar de seu potencial, apresentou os menores valores, refletindo degradação da qualidade biológica e física. A pastagem situou-se em uma posição intermediária, indicando degradação parcial, mas ainda passível de reabilitação. Tais achados corroboram a literatura contemporânea que reconhece os bioindicadores visuais como ferramentas de triagem rápida para orientar decisões de manejo adaptativo.

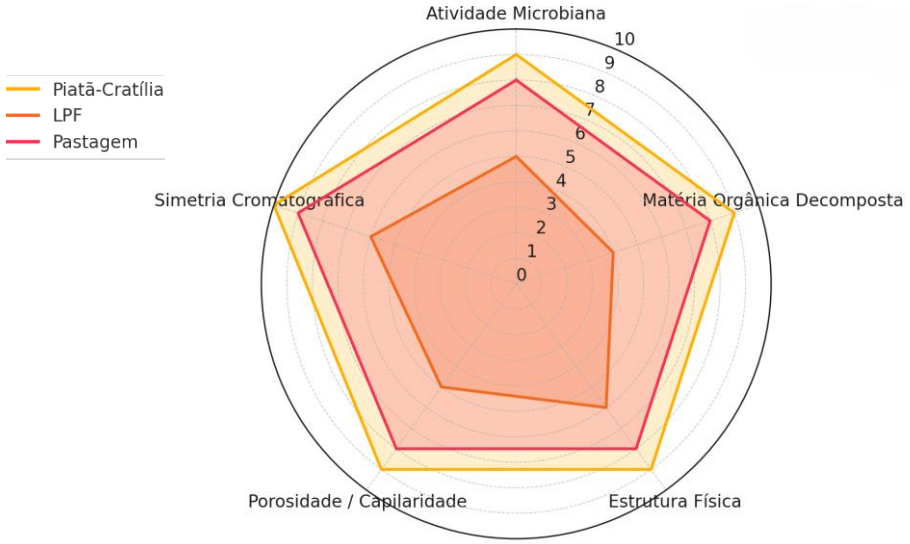


Figura 5. Comparação qualitativa de solos em sistema silvipastoril Piatã-Cratília, integração lavoura-pecuária-floresta e *U. brizantha* cv. Piatã em monocultivo por Cromatografia Circular de Pfeiffer.

Jansson e Hofmockel (2020) destacam que a diversidade microbiana, modulada pelas interações planta-solo, é um dos principais vetores da resiliência edáfica. Beiller et al. (2023) reforçam que indicadores biológicos subterrâneos têm correlação direta com a sustentabilidade de uso da terra e propõem que ferramentas qualitativas, como a cromatografia circular, sejam incorporadas a protocolos de monitoramento em larga escala. Considerando o cenário contemporâneo de mudanças climáticas e crescente pressão sobre os recursos naturais, metodologias participativas de diagnóstico, de baixo custo e elevada inteligibilidade, como a cromatografia de Pfeiffer, são fundamentais para a transição agroecológica.

A aplicabilidade dessa técnica em contextos de educação agroecológica, extensão rural e processos formativos participativos é notória. Ao proporcionar uma representação visual tangível da qualidade do solo, a cromatografia promove a compreensão coletiva das dinâmicas edáficas e fomenta a tomada de decisão baseada em evidências sensíveis ao contexto territorial.

CONCLUSÃO

A cromatografia circular de Pfeiffer mostrou-se uma metodologia eficaz para diagnosticar qualitativamente a funcionalidade do solo, revelando diferenças estruturais e biológicas induzidas por distintos sistemas de manejo. O uso da técnica em contextos agroecológicos evidencia seu potencial como instrumento de formação, extensão rural e monitoramento participativo da qualidade ambiental.

Os resultados apontam que sistemas mais biodiversos, com práticas regenerativas e ausência de insumos sintéticos, promovem maior atividade biológica, estabilidade estrutural e capacidade funcional do solo. Incentiva-se o uso ampliado da metodologia como parte de um conjunto de ferramentas para transição agroecológica em territórios rurais.

BIBLIOGRAFIA

Altieri, M. A.; Nicholls, C. I. Agroecology and the emergence of a post COVID-19 agriculture. *Agriculture and Human Values*, 37, 2020.

Banerjee, S. et al. Agricultural intensification reduces microbial network complexity and the abundance of keystone taxa in roots. ISME Journal, v. 13, p. 1722–1736, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.1038/s41396-019-0383-2

Baveye, P. et al. The "too good to be true" illusion in soil science: Implications for using visual methods. European Journal of Soil Science, v. 71, n. 1, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1111/ejss.12823

Beiller, T. J. et al. Linking belowground biodiversity to land management and soil functions. Nature Communications, v. 14, n. 1, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.1038/s41467-023-37488-7

Cardinale, B. J. et al. Biodiversity loss and its impact on humanity. Nature, v. 486, p. 59–67, 2012. Disponível em: https://doi.org/10.1038/nature11148

Delgado-Baquerizo, M. et al. A global atlas of the dominant bacteria found in soil. *Science*, 359(6373), 2018.

García-palacios, P. et al. Are there links between plant functional traits and soil microbial community structure? A meta-analysis. Ecology Letters, v. 19, n. 9, p. 955–964, 2016. Disponível em: https://doi.org/10.1111/ele.12605

Jansson, J. K.; hofmockel, K. S. Soil microbiomes and climate change. Nature Reviews Microbiology, v. 18, p. 35–46, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1038/s41579-019-0265-7

Kutzner, L. et al. Soil structural and biochemical properties in response to regenerative agriculture. *Geoderma*, 354, 2019.

Lal, R. Restoring soil quality to mitigate soil degradation. *Sustainability*, 7(5), 2015.

Lehmann, J. et al. The concept and future prospects of soil health. *Nature Reviews Earth & Environment*, 1, 2020.

Lehmann, J. et al. The soil microbiome and human health. Nature Reviews Microbiology, v. 18, p. 82–83, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1038/s41579-019-0286-2

Liang, C. et al. The importance of anabolism in microbial control over soil carbon storage. Nature Microbiology, v. 5, p. 560–569, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1038/s41564-019-0631-z

Pérez-jaramillo, J. E. et al. The wild side of plant microbiomes. Microbiome, v. 4, n. 1, p. 60, 2016. Disponível em: https://doi.org/10.1186/s40168-016-0201-2

Reganold, J. P. et al. Transforming agriculture through regenerative farming systems. Renewable Agriculture and Food Systems, v. 35, n. 4, p. 291–301, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1017/S1742170519000372

Rillig, M. C. et al. The role of multiple global change factors in driving soil functions and microbial biodiversity. *Science*, 366(6467), 2019.



Ritsema, C. J. et al. Soil and land degradation in a changing world. Land Degradation & Development, v. 33, n. 1, p. 27–43, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.1002/ldr.4126

Rivera, J. R.; Pinheiro, S. Cromatografía: imágenes de vida y destrucción del suelo. Cali: Feriva, 2011

Soong, J. L. et al. Microbial trait-based approaches to assess nutrient cycling in agroecosystems. Nature Ecology & Evolution, v. 5, p. 1241–1252, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1038/s41559-021-01526-2

Tautges, N. E. et al. Deep soil inventories reveal that impacts of cover crops and compost on soil carbon vary by depth. Global Change Biology, v. 25, p. 3753–3766, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.1111/gcb.14762

Zhou, J. et al. Interactive effects of legumes and microbes on soil health and crop productivity. Soil Biology and Biochemistry, v. 170, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2022.108728

SE-17. Efecto de la fertilización en la producción y absorción de nutrientes de la *Trichanthera gigantea*
Effect of fertilization on the production and nutrient uptake of *Trichanthera gigantea*

Julián Mauricio Botero Londoño[1], Erika Mayerly Celis Celis1[1], Franklin Alexander Sepúlveda Sepúlveda[2], Laura Yiceth Sanabria Medina[1], Mónica Andrea Botero Londoño[2].

[1]Universidad Industrial de Santander Sede Málaga, Calle 20 #06 – 20.

[2]Universidad Industrial de Santander- Bucaramanga, Calle 9 Cra 27.

RESUMEN

La integración de especies nativas en sistemas agrosilvopastoriles representa una estrategia sostenible que promueve la biodiversidad, optimiza los servicios ecosistémicos y contribuye a la sostenibilidad de la producción ganadera. El objetivo del presente estudio fue determinar la producción de biomasa, calidad nutricional y absorción de nutrientes de la *Trichanthera gigantea* con base en diferentes niveles de fertilización. Para ello, se implementó un diseño experimental completamente al azar, conformado por 4 bloques, 4 tratamientos y 4 réplicas por tratamiento. Cada unidad experimental estuvo compuesta por 13 plantas. Los tratamientos evaluados fueron: T1, tratamiento control; T2, 20g de fertilizante, T3, 40g de fertilizante y T4, 60g de fertilizante. El fertilizante utilizado contenía 31.65% de nitrógeno, 10.35% de fósforo y 10.32% de potasio. Se realizaron 3 cortes experimentales, con una frecuencia de 40 días entre cada uno. Para cuantificar la producción de biomasa, se realizaron cortes a 30 cm de altura. Las muestras recolectadas fueron pesadas, deshidratadas y almacenadas individualmente para determinar su contenido de materia seca. Con los datos recolectados se estimó la producción de biomasa en base fresca y base seca. Para evaluar la calidad nutricional se realizaron análisis bromatológicos con base en los protocolos establecidos por el Laboratorio de Reconversión Ganadera de la Universidad Industrial de Santander. Las variables evaluadas fueron: cenizas (%, diferencia gravimétrica 550 °C por 7 horas), proteína (%, cuantificación del porcentaje de nitrógeno empleando un analizador elemental CHNS/O, el cual fue multiplicado por un factor de 6,25), energía (kcal kg^{-1}, haciendo uso de un calorímetro Parr 6200). Para determinar la absorción de nutrientes se realizaron análisis foliares determinando la concentración de: N, P, K, Ca, Mg, Mn, Fe, Zn, Cu, B, y Na. Las variables experimentales fueron sometidas a un análisis de varianza ANOVA y siempre que hubo diferencias ($p<0.05$) se utilizó la prueba de rangos múltiples de Tukey para la separación de medias incluido en el programa estadístico R. La producción de biomasa osciló entre 480 y 1180 g m^{-2}, con un incremento significativo asociado a la fertilización. El contenido de proteína mostró una tendencia similar, con valores entre 14.99 y 18.57%. La energía no presentó diferencias, registrando valores entre 3894 y 3935 kcal kg^{-1}. Los elementos que fueron incluidos en la fertilización (nitrógeno, fósforo y potasio) evidenciaron un aumento en su concentración conforme se incrementó la dosis de fertilización. Los elementos que no fueron incluidos en la fertilización presentaron una reducción en sus contenidos. Los resultados destacan la importancia de la fertilización para incrementar tanto la producción de biomasa como la calidad nutricional en *Trichanthera gigantea*. Asimismo, se evidencia que la adición de fertilizantes favorece un aumento en la concentración y absorción de nutrientes en la planta.

Palabras clave: *biomasa, calidad nutricional, análisis bromatológico, análisis foliar*

AGRADECIMIENTOS

Agradecimiento a la Universidad Industrial de Santander quien financió la investigación mediante el proyecto titulado "Producción de forrajes, nanofertilizantes y sistemas agrofotovoltaicos en la elaboración de alimentos balanceados para bovinos de leche en la provincia de García Rovira", identificado con código 4242.

ABSTRACT

The integration of native species into agrosilvopastoral systems represents a sustainable strategy that promotes biodiversity, optimizes ecosystem services, and contributes to the sustainability of livestock production. The objective of the present study was to determine the biomass production, nutritional quality, and nutrient uptake of *Trichanthera gigantea* under different fertilization levels. For this purpose, a completely randomized experimental design was implemented, consisting of 4 blocks, 4 treatments and 4 replicates per treatment. Each experimental unit was composed of 13 plants. The treatments evaluated were: T1, control; T2, 20 g of fertilizer; T3, 40 g of fertilizer and T4, 60 g of fertilizer. The fertilizer used contained 31.65% nitrogen, 10.35% phosphorus and 10.32% potassium. Three experimental cuts were made, with a frequency of 40 days between each one. To quantify biomass production, cuttings were made at 30 cm height. The collected samples were weighed, dehydrated and stored individually to determine their dry matter content. With the collected data, biomass production was estimated on a fresh and dry basis. To evaluate nutritional quality, bromatological analyses were carried out based on the protocols established by the Livestock Reconversion Laboratory of the Universidad Industrial de Santander. The variables evaluated were: ash (%, gravimetric difference at 550 °C for 7 hours), protein (%, quantification of the percentage of nitrogen using a CHNS/O elemental analyzer, which was multiplied by a factor of 6.25) and energy (kcal kg^{-1}, using a Parr 6200 calorimeter). To determine nutrient uptake, foliar analyses



were carried out to determine the concentration of: N, P, K, Ca, Mg, Mn, Fe, Zn, Cu, B, and Na. Experimental variables were subjected to analysis of variance (ANOVA) and whenever there were differences (p<0.05), Tukey's multiple range test was used for mean separation as implemented in the R statistical software. Biomass production ranged from 480 to 1180 g m^{-2}, showing a significant increase in response to fertilization. Protein content followed a similar trend, with values between 14.99 to 18.57%. Energy didn't show differences, registering values between 3894 to 3935 kcal kg^{-1}. The elements included in the fertilization (nitrogen, phosphorus, and potassium) showed an increase in their concentration as the fertilization dose increased. The elements that were not included in the fertilization exhibited a decrease in their contents. The results highlight the importance of fertilization to increase both biomass production and nutritional quality in *Trichanthera gigantea*. Additionally, it's evident that adding fertilizers promotes an increase in nutrient concentration and uptake in the plant.

Key words: *biomass, nutritional quality, bromatological analysis, foliar analysis*

ACKNOWLEDGMENTS

We express our gratitude to the Universidad Industrial de Santander, which funded this research through the project titled "Production of Forages, Nanofertilizers, and Agrophotovoltaic Systems in the Elaboration of Balanced Feeds for Dairy Cattle in the Province of García Rovira", identified with code 4242.

SE-18. Compactación de un Oxisol de piedemonte por efecto de sistemas de pasturas
Compaction of a piedmont Oxisol by the effect of pasture systems

Silva-Parra, A.[1]; Sánchez-García, M.C.[2]; Trujillo-Gonzalez-J.M.[3]*

[1]Docente Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Universidad de los Llanos, Sede Barcelona km 12 vía a Puerto López, Villavicencio, Colombia.

[2]Estudiante Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Semillero Solum, Tropicus, Ómicas, Universidad de los Llanos, Sede Barcelona km 12 vía a Puerto López, Villavicencio, Colombia.

[3]Docente Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería, ICAOC, Universidad de los Llanos, Sede Barcelona km 12 vía a Puerto López, Villavicencio, Colombia.

*Correspondencia a: asilvap@unillanos.edu.co

ABSTRACT

Pasture compaction due to overgrazing decreases soil macroporosity, which can be measured by soil bulk density. The objective of this research was to evaluate the impact of three pasture types over 10 years old: degraded pasture (DP), a silvopastoral system of Brachiaria decumbens associated with *Acacia mangium* (SSP), and an improved pasture of *Brachiaria decumbens* (PM) on the compaction of a clayey Oxisol in the Piedmont Llanero region. Random sampling was carried out at three points every 10 m at a depth of 30 cm to obtain a composite sample. In the SSP, sampling was carried out in the area of influence of trees, pastures, and animals, with 5 replicates for each system in a completely randomized design (CRD). To evaluate compaction, the following soil physical variables were measured: bulk density (BD), total porosity (TP), macroporosity (MP), and total porosity. Analysis of variance and Tukey's means comparison tests (95%) were performed using INFOSTAT. The results indicated that the SSP does not present compaction problems with DA values of 1.23 g/cm^3 for clayey soil, Pt of 51.59%, macroporosity of 23.06%, with respect to the PD (DA=1.56 g/cm^3; Pt= 33.31%, M= 7.34%), which showed to be the most deteriorated in its physical properties, indicating compaction problems and loss of macroporosity. Good physical properties were identified in the PM with values close to those of the SSP. SSPs appear to be an environmentally sustainable option to improve aeration in a Piedmont Oxisol, since the soil macroporosity is increased.

Key words*: compaction, improved pasture, silvopastoral system, sustainability*

INTRODUCCION

El empleo de indicadores edáficos se ha dirigido fundamentalmente a conocer el efecto de las perturbaciones causadas por diferentes sistemas de pasturas, como de manejo de los animales, siendo las pasturas degradadas una preocupación mundial ya que rebaja la capacidad de aireación de los suelos y se relaciona con la productividad de los suelos, la producción de carne y leche, relacionada con el secuestro de C y la huella de C (Nair *et al.* 2009).

Los problemas de compactación de pasturas se ven reflejadas en indicadores físicos del suelo como son una alta densidad aparente y la falta de macroporosidad del suelo. La compactación del suelo produce un aumento de la densidad aparente, destruye y debilita su estructura, reduciendo la porosidad total. Por su parte, la porosidad no tiene toda la misma función en el suelo, por lo que cambios en el contenido total de poros poco nos dice sobre los cambios en la funcionalidad del sistema (Arranz *et al.*, 2004). Por este motivo, el análisis de los diferentes tamaños de poros permite conocer con mayor detalle sobre la dinámica del agua y la capacidad de aireación de los suelos por los efectos en los usos del suelo. Los SSP integran árboles, pasturas y animales y son de uso múltiple que favorece el reciclaje de nutrientes y mejora las condiciones físicas del suelo relacionada con la capacidad de aireación. Diversos estudios se han realizado para conocer el impacto de estos sistemas en mejorar la calidad del suelo, en términos de sostenibilidad y sustentabilidad (Ibrahim *et al.* 2006). Por tanto, el objetivo del presente trabajo fue evaluar los cambios en algunas propiedades físicas de suelos en diferentes sistemas de pastura utilizadas durante varios años en un Oxisol de Piedemonte Llanero, Cumaral, Meta (Colombia).

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación fue realizada en sistemas de pasturas de Cumaral (Meta), Colombia. Geográficamente localizada en las Coordenadas Latitud: 4° 16' 10'' Norte; Longitud: 73° 29' 11'' Oeste.; con una altitud de 452 msnm.

Los suelos de esta zona se clasifican como Oxisoles, con tendencia a la compactación, son suelos ácidos y con baja saturación de bases, considerados como distróficos.

Fueron evaluados tres sistemas de pasturas de más de 10 años, pastura degradada (PD), pastura mejorada con pasto *B. decumbens* (PM), y sistema silvopastoril (SSP) de pasto *Brachiaria* con árboles de *Acacia mangium* dispuestos en cerca viva. Para considerar la degradación de la pastura se aplicó los delineamientos de Padilla *et al.* (2009). En cada sistema



se colectaron cinco muestras compuestas (repeticiones) de tres puntos a 20 cm de profundidad, teniendo un total de 15 unidades de muestreo.

Se determinó la densidad aparente del suelo (Da) empleando el método del terrón parafinado, dividiendo la masa del suelo seco a 105°C, considerando el espacio poroso, para el volumen del terrón. Para la densidad real (Dr) se dividió la masa del suelo seco para su volumen, sin considerar el espacio poroso, utilizando el método del balón volumétrico. Se calculó la porosidad total (Pt) a partir de la Da y Dr, la Macroporosidad del suelo se calculó por diferencia entre Pt y microporosidad (m) a partir de la determinación de la humedad volumétrica a capacidad de campo (Jaramillo, 2002).

Los resultados de cada variable en los diferentes sistemas de pasturas, fueron analizados estadísticamente usando un Diseño Completamente al Azar, y las diferencias y similitudes entre medias de tratamientos, fueron separadas con la Prueba de Tukey (P=≤0,05) empleando el programa estadístico INFOSTAT (Di Rienzo *et al.*, 2011).

RESULTADOS Y DISCUSION

Al analizar las variables físicas consignadas en la Tabla 1, la Dr, no presento diferencias estadísticas significativas entre los sistemas de pasturas, indicativo de que esta variable no es adecuada para determinar los efectos de estos sistemas sobre el suelo. La Da presenta diferencias estadísticas significativas entre los sistemas de pasturas siendo mayor en la PD (1.56 g/cm^3), e igual entre la PM y el SSP (1.35 y 1.23 g/cm^3) respectivamente. La Pt indica que el SSP y la PM fueron iguales (51.59 y 41.52%) respectivamente frente a la PD (33.31%), indicando que en la PD la macroporosidad del suelo se ve restringida en un 7.34% frente al SSP y la PM que indican una mejor aireación 23.06 y 13.42% respectivamente, esto indicaría la capacidad del SSP para mejorar la capacidad de aireación del Oxisol en estudio.

Tabla 1. Resultados capacidad de aireación de un Oxisol por efecto de diferentes sistemas de pastura.

Sistemas de pasturas	Dr (g/cm^3)	Da (g/cm^3)	Pt (%)	M (%)
PD	2.65a	1.56a	33.51b	7.34a
PM	2.75a	1.35b	45.52a	13.42b
SSP	2.78ª	1.23b	51.59a	23.06c

PD= pastura degradada; PM= pastura mejorada; SSP= sistema silvopastoril; Dr= densidad real; Da= densidad aparente; Pt= porosidad total y M= macroporosidad. Letras diferentes entre filas indican diferencias al 95% según la prueba de Tukey.

La densidad real (Dr) es generalmente constante debido a que es determinada por la mineralogía y composición química de la fase sólida del suelo (Jaramillo, 2002). La densidad aparente del suelo (Da) es la relación entre su masa y el volumen total de sólidos del suelo incluyendo aire y agua, es utilizada como indicador de calidad del suelo, con la que se puede determinar alteraciones producidas por las actividades antrópicas como el sobrepastoreo, pudiendo indicar el grado de compactación del suelo y las limitaciones para el crecimiento de las raíces, indicando que en la PD aumenta sustancialmente este valor, como consecuencia del manejo inadecuado de los animales en los potreros (no se hace rotación de potreros) y son de uso extensivo. El sobrepastoreo afecta los atributos del suelo como consecuencia del pisoteo y la magnitud de su efecto varía en función de la textura, el sistema de manejo del pastoreo, la cantidad de residuos vegetales y el contenido de humedad del suelo (Navarro *et al.* 2018), entre otros factores. Por su parte, en el SSP se refleja que los arboles posiblemente están ayudando a descompactar el suelo en la pastura. La porosidad de aireación relacionada con la macroporosidad (M) es la que no retiene agua y sirve para el intercambio gaseoso, por tanto, genera una idea de la proporción de poros de mayor tamaño (FAO, 2016), en este sentido, el SSP mejora sustancialmente la circulación de agua y aire. Se puede considerar que el SSP evaluado puede desempeñar una función importante en la aireación de un Oxisol. Sin embargo, la información disponible en otros trabajos acerca de su contribución a la capacidad de aireación del suelo es escasa, razón por la cual se deberá seguir investigando en este sentido. Entre los factores responsables que posibilitan la adopción de los SSP podría incidir el interrogante del efecto del pisoteo animal (menor carga animal) sobre el mejoramiento de las propiedades físicas del suelo (compactación).

CONCLUSIONES

Los SSP son una opción agroforestal viable para mejorar las condiciones físicas de los suelos en los sistemas de pasturas de Piedemonte.

Incluir estrategias de manejo en las PD para la conversión a sistemas ambientalmente más sostenibles y sustentables que garanticen la productividad bovina.

AGRADECIMIENTOS

Al Grupo de Investigación Innovación en Sistemas Agrícolas y Forestales y a la DGI de la Universidad de los Llanos por el financiamiento del proyecto "TRANSFORMACIÓN DE SABANAS NATIVAS EN SISTEMAS DE PASTURAS Y SU IMPACTO EN EL RECURSO SUELO, ECONOMICO Y SOCIAL EN ZONA DE PIEDEMONTE Y ALTILLANURA" código C01-01-2025-001.

BIBLIOGRAFÍA

Arranz, C., Galantini, J.A., Iglesias, J.O., Krüger, H., Venanzi, S. 2004. Sistemas de labranza: Efecto del pastoreo animal sobre la distribución del tamaño de poros. XIX CACS, 22-25 junio Paraná pp. 43.

Di Rienzo, J.A., Casanoves, F., Balzarini, M.G., González, L., Tablada, M., Robledo, C.W. 2011. InfoStat V2011. InfoStat Group, College of Agricultural Sciences, National Universidad de Córdoba, Córdoba, Argentina.

Ibrahim, M., Villanueva, C., Casasola, F., Rojas, P. 2006. Sistemas silvopastoriles como herramienta para el mejoramiento de la productividad y restauración de la integridad ecológica de paisajes ganaderos. IV Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la Producción Pecuaria Sostenible. (CD-ROM)

Jaramillo, D. (2006). Introducción a la Ciencia del Suelo. Medellín: Unal.

FAO. 2016. Propiedades físicas del suelo. Recuperado de http://www.fao.org/soils-portal/levantamiento-de-suelos/propiedades-del-suelo/propiedades-fisicas/es/. [15 Junio 2025].

Nair, P.K.R., Kumar, B.M., Nair, V.D. 2009. Agroforestry as a strategy for carbon sequestration. J Plant Nut. Soil Sci. 172, 10.

Navarro, L., Florida, N., Navarro, M. 2018. Sustancias húmicas y agregación en oxisol (Rhodic Eutrudox) con pasto Brachiaria y otros sistemas de uso. Livestock Research for Rural Development 30(8), 137.

Padilla C; Crespo G; Sardiñas Y. 2009. Degradación y recuperación de pastizales. Revista Cubana de Ciencia Agrícola 43(4), 351–354.





SE-19. Nanozeolita en la producción intensiva de gramíneas: efectos sobre la producción de biomasa, calidad nutricional, captura de carbono, emisiones edáficas de CO_2 y eficiencia en el uso del nitrógeno
Zeolite nanoparticles in intensive grass production: effects on biomass, nutritional quality, carbon sequestration, soil CO_2 emissions, and nitrogen use efficiency

Julián Mauricio Botero Londoño[1], Laura Yiceth Sanabria Medina[1], Cristhian Camilo Otero Ayala[1], Mónica Andrea Botero Londoño[2].

[1]Universidad Industrial de Santander Sede Málaga, Calle 20 #06 – 20.

[2]Universidad Industrial de Santander- Bucaramanga, Calle 9 Cra 27.

RESUMEN

La baja eficiencia en el uso de nutrientes limita la producción de forrajes y aumenta la contaminación ambiental por lixiviación y volatilización. En este estudio se evaluó el efecto del empleo de nanopartículas de zeolita combinadas con un fertilizante balanceado sobre la producción de biomasa, captura de carbono, calidad nutricional, emisiones edáficas de CO_2 y eficiencia en el uso del nitrógeno en *Cenchrus clandestinus*.

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con cuatro bloques y cinco tratamientos: control; 20 g m^{-2} de fertilizante; 30 g m^{-2} de fertilizante; 20 g m^{-2} de fertilizante + 1 % de nanozeolita; y 30 g m^{-2} de fertilizante + 1 % de nanozeolita. El fertilizante contenía 30.34 % N, 7.48 % P, 7.27 % K, 2.94 % Mg y 2.19 % S. Asimismo, se implementó un pastoreo rotacional con un día de ocupación y 29 de descanso. Previo al pastoreo se recolectaron muestras para estimar la producción de biomasa y los análisis bromatológicos, y un día después del mismo, se instalaron cámaras de vidrio (18 000 cm^3, 90 cm^2) para muestrear emisiones edáficas de CO_2 a 0, 30 y 60 minutos, analizadas luego por cromatografía de gases. La biomasa se determinó en base fresca y seca y se calculó la capacidad de carga; la calidad nutricional incluyó cenizas (gravimetría a 550 °C/7 h), proteína (N × 6.25, CHNS/O) y energía bruta (calorímetro Parr 6200); el carbono se midió con analizador CHNS/O y se estimó la captura multiplicando su contenido por la biomasa seca. La eficiencia de recuperación de nitrógeno (ERN) se calculó como la diferencia de nitrógeno extraído respecto al control sobre el nitrógeno aplicado, multiplicada por 100, según la fórmula:

$$ERN\ (\%) = \frac{(N\ absorbido\ tratamiento\ con\ fertilización - N\ absorbido\ en\ tratamiento\ control)}{N\ suministrado\ en\ la\ fertilización} \times 100$$

Los resultados mostraron que la biomasa aumentó de 523 g m^{-2} en el control a 1388 g m^{-2} en el tratamiento con 30 g fertilizante + nanozeolita, elevando la capacidad de carga de 2.07 a 5.64 UGG. La proteína creció de 17.4 % a 19.7 % al comparar 20 g fertilizante y 20 g fertilizante + nanozeolita, y de 18.3 % a 20.1 % entre 30 g fertilizante y 30 g fertilizante + nanozeolita. Las cenizas oscilaron entre 9.71 % y 11.88 %, mientras que la energía no presentó diferencias significativas (3815–3852 Kcal kg^{-1}). La captura de carbono alcanzó hasta 13041 kg ha^{-1} $año^{-1}$. La eficiencia de uso de nitrógeno mejoró un 21.7 % con 20 g fertilizante + nanozeolita y un 12.5 % con 30 g fertilizante + nanozeolita. Las emisiones de CO_2 del suelo se mantuvieron estables en el control, pero en los tratamientos fertilizados mostraron un incremento a los 30 minutos, seguido de una disminución a los 60 minutos, atribuible a la captura de carbono por parte del pasto para realizar fotosíntesis.

En conjunto, estos hallazgos indican que la adición de nanozeolita a fertilizantes balanceados incrementa notablemente la biomasa, la calidad nutricional, la capacidad de carga, la captura de carbono y la eficiencia en el uso del nitrógeno, al tiempo que modula las emisiones edáficas de CO_2 en sistemas de pastoreo rotacional.

Palabras clave: *biomasa, captura de carbono, calidad nutricional, eficiencia de nutrientes, emisiones edáficas de CO_2*

ABSTRACT

Low nutrient use efficiency limits forage yield and exacerbates environmental pollution via nutrient leaching and volatilization. In this study, we evaluated the effect of incorporating zeolite nanoparticles into a balanced fertilizer on biomass production, carbon sequestration, nutritional quality, soil CO_2 emissions, and nitrogen use efficiency in *Cenchrus clandestinus*.

A randomized complete block design with four blocks and five treatments was established: control; 20 g m^{-2} fertilizer; 30 g m^{-2} fertilizer; 20 g m^{-2} fertilizer + 1 % zeolite nanoparticles; and 30 g m^{-2} fertilizer + 1 % zeolite nanoparticles. The fertilizer formulation contained 30.34 % N, 7.48 % P, 7.27 % K, 2.94 % Mg, and 2.19 % S. Rotational grazing was applied with one day of occupation followed by 29 days of rest. Pre-grazing sampling provided material for biomass estimation and proximate analysis, while soil CO_2 emissions were measured one day post-grazing using glass chambers (18 000 cm^3 volume, 90 cm^2 surface area) at 0, 30, and 60 minutes and subsequently analyzed by gas chromatography. Biomass was determined on both fresh and dry bases to calculate carrying capacity; nutritional quality comprised ash (gravimetric at 550 °C for 7 h), protein (N × 6.25, CHNS/O analyzer), and gross energy (Calorimeter); and carbon content was measured by CHNS/O analysis, with carbon sequestration estimated as the product of carbon percentage and dry biomass. Nitrogen recovery efficiency (NRE) was calculated as:

$$NRE\ (\%) = \frac{(N\ in\ fertilized\ treatment - N\ in\ control\ treatment)}{N\ applied\ in\ fertilization} \times 100$$

The addition of zeolite nanoparticles to fertilizer markedly enhanced biomass production, which increased from 523 g m^{-2} in the control to 1388 g m^{-2} in the 30 g m^{-2} fertilizer + nanoparticles treatment, raising carrying capacity from 2.07 to 5.64 animal units. Protein content rose from 17.4 % to 19.7 % when comparing 20 g m^{-2} fertilizer with and without nanoparticles, and from 18.3 % to 20.1 % when comparing 30 g m^{-2} fertilizer with and without nanoparticles. Ash values ranged between 9.71 % and 11.88 %, while gross energy showed no significant differences (3815–3852 Kcal kg^{-1}). Carbon sequestration reached up to 13041 kg ha^{-1} yr^{-1}. NRE improved by 21.7 % and 12.5 % in the 20 g m^{-2} and 30 g m^{-2} fertilizer + nanoparticles treatments, respectively. Soil CO_2 emissions remained stable in the control but exhibited a peak at 30 minutes followed by a decline at 60 minutes in fertilized treatments, likely reflecting enhanced photosynthetic carbon uptake.

Collectively, these findings indicate that amending balanced fertilizers with zeolite nanoparticles significantly enhances biomass production, nutritional quality, carrying capacity, carbon capture, and nitrogen use efficiency, while modulating soil CO_2 emissions under rotational grazing systems.

Key words: *biomass, carbon sequestration, nutritional quality, nutrient use efficiency, soil CO_2 emissions*



SE-20. Los sistemas silvopastoriles de *Nothofagus antarctica* contribuyen a la producción y fijación biológica de N en Patagonia sur, Argentina

Contribution of *Nothofagus antarctica* silvopastoral systems to production and biological N fixation in southern Patagonia, Argentina

Mayo J.P.[1]; Christiansen R.[1,2]; Toledo S.[3]; Bahamonde H.[1,2]; Collino D.[4]; Peri P.L.[1,3,5]*

[1]Universidad Nacional de la Patagonia Austral (UNPA); [2]Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) AER Río Turbio, Argentina; [3]INTA EEA Santa Cruz, Río Gallegos Argentina, [4]INTA CIAP IFRV, Córdoba Argentina, [5]Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) Argentina.

*Correspondencia a: jpmayo@uart.unpa.edu.ar, juanpamayo@gmail.com

ABSTRACT

Most ñire forests in Argentine Patagonia has been used as silvopastoral systems. In these systems, white clover is a naturalised forage species that enhances livestock diet quality and also improve site quality through nitrogen inputs from biological fixation. This study aimed to evaluate white clover's biological nitrogen fixation (BNF) in silvopastoral systems and how it is affected under varying light, moisture, and soil quality conditions. For this, a trial was established at two sites using a split-plot design to assess forage biomass production, BNF, and N contributions under and between tree canopies. Significant interactions were observed between sites and canopy covers, and between sites and sampling dates. The highest BNF percentage occurred in the 'between canopies' condition at the less fertile site, with lower soil moisture during summer. However, the greatest N contribution in a particular site occurred under tree canopies, despite a lower BNF percentage, due to a larger legume biomass. The BNF percentage was primarily influenced by soil N availability and temperature.

Key words: *white clover, ñire, forage, livestock, Trifolium repens*

INTRODUCCIÓN

Los bosques nativos de ñire (*Nothofagus antarctica*) ocupan una superficie de 751.640 ha en la Patagonia, y el 70% son utilizados extensivamente como sistemas silvopastoriles (SSP), en estos bosques, existen interacciones positivas o negativas entre los componentes animal-arbóreo-pastizal dependiendo de las condiciones ambientales (Peri et al., 2017). La productividad y el valor nutricional del sotobosque dependen de estas interacciones y del manejo (raleos, apotreramientos, ajuste de carga animal), que a su vez determinan el rendimiento (ganancia de peso) del componente animal (Peri et al., 2017).

Numerosos estudios relevados por Peri et al., (2017) evaluaron la productividad de las pasturas y pastizales en el SSP de Ñire en un amplio rango de ambientes, variando de 140 a 3760 kg MS ha^{-1}. Los principales factores que influyen en el crecimiento del sotobosque son la calidad del sitio, la cobertura de copas y la interacción con variables ambientales como la temperatura, humedad y el nitrógeno (N) del suelo, la temperatura del aire, la radiación y el manejo (duración del rebrote) (Peri et al., 2017).

El trébol blanco (*Trifolium repens*) es una leguminosa naturalizada en los bosques de Ñire y puede aportar N al sistema por fijación biológica. Su presencia reduce el déficit de este nutriente, la necesidad de aportar fertilizantes sintéticos, la contaminación de napas, y los costos asociados a la producción de la pastura (Carlsson & Huss-Danell, 2003, Burchill et al., 2014). Los aportes por fijación biológica de nitrógeno (FBN) pueden alcanzar hasta 545 kg N ha^{-1} $año^{-1}$ para el trébol blanco en pasturas mixtas con gramíneas (Carlsson & Huss-Danell, 2003). Sin embargo, en el SSP de Ñire la FBN puede estar condicionada por el estrés hídrico del suelo y el nivel de radiación que llega al sotobosque (Querené et al., 2017; Sanna et al., 2018). En este sentido, la disponibilidad de agua en el suelo es un factor importante para las diferentes etapas del proceso de FBN, como la iniciación, crecimiento y actividad de los nódulos (Williams y De Mallorca, 1984; Zahran, 1999). Además, varios autores han establecido que la sombra provoca una disminución en el aporte de N por parte de la FBN y a su vez esto genera cambios en la composición botánica de los pastizales (Goh et al., 1996; Dodd et al., 2010).

El objetivo de este trabajo fue determinar el aporte de N del trébol blanco naturalizado por FBN en SSP de Ñire bajo distintos tratamientos de cobertura del dosel y estrés hídrico en dos ecosistemas boscosos de la Patagonia Austral.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para evaluar la FBN del trébol blanco en SSP de bosques de Ñire, se instaló un ensayo en dos sitios del suroeste de la provincia de Santa Cruz (Patagonia, Argentina). El primer sitio se estableció en Estancia Cancha Carreras (CC) (51º 13' 21" LS, 72º 15' 34" LO), caracterizado por una precipitación anual promedio de 350 mm $año^{-1}$, densidad de 418 árboles ha^{-1}, área basal de 47,0 m^2 ha^{-1} y una altura de árboles dominantes de 8,0 m. El segundo sitio fue la Reserva Provincial

114-SE

Punta Gruesa (PG) (51º 33' 10" LS, 72º 07' 35" LO), con una precipitación anual promedio de 392 mm año^{-1}, densidad de 472 árboles ha^{-1}, área basal de 29,5 m² ha^{-1} y una altura de árboles dominantes de 7,6 m. En cada sitio se instalaron jaulas de clausura (1,2 x 1,5 m) para evitar el pastoreo, ubicadas debajo de las proyecciones de las copas de los árboles (BC) y entre las copas de los árboles (EC) para obtener un régimen de luz contrastante.

El diseño experimental fue de parcela subdividida con arreglo factorial de tratamientos y cuatro repeticiones. Las subparcelas fueron las diferentes fechas de muestreo durante el periodo de crecimiento verano (diciembre) y otoño (abril) en dos años (2010/11 y 2011/12). Antes del inicio de cada temporada de crecimiento (octubre), se cortó el pastizal a una altura de 3 cm para eliminar el residual senescente.

Al inicio del experimento se tomaron muestras de suelo para caracterizar cada sitio a una profundidad de 0-25 cm. Las muestras se secaron a 60 °C hasta alcanzar peso constante y luego fueron enviadas al laboratorio para un análisis físico químico. La temperatura del aire y del suelo se midió continuamente cada 2 horas con datalogger (HOBO H8 Family, TMC 50-HA, Onset Computer Corporation, EE. UU.). Las precipitaciones se midieron con pluviómetro HOBO en CC y para PG se tomaron los datos de la estación agrometeorológica Davis Vantage Pro 2 ubicada a 7 km al oeste. De este último equipo se tomaron datos de radiación global para describir su evolución durante la temporada de crecimiento. La humedad del suelo se registró mensualmente a 0-25 cm y a 25-50 cm de profundidad utilizando el método gravimétrico y luego se transformó en humedad volumétrica. El estado hídrico del pastizal se determinó mensualmente mediante la temperatura del canopeo utilizando un termómetro infrarrojo Horiba IT 330 (Horiba Ltd., Japón) propuesto por Jackson et al. (1977).

La cobertura del dosel superior en BC y EC se determinó a través del uso fotografías hemisféricas tomadas a una altura de 1 m utilizando un objetivo "ojo de pez" de 8 mm montado en una cámara digital de 35 mm (marca Nikon, modelo D 70, Japón). Se analizaron con el software Gap Light Analyzer v.2.0.

La producción de pastizal se estimó a partir de cortes de biomasa a 3 cm de altura utilizando un marco de 0,2 m^2. La biomasa se secó a 60 °C hasta peso constante. Luego, cada muestra se separó en componentes principales: trébol blanco, gramíneas, otras latifoliadas y material senescente. Se utilizaron submuestras de 2 g de gramíneas y trébol blanco para determinar FBN. Las muestras colectadas en diciembre y abril fueron molidas y tamizadas a 1 mm, envasadas en tubos tipo ependorf y enviadas al Laboratorio de Isótopos Estables del Instituto de Geocronología y Geología Isotópica (CONICET – UBA). Para determinar el contenido total de N y la concentración isotópica de N (δ15N), se utilizó un analizador elemental (Carlo Erba EA1108) acoplado a un espectrómetro de masas de relaciones isotópicas de flujo continuo (Thermo Scientific Delta V Advantage), a través de una interfase ConFlo IV.

La FBN se determinó mediante el método de abundancia natural de 15N (δ15N) según Boddey et al., (2000).

El valor B se determinó mediante un ensayo realizado en el Instituto de Fisiología y Recursos Genéticos Vegetales del CIAP – INTA y se calculó según Boddey et al. (2000) (datos no presentados en este trabajo)

El N_2 fijado atmosféricamente (Ndfa) se calculó a partir de la biomasa aérea del trébol, la concentración de N en la biomasa y el %Ndfa. El N derivado de la fijación biológica (N_2 fijado) se calculó:

$$N_2 \text{ fijado } (kg.ha^{-1}) = (\%\ Ndfa/100) \times TN$$

Donde TN es el contenido total de nitrógeno en la biomasa aérea del trébol, expresado en kg ha^{-1}.

Para evaluar la diferencia en la FBN entre los sitios (CC y PG), condiciones de luz (radiación) que llega al sotobosque (BC y EC) y fechas de muestreo se realizó un ANOVA multifactorial de tres vías. La comparación de medias se analizó mediante test de Tukey con un p = 0,05. Se realizó un Análisis de Componentes Principales (ACP) para evaluar la asociación entre las variables (climáticas, suelo y vegetación) y se utilizó un biplot para visualizar los resultados. Se determinó el índice de correlación de Pearson's para analizar la relación entre la FBN y las variables evaluadas. Por último, se hicieron regresiones lineales simples entre la temperatura del suelo y el N potencialmente mineralizable con la FBN.

RESULTADOS

El análisis físico-químico del suelo mostró una textura arcillosa para PG, más fina que la de CC franco-arcillo-arenoso, pero este último sitio presentó mayor disponibilidad de agua útil en los primeros 50 cm. Sin embargo, el contenido de materia orgánica (MO), nitrógeno total (NT), nitrógeno potencialmente mineralizable (NpM), fósforo disponible (P), potasio disponible (K) y calcio (Ca) en los primeros 25 cm de profundidad en PG fue mayor que en CC. Los valores de pH fueron similares entre ambos sitios y la conductividad eléctrica no presentó valores limitantes. La temperatura del aire y del suelo fue mayor en CC junto con los niveles de precipitación registrados en el período de evaluación, además CC presento menos cobertura del canopeo forestal para las dos situaciones de radiación BC y EC. Sin embrago, PG presento mayores niveles de humedad de suelo. La radiación global recibida es máxima a mediados de diciembre 12500 w/m^2 y cae a 4500 w/m^2 para el mes de abril (Tabla 1).



Tabla 1. Caracterización de los sitios de estudio del bosque de Ñire en el sudoeste de Santa Cruz, Argentina. Sitios: Cancha Carrera, Punta Gruesa; tratamiento de luz: bajo copas, entre copas; fecha de evaluación: verano (diciembre) y otoño (abril). Suelo: agua útil 0-50 cm (AU 0-50 %), materia orgánica (MO %), nitrógeno total (NT %), nitrógeno potencialmente mineralizable (NpM mg N-NH_4), fósforo (P ppm), potasio (K ppm), calcio (Ca, meq/100g), conductividad eléctrica (CE dS.m^{-1}). Clima: temperatura media del aire (Temp. med. aire. ºC), temperatura media del suelo (Temp. med. suelo ºC), precipitación octubre – abril (pp, mm), humedad volumétrica de suelo 0 – 50 cm (Hum. suelo 0-50 %), apertura del canopeo (%), radiación global (w/m^2). Valores medios y desvío estándar (± DS).

	Cancha Carreras				Punta Gruesa			
	Bajo Copas		Entre Copas		Bajo Copas		Entre Copas	
	Verano	Otoño	Verano	Otoño	Verano	Otoño	Verano	Otoño
Apertura canopeo (%)	27,7	38,6	51,6	59,1	39,2	49,3	60,2	73,3
Rad. Global (w/m^2)	12500	4500	12500	4500	12500	4500	12500	4500
Temp. med. aire (ºC)	10,5	5,4	10,5	5,4	9,7	4,3	9,7	4,3
Temp. med. suelo (ºC)	9,2	6	9,2	6	6,7	4,9	6,7	4,9
Hum Suelo 0-50 ($cm^3.cm^{-3}$)	25,1 ± 7,6	26,8 ± 6,1	26,7 ± 9,2	28,8 ± 4,4	38,8 ± 9,8	30,2 ± 8,9	38,9 ± 7,1	32,9 ± 7,8
Pp (mm)	345,5 ± 113,6				207,6 ± 7,1			
AU 0-50 (%)	21,8				10			
pH	5,8 ± 0,3				5,7 ± 0,1			
MO (%)	8,95 ± 2				13,25 ± 1,9			
NT (%)	0,36 ± 0,1				0,63 ± 0,1			
NpMin. (mg N-$NH_4.g^{-1}$ Suelo)	88,5 ± 15,7				219,4 ± 67,8			
P (ppm)	7,2 ± 2,3				23,5 ± 11			
K (ppm)	110 ± 17,4				613,5 ± 255,2			
Ca (meq/100g)	22,7				27,4			
CE (dS.m^{-1})	0,1 ± 0,01				0,4 ± 0,04			

La producción de biomasa fue mayor en la fecha de otoño, debido a la acumulación de materia seca durante la estación de crecimiento, en el sitio PG la biomasa fue mayor siempre en la condición EC, en cambio en CC la producción de biomasa en verano fue mayor en la condición BC pero en otoño la posición EC registro más acumulación. En todos los tratamientos se registró una caída en las proporciones de tréboles y gramíneas hacia el otoño (Tabla 2).

Tabla 2. Producción de biomasa total (Kg MS.ha^{-1}) para los sitios CC y PG, los tratamientos EC y BC, y las fechas de muestreos verano y otoño, ± desvío estandar. Proporción de trébol blanco y de gramíneas (Gram.)

	Cancha Carrera				Punta Gruesa			
	BC		EC		BC		EC	
	Verano	Otoño	Verano	Otoño	Verano	Otoño	Verano	Otoño
Biom.Total (KgMS.ha^{-1})	1344,4 ± 411,6	1793,1 ± 340,5	1158,4 ± 434,8	2081,9 ± 1275,4	1236,5 ± 517,7	2402,8 ± 762,6	2018,3 ± 388,2	2995,9 ± 799
Trébol (%)	68,5	30	57,5	4,5	46,2	28,1	39,1	15,3
Gram. (%)	22,1	9,5	30,2	16,2	34,2	20,8	29,8	20,2

Nota: no se representan en el cuadro las proporciones de latifoliadas y biomasa muerta, esta última fracción fue la más importante en los muestreos de otoño.

La FBN, fue mayor en CC y en la fecha de verano mientras que la cobertura de copas no mostró diferencias significativas. Las interacciones fueron significativas entre los sitios y la cobertura de copas y entre los primeros y las fechas de muestreo (Tabla 3).

Tabla 3. Resumen estadístico de la fijación biológica de nitrógeno (FBN) en los sitios CC y PG, tratamiento apertura de canopeo (Ap. can.) BC y EC, tratamiento estación de crecimiento (Est.crec.) verano y otoño, en dos bosques de ñire de la Patagonia Sur, Argentina. Se muestran valores medios, letras diferentes indican diferencias significativas (p <0.05).

Fuentes de Variación	FBN	Interacciones	FBN
Sitios	F: 15,15 - p <0.05	Sitio*Aper Canop	F: 4,5 - p <0.05
CC	63.6 b	CC-BC	56.2 a
PG	49.4 a	CC-EC	70.9 b
Ap. Can.	F: 3,64 - p: 0,0637	PG-BC	49.8 a
BC	53.0 a	PG-EC	49.0 a
EC	59.9 a	Sitio*Est. crec.	F: 6,74 - p <0.05
Est. crec.	F:37,31 - p <0.05	CC-Verano	79.4 b
Verano	67.6 b	CC-Otoño	47.7 a
Otoño	45.3 a	PG-Verano	55.8 a
		PG-Otoño	43.0 a
		Aper canop*Fecha	F: 0,92 - p:0,34
		Sitio*Aper canop*Est. crec	F:0,97 - p: 0,33

El análisis de componentes principales explica un 94% de la variabilidad e indica que la situación CC-EC está caracterizada por la FBN, que ésta tiene una asociación positiva con la temperatura del suelo y el nivel de estrés hídrico del pastizal y una correlación negativa con la biomasa de trébol y el N de suelo. Además, se observa independencia entre la apertura del canopeo y la FBN.

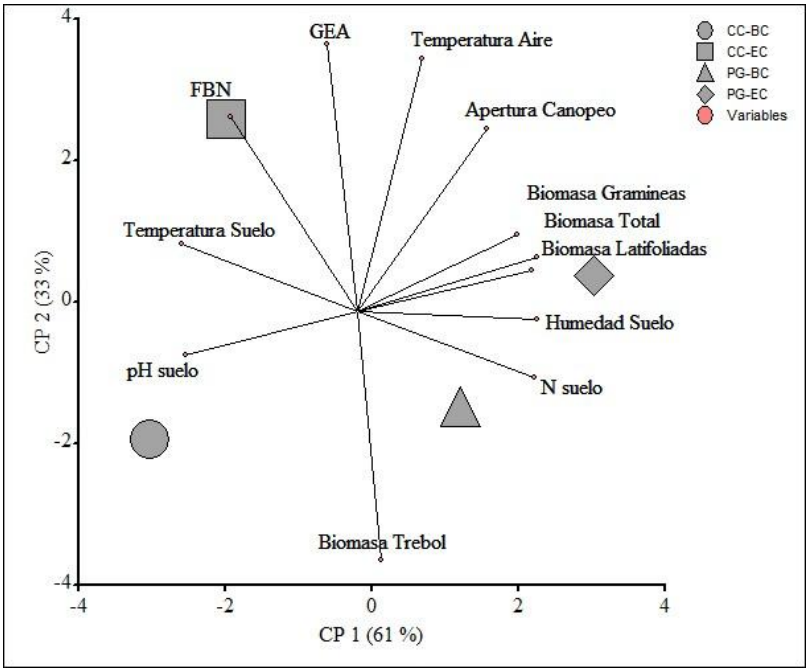


Figura 2. El grafico biplot representa en análisis de componentes principales de las variables evaluadas para explicar la FBN. El sitio CC-BC circulo, CC-EC cuadrado, PG-BC triángulo, PG-EC rombo. El CP1 representa el 61% de la variabilidad y el CP2 el 33%, entre estos se representa el 94% de la variabilidad.

Se estimó el índice de correlación de Persons's entre la FBN y: temperatura del aire (0,52), temperatura de suelo (0,57), materia orgánica (-0,48), nitrógeno total y potencialmente mineralizable (-0,44), fosforo (-0,39), potasio (-0,42), calcio (-0,37) y la biomasa total (-0,31), solo se presentan las correlaciones significativas.

El aporte de N atmosférico en la fracción aérea del trébol cayó de verano a otoño en todos los tratamientos, fue máximo en CC-BC verano, con 12,6 KgN.ha^{-1} y mínimo en CC-EC invierno 1KgN/ha. En PG los porcentajes de FBN son similares para las dos condiciones de luz y fechas, por lo que la diferencia está dada principalmente por el porcentaje de trébol en la muestra. En cambio, en CC, la FBN es claramente mayor en la situación entre copas, pero es compensada por la menor participación de trébol en la muestra Tabla 4.

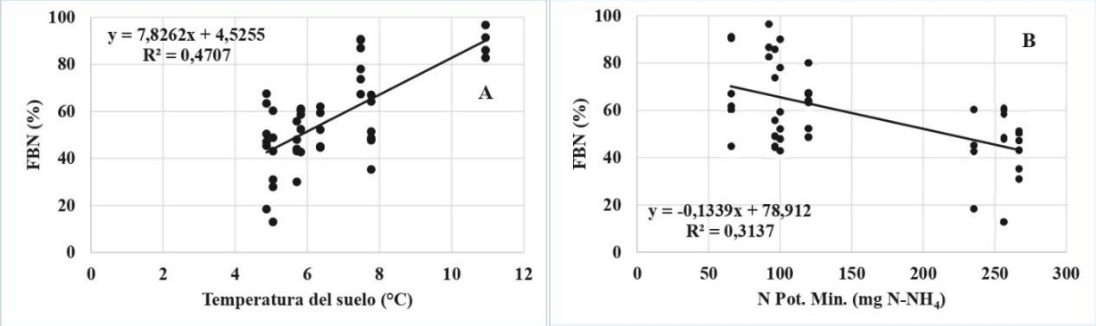


Figura 3. A regresión entre la FBN y la Temperatura del suelo,
B regresión entre la FBN y el NpM en cada uno de los sitios.

Tabla 4. Biomasa del pastizal (kgMS.ha^{-1}) para los sitios Cancha Carreras y Punta Gruesa, en las condiciones bajo copas (BC) y entre copas (EC), para las fechas de verano y otoño. Porcentaje de trébol en la muestra, Kg de N total de la muestra, % FBN y N derivado de la atmosfera (NdAtm KgN.ha^{-1}) en la parte aérea de la planta.

	Cancha Carrera				Punta Gruesa			
	BC		EC		BC		EC	
	Verano	Otoño	Verano	Otoño	Verano	Otoño	Verano	Otoño
Trébol KgMS.ha^{-1}	820,2 ± 286,2	600,2 ± 285,4	584,2 ± 422,9	125,7 ± 85,8	503,3 ± 376,74	696,2 ± 365,3	770,67 ± 320,7	452,1 ± 266,6
KgN Total.ha^{-1}	18,4	13,5	13,1	1,9	11,3	15,6	17,3	10,2
% FBN	68,6	44	90,3	51,5	56,2	43,4	55,4	42,7
NdAtm (KgN.ha^{-1})	12,6	5,9	11,8	1	6,3	6,7	9,6	4,3

DISCUSIÓN

Los resultados muestran la capacidad del trébol blanco para aportar nitrógeno a los SSP de Ñire en Patagonia.

La FBN fue mayor significativamente en CC respecto de PG, situación que puede atribuirse al menor nivel de N y fertilidad general del sitio CC, mayor apertura del canopeo y temperaturas de aire y suelo. El N de suelo provoca un feedback negativo en la FBN, lo que indicaría que el proceso se autorregula dependiendo del sitio, las menores temperaturas afectan negativamente el proceso de fijación biológica, por una menor velocidad en las reacciones químicas y por una menor demanda de la planta debido a su disminución en el crecimiento. Esto quedó demostrado por la correlación positiva entre FBN y temperatura. La humedad del suelo fue menor en CC pero los valores de temperatura del canopeo, no indicaron un estrés hídrico limitante según Jackson et al., (1977). Por otra parte, se podría pensar que bajos niveles de humedad, limitan la absorción radicular de N, lo que las haría más dependientes del N atmosférico.

También se observó que en todos los tratamientos la fijación fue mayor en verano que en otoño, esto puede atribuirse principalmente a la radiación global que cae 2/3 partes desde el pico máximo en diciembre a abril y la baja en las temperaturas de 10 a 4,8 °C y de 7,9 a 5,45 °C para el aire y el suelo respectivamente. Un resultado similar obtuvo Goh et al., (1996) en un SSP en Nueva Zelandia, además este autor también indicó que la sombra afectaba la FBN, aunque él trabajó con un SSP donde los árboles eran pequeños. De igual modo, Sanna y colaboradores (2018) encontraron resultados similares trabajando con un sistema agroforestal de alcornoque, con una intercepción de luz del 70 % en la región mediterránea. Pero Querné et al., (2017) encontraron que la FBN es mayor en condición de sombra y de competencia con los árboles, argumentando que ésta competencia por el N afecta positivamente la fijación biológica.

El análisis además presento interacciones significativas para la FBN entre el sitio y la apertura del canopeo y el sitio y la estación de crecimientos. En este caso la FBN fue mayor significativamente para el tratamiento CC-EC respecto del resto de los tratamientos. Suponemos que esto se debió principalmente al menor nivel de N en suelo que presento CC, sumado a que tuvo menor cobertura de canopeo respecto de PG. El efecto del N sobre la FBN es bien conocido y fue documentado (Carlsson & Huss-Danell, 2003; Goh y Ridgen, 1997; Burchil et al., 2014).

El efecto de la sombra arrojo resultados similares en otras investigaciones (Goh et al., 1996 y Sanna et al., 2018) y contrario a lo observado por Querené et al., (2017) como fue comentado anteriormente. Además, podemos agregar que el estrés hídrico no fue limitante pero pudo haber favorecido la FB por limitar la absorción de N de la solución de suelo.

El bajo nivel de P del sitio CC tampoco fue una limitante para la FBN y creemos que la correlación negativa entre la disponibilidad de P y la FBN así como las de los otros nutrientes y la FBN se produjo porque el efecto positivo del P en PG quedo enmascarado por feedback negativo que produjo la mayor disponibilidad de N total y potencialmente mineralizable. Este postulado contradice las observaciones de Högh-Jensen (2002), quien encontró que la FBN aumentaba con la

disponibilidad de P, pero este autor trabajo en condiciones controladas donde el factor de variación era la disponibilidad de P mientras el N se mantuvo constante.

La mayor acumulación de MS total se registró en PG-EC, asociado con el mayor nivel de humedad y fertilidad de suelo y menor cobertura de copas en ese sitio. La biomasa de trébol, fue máxima en verano CC-BC, donde, la parte aérea aporto al suelo 12,6 $KgN.ha^{-1}$ derivados de la atmosfera. En este tratamiento el % de FBN fue de 68,6 % vs el 90,3 % que se midió en CC-EC. Esto muestra que las condiciones de máxima producción de pasto no siempre coinciden con la mayor fijación de N. Además, como el aporte de N es una combinación de %FBN y biomasa del trébol (en este caso) el mayor aporte de N no coincidó con la situación de mayor %FBN. Esto último también fue manifestado por Goh y Ridgen, (1997). En verano CC-BC también fue máxima la producción de biomasa total para este sitio, coincidente con las observaciones de Peri et al., (2017) quien indicó que, en sitios con estrés hídrico moderado la cobertura de forestal conserva la humedad de suelo favoreciendo la productividad del sotobosque. En CC las proporciones de trébol en las muestras fueron mayores, lo que sugiere que en sitios más fértiles las gramíneas prevalecen frente a las leguminosas, en cambio en sitios más pobres la menor productividad de gramíneas y la ventaja de fijar N de las leguminosas hace que la proporción de estas últimas sea mayor.

Se podría concluir que en los SSP de Ñire patagónicos, el trébol blanco aporta N por fijación biológica, pero que está principalmente controlada por la temperatura, la radiación y la disponibilidad de N. Con técnicas de manejo que apunten a tener niveles de cobertura que no limiten seriamente la FBN y un manejo del pastoreo que favorezca la presencia de tréboles se generarían las condiciones para tener el mayor aporte de N en sistemas silvopastoriles, siempre que la fertilidad de los suelos no limite la FBN.

BIBLIOGRAFÍA

Boddey R.M., Peoples M.B., Palmer B., and Dart P.J. 2000. Use of the 15 N natural abundance technique to quantify biological nitrogen xation by woody perennials. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 57, pp.235–270.

Burchill W., E. K. James E.K., Li D., Lanigan G.J., Williams M., Iannetta P.P.M., Humphreys J. 2014. Comparisons of biological nitrogen fixation in association with white clover (Trifolium repens L.) under four fertiliser nitrogen inputs as measured using two N-15 techniques. Plant and Soil, 385(1–2), pp.287–302.

Carlsson G. and Huss-Danell, K. 2003. Nitrogen fixation in perennial forage legumes in the field. Plant and Soil, 253(2), pp.353–372.

Dodd M.B., McGowan A.W., Power I.L., and Thorrold B.S. 2005. Effects of variation in shade level, shade duration and light quality on perennial pastures, New Zealand Journal of Agricultural Research, 48:4, 531-543, DOI: 10.1080/00288233.2005.9513686.

Goh K.M., Mansur I., Mead D.J., Sweet G.B., 1996. Biological nitrogen fixing capacity and biomass production of different understorey pastures in a Pinus radiata-pasture agroforestry system in New Zealand. Agroforestry Systems. 34: pp. 33–49

Goh K.M., and Ridgen G.E. 1997. Comparison of understorey biological nitrogen fixation and biomass production in grassed‐down conventional and organic apple orchards in Canterbury, New Zealand, Communications in Soil Science and Plant Analysis, 28:13-14, 1103-1116, DOI: 10.1080/00103629709369858

Högh-Jensen H., Schjoerring J.K., Francois Soussana J. 2002. The influence of phosphorus deficiency on growth and nitrogen fixation of white clover plants. Annals of Botany. 90:745 – 753.

Jackson R.D., Reginato R.J. and Idso S.B. 1977. Wheat canopy temperature: a practical tool for revaluating water requirements. Water Resources Research, 13(3), pp.651–656..

Peri P.L., Caballé G., Hansen N.E., Bahamonde H.A., Lencinas M.V., Von Müller A.R., Ormaechea S., Gargaglione V., Soler R., Sarasola M., Rusch V., Borrelli L., Fernández M.E., Gyenge J., Tejera L.E., Lloyd C.E., and Martínez-Pastur G. 2017. Silvopastoral systems in Patagonia, ArgentinaTemperate Agroforestry Systems Edited by. In A. M. Gordon, S. M. Newman, and B. R. W. Coleman, eds. Temperate Agroforestry Systems. Croydon, UK, pp. 252–273.

Williams P. M. and De Mallorca M.S. 1984. Effect of osmotically induced leaf moisture stress on nodulation and nitrogenase activity of Glycine max. Plant and Soil 80:267–283.

Querné A., Battie-laclan P., Dufour L., Wery J., Dupraz C. 2017. Effect of walnut tres on biological nitrogen fixation and yield of intercropped alfalfa in a Mediterranean agroforestry system. Europ. J. Agronomy. 84 (2017) 35-46.

Sanna F., Re G.A., Piluzza G., Campesi G., Sulas L. 2018. Forage yield, nutritive value and N-fixation ability of legume based swards are affected by light intensity in a Mediterranean agrofrestry system. Agroforest Syst. https://doi.org/10.1007/s10457-018-0331-6.

Zahran H.H. 1999. Rhizobium-legume symbiosis and nitrogen fixation under severe conditions and in an arid climate. Microbiology and molecular biology reviews : MMBR, 63(4), p.968–89, table of contents.





SE-21. Efecto de la implementación de un sistema silvopastoril con *Megathyrsus maximus* cv. Mombasa y *Leucaena leucocephala* sobre la producción de biomasa y captura de carbono en un bosque seco tropical

Effect of implementing a silvopastoral system with *Megathyrsus maximus* cv. Mombasa and *Leucaena leucocephala* on biomass production and carbon sequestration in a tropical dry forest

Julián Mauricio Botero Londoño[1], Edward Geovanny Aponte Cardenas[1], Erika Mayerly Celis Celis[1], Cristhian Camilo Otero Ayala[1], Franklin Alexander Sepúlveda Sepúlveda[2].

[1]Universidad Industrial de Santander Sede Málaga, Calle 20 #06 – 20.

[2]Universidad Industrial de Santander- Bucaramanga, Calle 9 Cra 27.

ABSTRACT

Conventional livestock practices are associated with multiple environmental issues, including ecosystem degradation, soil erosion, deforestation, and increased greenhouse gas (GHG) emissions. In this context, silvopastoral systems have become a sustainable production alternative that helps mitigate the negative environmental impacts of livestock farming while promoting sustainability and enhancing the provision of ecosystem services. Therefore, the objective of this study was to evaluate the effect of a silvopastoral system on microclimate, biomass production, nutritional quality, and carbon sequestration in tropical dry forest conditions in the municipality of Capitanejo, Santander – Colombia. The treatments evaluated were: T1, a traditional grazing system (*Megathyrsus maximus* cv. Mombasa) and T2, a silvopastoral system (*Leucaena leucocephala*; *Megathyrsus maximus* cv. Mombasa). Samples were collected 40 days after the homogenization cut. Among the most representative results, treatment T2 achieved a 4°C temperature reduction compared to treatment T1. Additionally, T2 showed higher biomass production, carbon sequestration and improved pasture nutritional quality. This evidence suggests that silvopastoral systems represent an ideal alternative for enhancing microclimatic conditions, increasing the provision of ecosystem services, and optimizing forage nutritional quality in tropical dry forest environments.

Palabras clave: *análisis bromatológico, microclima, pastos y forrajes, agroforestería, ganadería*

Key words: *bromatological analysis, microclimate, pasture and forage, agroforestry, livestock*

INTRODUCCIÓN

La deforestación de los ecosistemas naturales ha conllevado a la creación de paisajes dominados por pastizales, cultivos agrícolas y fragmentos de bosque. Esta situación ha despertado un creciente interés por el diseño y manejo de sistemas productivos de mayor eficiencia, que ayuden a mejorar y diversificar la productividad de las fincas, asegurando así, la sostenibilidad y el incremento en la prestación de servicios ecosistémicos (Aldás et al., 2024; Röhrig et al., 2020). Las estrategias para mitigar los impactos negativos de la ganadería extensiva incluyen el desarrollo e implementación de sistemas agrosilvopastoriles, los cuales permiten integración de cultivos, pastoreo y silvicultura en la misma área de producción (Freitas et al., 2020; Vásquez et al., 2022). Estos sistemas son considerados como una de las principales estrategias para contribuir al desarrollo sostenible del sector pecuario, ya que permiten el incremento en la productividad, mejoran las condiciones socioeconómicas de la población rural y genera bienestar en los animales de producción; además, permite hacer frente al cambio climático mediante la modulación de los servicios ecosistémicos y su contribución a la captura de carbono (Chebli et al., 2021; Sanna et al., 2021).

Los sistemas agrosilvopastoriles se han convertido en una alternativa económica, ecológica y productiva que contribuye a incrementar los parámetros productivos y la reducción de los impactos negativos generados por los sistemas de producción pecuarios. Esto proporciona la diversificación de los ingresos, ya sea directamente por la venta de madera y animales, y/o indirectamente por los efectos benéficos sobre la conservación del suelo, flora y fauna. Así, estos sistemas pueden ser biológicamente más productivos, rentables y sostenibles que los monocultivos forestales o de producción animal (Peri et al., 2016). Además, los árboles dentro de los sistemas productivos ganaderos, proveen de importantes servicios ecosistémicos a la población local y global, como lo es la captura de carbono (contribuyendo a la mitigación del cambio climático), protección de la erosión, mejoramiento de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, disminución del albedo con una mejora en el microclima (disminución de la temperatura y aumento de la humedad relativa), sirven como hospederos para plantas epífitas y fauna silvestre, además de que embellecen el paisaje (Alvarado et al., 2022; Contreras et al .,2021; Román et al., 2022).

Estos sistemas son particularmente beneficiosos en regiones con climas adversos, como lo son el bosque seco tropical, donde pueden mejorar la productividad de los forrajes, la salud del suelo y proporcionar resiliencia económica. Por lo cual, el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de un sistema silvopastoril sobre la salud del suelo, el microclima, captura de carbono, emisiones de gases de efecto, producción de biomasa y calidad nutricional de los forrajes en condiciones de bosque seco tropical.

120-SE

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación: El proyecto se realizó en el municipio de Capitanejo Santander, vereda Quebrada de Vera, finca El Porvenir, ubicado a 1090 m.s.n.m, condiciones de bosque seco tropical, con coordenadas 9°34'22,55¨ N; 72°43'29,63¨O.

Diseño Experimental: Se implementó un diseño completamente al alzar con dos tratamientos y 4 réplicas por tratamiento.

Los tratamientos experimentales fueron:

• T1: Sistema de pastoreo tradicional (*Megathyrsus maximus* cv. Mombasa). Se realizó en un sistema de pastero tradicional, el cual consistió en un sistema de pastoreo continuo con ocupaciones de 10 días por potrero y 40 días de descanso.

• T2: Sistema silvopastoril (*Leucaena leucocephala*; *Megathyrsus maximus* cv. Mombasa). Se realizó en un sistema de rotación a 40 días con una ocupación de día.

Parcelas experimentales: Las parcelas experimentales constaban con un área de 1600 m^2. La parcela correspondiente al tratamiento T1 constó de un sistema de pastoreo tradicional (*Megathyrsus maximus* cv. Mombasa) desprovista de componente arbóreo, para el tratamiento T2 la parcela constó de un sistema silvopastoril compuesto por *Megathyrsus maximus* cv. Mombasa y *Leucaena leucocephala* con una distancia de siembra 1 m entre plantas y 2 m entre surco. Previo a la toma de las muestras se realizaron dos pastoreos cada 40 días.

Temperatura y humedad: Las mediciones de temperatura y humedad se realizaron diariamente en los horarios de 9:30 am, 12:00 pm y 3:30 pm, empleando termohigrómetros.

Producción de biomasa: Para cuantificar la producción de biomasa de los forrajes en cada uno de los sistemas, se recolectaron 4 muestras de un metro cuadrado, en el caso de la *Leucaena leucocephala* se colectaron muestras de 4 plantas a un metro de altura. Las muestras recolectadas fueron pesadas, deshidratadas y almacenadas individualmente para determinar contenidos de materia seca. Con los datos recolectados se estimó la producción de biomasa en base fresca, base seca y se calculó la capacidad de carga.

La determinación de la capacidad de carga en unidades gran ganado (UGG) se realizó mediante la siguiente fórmula:

Capacidad de carga (UGG)= suma del promedio de la biomasa (kg MS ha^{-1} $año^{-1}$) / dividido en la constante 4380 (12% del consumo de una unidad gran ganado por día).

Calidad nutricional: para evaluar la calidad nutricional de los forrajes se realizaron análisis bromatológicos con base en los protocolos establecidos por el Laboratorio de Reconversión Ganadera de la Universidad Industrial de Santander.

Cenizas: diferencia gravimétrica empleando Mufla a 550 °C durante 6 horas

Proteína (%): se cuantificó el porcentaje de nitrógeno empleando un analizador elemental CHNS/O, el cual fue multiplicado por la constante 6.25, para obtener el porcentaje de proteína.

Energía (kcal/kg): determinando calorimetría (calorímetro Parr 6200).

Captura de Carbono: inicialmente se determinó el contenido de carbono de cada material forrajero empleando un analizador elemental CHNS/O. Para cuantificar la captura de carbono, se multiplicó la biomasa en base seca por cada uno de los contenidos en carbono de los forrajes.

Emisión de CO_2: para estimar la emisión de dióxido de carbono (CO_2) se utilizaron cámaras de vidrio con orificio superficial, volumen de 18000 cm^3, área de cobertura de 90 cm^2 y jeringas plásticas de 50 mL con válvula de tres pasos. Las muestras de gases se tomaron a las 8:00 am, recolectadas con las jeringas por los orificios de las cámaras a los 0, 20 y 40 minutos. Una vez recolectadas, estas fueron llevadas al laboratorio para estimar su contenido de CO_2 empleando un cromatógrafo de gases.

Análisis estadístico: Las variables experimentales fueron sometidas a un análisis de varianza ANOVA y siempre que hubo diferencias ($p < 0.05$) se utilizó la prueba de rangos múltiples de Tukey para la separación de medias incluido en el programa estadístico R.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Temperatura y Humedad relativa (HR)

La temperatura y humedad presentaron diferencias estadísticas $P<0.05$ para todas las mediciones realizadas. La temperatura presentó variaciones promedio de 2.5°C en las horas de la mañana, 4.3°C al medio día y 3°C en las mediciones de la tarde. Por su parte la humedad relativa evidenció incrementos del 5% a las 9:30 am y del 4% a las 12:00 y 3:00 pm (figura 1).

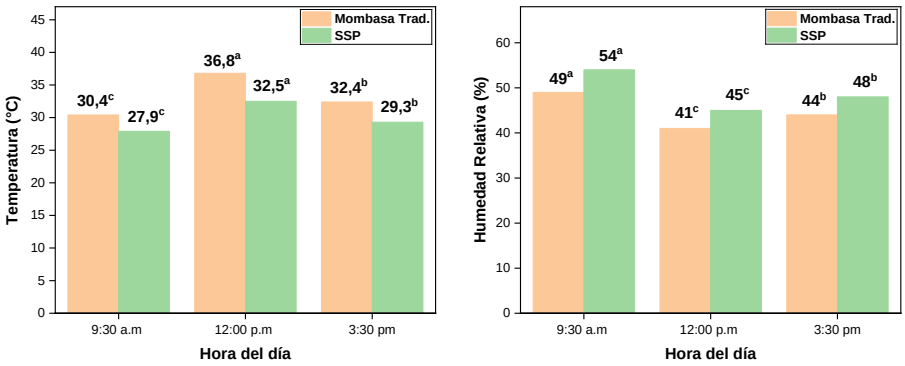


Figura 1. Temperatura y humedad relativa.

Los árboles en sistemas agrosilvopastoriles pueden reducir la temperatura y humedad relativa de las praderas al proporcionar sombra y reducir la exposición directa a la radiación solar. Los resultados encontrados fueron superiores a los reportados por Pezzopane et al. (2015) quienes cuantificaron los cambios microclimáticos en sistemas silvopastoriles con la integración de árboles nativos en comparación a una pastura en monocultivo encontrando una reducción máxima de temperatura de 2°C y un incremento en la humedad relativa del 1.1%. Deniz et al. (2020) reportaron reducciones superiores en la temperatura (8.52°C) e incrementos en la humedad relativa (7%) al implementar un sistema silvopastoril de alta biodiversidad y compararlo con un sistema de pastoreo tradicional.

Producción de biomasa:

La producción de biomasa evidenció diferencias estadísticas ($P<0.05$). Para el sistema silvopastoril se observó una producción de biomasa estimada de 16708 kg MS ha^{-1}, de las cuales el porcentaje de producción de la gramínea fue del 86.9% y la leguminosa fue del 13.1%. La gramínea del sistema silvopastoril mostró un aumento de 7431 kg MS ha^{-1} en comparación con el sistema tradicional. La capacidad de carga se incrementó de 2.1 a 3.8 UGG tras la implementación del sistema silvopastoril (figura 2).

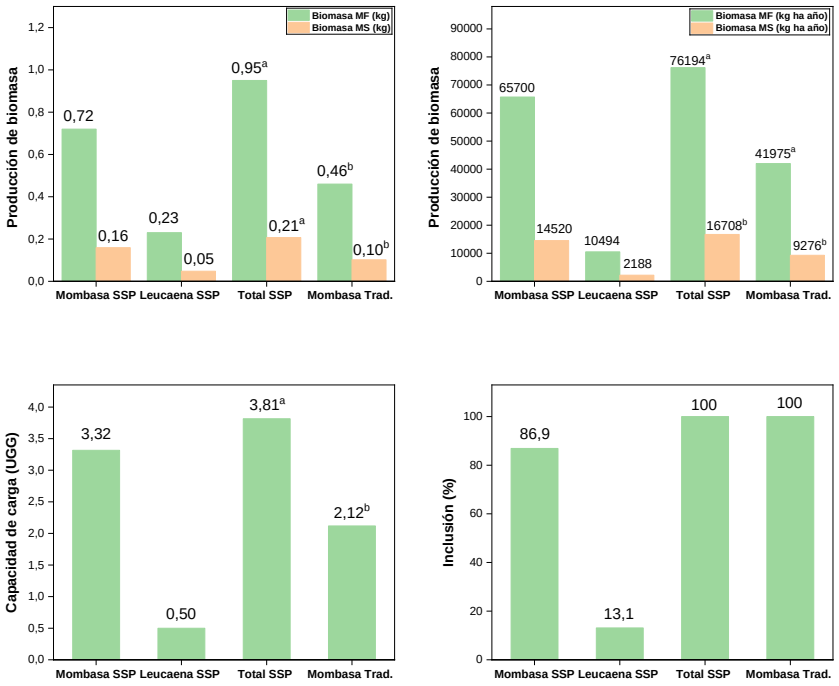


Figura 2. Producciones de biomasa.

Los sistemas silvopastoriles tienen un impacto significativo en la producción de biomasa, ofreciendo una alternativa sostenible a los sistemas de pastoreo tradicionales. Las producciones de biomasa encontradas fueron superiores a las reportadas por Hernández et al. (2020), quienes evaluaron la producción de biomasa de un sistema silvopastoril con la integración de Leucaena y *Megathyrsus maximus* cv. Tanzania, encontrando producciones de biomasa de 5.300 kg MS ha^{-1} $año^{-1}$. Así mismo, estudios demuestran que la integración de leguminosas como *Stylosanthes seabrana* y *Leucaena leucocephala* a los sistemas silvopastoriles contribuye a mejorar el rendimiento en la biomasa y a diversificar la oferta forrajera dentro de las praderas (Kumar et al., 2016), lo cual coincide con los resultados encontrados en el presente estudio.

Calidad nutricional:

La proteína evidenció diferencias significativas ($p<0.05$), encontrando un valor de 17.35% en *L. leucocephala* y 12.40% en el pasto Mombasa dentro del sistema silvopastoril. Estos valores fueron significativamente superiores al contenido proteico del pasto Mombasa en el sistema convencional, el cual alcanzó un 9,26%. El contenido energético presentó diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$) entre *L. leucocephala* y las gramíneas, aunque no se observaron diferencias significativas entre estas. De igual manera, el contenido de cenizas mostró diferencias significativas ($p < 0.05$) entre la leguminosa y las gramíneas (figura 3).

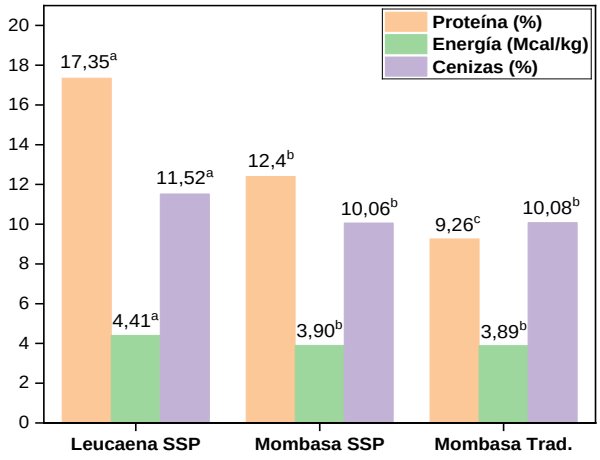


Figura 3. Calidad nutricional de los forrajes.

Los sistemas silvopastoriles (SSP) son reconocidos por su potencial para mejorar la calidad nutricional del forraje, crucial para la producción ganadera sostenible. La integración de especies arbustivas leguminosas a los sistemas de pastoreo permite la fijación de nitrógeno atmosférico, contribuyen significativamente al contenido de nitrógeno del suelo y mejoran los rendimientos y calidad nutricional de los forrajes (Unathi et al., 2018). Los contenidos proteicos obtenidos en la gramínea fueron superiores a los reportados por Da Silva Pause et al. (2021), quienes evaluaron el efecto de la fertilización nitrogenada en el pasto Mombasa y encontraron contenidos proteicos máximos del 10%. Por su parte, Alsunaydi et al. (2024) reportaron valores de hasta 16% en esta misma especie, aunque estos resultados estuvieron influenciados por la aplicación de un fertilizante balanceado a razón de 115 kg N ha^{-1} $año^{-1}$. Estos hallazgos evidencian la influencia del sistema silvopastoril sobre la mejora en la calidad nutricional de los forrajes.

Captura de Carbono:

Los contenidos de carbono mostraron diferencias significativas ($p< 0.05$) entre *L. leucocephala* y las gramíneas, registrándose valores de 50,2 % para la Leucaena, 43,7 % para el pasto Mombasa en el sistema silvopastoril y 42,0 % para el pasto Mombasa manejado bajo un sistema convencional. Asimismo, la captura de carbono por hectárea año presentó diferencias significativas ($p< 0.05$), con un incremento de 3.450 kg ha^{-1} $año^{-1}$ asociado a la implementación del sistema silvopastoril (figura 4).

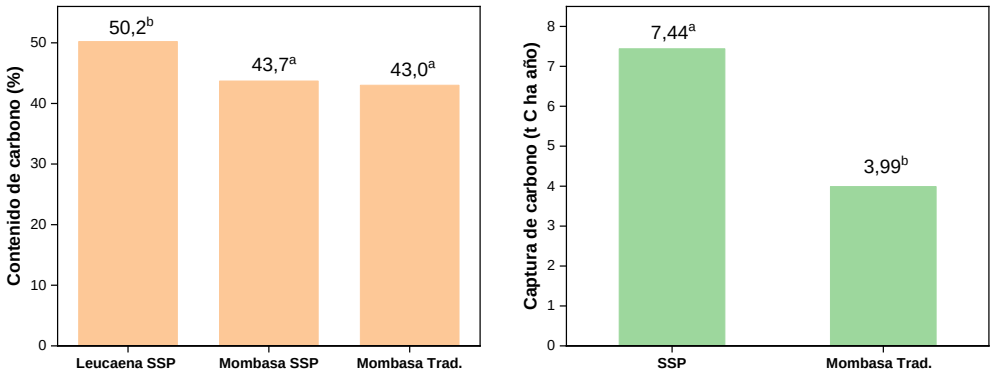


Figura 4. Captura de carbono.

Diversos estudios han demostrado el potencial de los sistemas silvopastoriles para neutralizar las emisiones de gases de efecto invernadero debido a una mayor acumulación de carbono tanto en la biomasa aérea como subterránea, capturando hasta un 69,9% más de carbono que los monocultivos de pastos (Que et al., 2022; Santos et al., 2019). Siendo una de las principales alternativas para mitigar los niveles crecientes de CO_2 en la atmósfera y abordar el cambio climático global.

CONCLUSIONES

En condiciones de bosque seco tropical, los sistemas silvopastoriles con *Megathyrsus maximus* y *Leucaena leucocephala* constituyen una estrategia eficiente para regular el microclima, aumentar la producción de biomasa, mejorar la capacidad de carga y fortalecer el aporte nutricional en la alimentación de los rumiantes, contribuyendo así a una ganadería más sostenible.

AGRADECIMIENTOS

Agradecimiento a la Universidad Industrial de Santander quien financió la investigación mediante el proyecto titulado "Producción de forrajes, nanofertilizantes y sistemas agrofotovoltaicos en la elaboración de alimentos balanceados para bovinos de leche en la provincia de García Rovira", identificado con código 4242.

BIBLIOGRAFÍA

Aldás, L. A. V., Gordón, O. A. L., Muñoz, M. K. L., & Rojas, J. R. A. (2024). Sistemas y subsistemas agroecologicos y agroforestales. Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS, 6(2), 220-227. https://doi.org/10.59169/pentaciencias.v6i2.1042

Alsunaydi, S., Alharbi, A. B., Al-Soqeer, A. A., & Motawei, M. I. (2024). Nutritional Composition and Productivity of Panicum maximum cv. "Mombasa" Under Different Levels of Nitrogen Fertilization and Water Deficit. Life, 14(12), 1614. https://doi.org/10.3390/life14121614

Alvarado-Canché, A., Canul-Solis, J., Castillo-Sánchez, L. E., Campos-Navarrete, M. J., López-Cobá, E. H., Luna-Mendicuti, A. A., ... & Chay-Canul, A. (2022). Producción y calidad forrajera de Cynodon plectostachyus bajo sistema silvopastoril con Leucaena leucocephala. Tropical and Subtropical Agroecosystems, 25, 1-9.

Chebli, Y., El Otmani, S., Elame, F., Moula, N., Chentouf, M., Hornick, J. L. & Cabaraux, J. F. (2021). Silvopastoral System in Morocco: Focus on Their Importance, Strategic Functions, and Recent Changes in the Mediterranean Side. Sustainability, 13(19), 10744. https://doi.org/10.3390/su131910744.

Contreras-Santos, J. L., Martinez-Atencia, J., Raghavan, B., López-Rebolledo, L. & Garrido-Pineda, J. (2021). Sistemas silvopastoriles: mitigación de gases de efecto invernadero, bosque seco tropical - Colombia. Agronomía Mesoamericana, 901-919. https://doi.org/10.15517/am.v32i3.43313.

Da Silva Pause, A. G., De Souza França, A. F., Okada, E. S. M., Gandra, J. R., Dupas, E., De Oliveira, E. R., Ferreira, J. L., & Marques, O. F. C. (2021). Nutritional value of Mombasa grass submitted to different grazing heights and nitrogen fertilization / Valor nutritivo do capim-Mombaça submetido a diferentes alturas de pastejo e adubação nitrogenada. Brazilian Journal Of Animal And Environmental Research, 4(1), 860-874. https://doi.org/10.34188/bjaerv4n1-071

Deniz, M., Filho, A. L. S., Hötzel, M. J., De Sousa, K. T., Filho, L. C. P. M., & Sinisgalli, P. A. (2020). Microclimate and pasture area preferences by dairy cows under high biodiversity silvopastoral system in Southern Brazil. International Journal Of Biometeorology, 64(11), 1877-1887. https://doi.org/10.1007/s00484-020-01975-0

Freitas, I. C. D., Ribeiro, J. M., Araújo, N. C. A., Santos, M. V., Sampaio, R. A., Fernandes, L. A., Azevedo, A. M., Feigl, B. J., Cerri, C. E. P. & Frazão, L. A. (2020). Agrosilvopastoral Systems and Well-Managed Pastures Increase Soil Carbon Stocks in the Brazilian Cerrado. Rangeland Ecology & Management, 73(6), 776-785. https://doi.org/10.1016/j.rama.2020.08.001.

Hernández, M. H., Ortiz, S. L., Rodríguez, J. J., Jiménez, E. O., Elizalde, S. P., Rivera, P. D., & Galván, M. M. C. (2020). Rendimiento y calidad nutritiva del forraje en un sistema silvopastoril intensivo con Leucaena leucocephala y Megathyrsus maximus cv. Tanzania. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias, 11(1), 53-69. https://doi.org/10.22319/rmcp.v11i1.4565

Ilham, Z., & Nimme, F. H. (2019). Quantitative priority estimation model for evaluation of various non-edible plant oils as potential biodiesel feedstock. AIMS Agriculture And Food, 4(2), 303-319. https://doi.org/10.3934/agrfood.2019.2.303

Júnior, O. S., Santos, A. C. D., Rodrigues, M. O. D., Rodrigues, M. O. D., & Alencar, N. M. (2017). Productive efficiency of mombasa grass in silvopastoral system under pasture deferment and nitrogen fertilizer. Semina. Ciências Agrárias, 38(5), 3307. https://doi.org/10.5433/1679-0359.2017v38n5p3307

Kweku, D. W., Bismark, O., Maxwell, A., Desmond, K. A., Danso, K. B., Oti-Mensah, E. A., ... & Adormaa, B. B. (2018). Greenhouse effect: greenhouse gases and their impact on global warming. Journal

Pezzopane, J. R. M., Bosi, C., Nicodemo, M. L. F., Santos, P. M., Da Cruz, P. G., & Parmejiani, R. S. (2015). Microclimate and soil moisture in a silvopastoral system in southeastern Brazil. Bragantia, 74(1), 110-119. https://doi.org/10.1590/1678-4499.0334

Que, F. G. V., Villanueva‐López, G., Alcudia‐Aguilar, A., Medrano‐Pérez, O. R., Cámara‐Cabrales, L., Martínez‐Zurimendi, P., Casanova‐Lugo, F., & Aryal, D. R. (2022). Silvopastoral systems improve carbon stocks at livestock ranches in Tabasco, Mexico. Soil Use And Management, 38(2), 1237-1249. https://doi.org/10.1111/sum.12799

Röhrig, N., Hassler, M. & Roesler, T. (2020). Capturing the value of ecosystem services from silvopastoral systems: Perceptions from selected Italian farms. Ecosystem Services, 44, 101152. https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2020.101152

Román Cañizares, W., Martínez Robaina, A. Y., Benítez Odio, M., Bastidas Pacheco, H. P., Gutiérrez Reinoso, M. Á., & Morejón García, M. (2022). Servicios ambientales de tres sistemas silvopastoriles introducidos en la provincia de Cotopaxi, Ecuador. Revista Cubana de Ciencias Forestales, 10(2), 262-277.

Sanna, F., Campesi, G., Deligios, P., Ledda, L., Piluzza, G., Sulas, L. & Re, G. A. (2021). Combined effects of microenvironment and land use on C fluxes in a Mediterranean agro-silvopastoral system. European Journal of Agronomy, 130, 126348. https://doi.org/10.1016/j.eja.2021.126348.

Santos, J. L. C., Atencia, J. M., Torres, J. C., & Guzmán, C. K. F. (2019). Evaluación del carbono acumulado en suelo en sistemas silvopastoriles del Caribe Colombiano. Agronomía Costarricense. https://doi.org/10.15517/rac.v44i1.39999

Unathi, G., Nobulungisa, M., & Solomon, T. B. (2018). Benefits of grass-legume inter-cropping in livestock systems. African Journal Of Agricultural Research, 13(26), 1311-1319. https://doi.org/10.5897/ajar2018.13172

Vásquez, J. H., Molina, F. M. & Ginel, J. G. (2022). Chapter 11: Integration of precision livestock farming and remote sensing to enhance grazing management in agrosilvopastoral systems: practical considerations. Practical Precision Livestock Farming, 175-191. https://doi.org/10.3920/978-90-8686-934-3_11



SE-22. Influencia del cambio de uso del suelo en los indicadores físicos, químicos y biológicos en áreas de la UEB Ganadera Ciro Frías
Influence of change of land use in the physical, chemical and biological indicators in areas of the UEB Ganadera Ciro Frías

K Alvarado Ruffo[1]; A Blanco Imbert[2]

[1]Facultad Agroforestal de la Universidad de Guantánamo. Ave Che Guevara Km 11/2 carretera a Jamaica.

[2]UCTB Suelos Guantánamo. Calle Estadio

*Correspondencia a: karenruffo76@gmail.com

ABSTRACT

The research was conducted with the objective of determining the influence of the agronomic management systems used in the areas of the UEB Ganadera Ciro Frías on the evolution of degradative processes. An area that had been used for grazing small livestock and had been covered with marabou four years ago was selected, which was replaced by Kingg grass, and another where the grass was replaced by various crops (corn, cassava), where random permanent sampling points were established to evaluate the physical indicators (bulk density, infiltration rate, and penetration resistance), chemical (organic matter, phosphorus and assimilable potassium, and pH) and biological (basal and induced respiration), which were compared with an area dedicated to grazing. The results indicate that the new agronomic management systems employed caused changes in the physical, chemical, and biological indicators of the soil. The plot dedicated to various crops showed a decrease in the indicators related to compaction and increased biological activity. Slight increases in soil fertility were found for the plots that changed management systems.

Key words: *livestock agroecosystem, degradation, compaction*

Palabras clave: *agroecosistema ganadero, degradación, compactación*

INTRODUCCIÓN

El cambio en el uso del suelo es uno de los temas de mayor interés en las disciplinas ambientales, ya que altera ciclos biogeoquímicos como el del agua o el del carbono, también es una de las causas más importantes de pérdida de biodiversidad a nivel mundial, y, sin dudas, el medio por el que la sociedad resiente las alteraciones en el entorno (Ruiz, 2002).

En cuba la ganadería se caracteriza por utilizar aquellos suelos de menor valor productivo (Sánchez et al., 2011), por lo que en los últimos años se han intensificado la incidencia de los factores degradativos, producto en muchos casos del cambio de uso, los evidentes efectos de las variaciones del clima y en un alto porcentaje al manejo inadecuado. Es por ello que dar seguimiento sistemático al estado del suelo, a partir del comportamiento de indicadores edáficos permitirá predecir e interpretar los cambios y accionar oportunamente sobre estos, ya que los mismos aportan una valiosa información acerca del funcionamiento integral del sistema suelo-planta, por lo que su empleo facilita determinar la evolución de los procesos degradativos (Lok, 2016).

Tal es el caso de las áreas de la UEB Ganadera Ciro Frías, las cuales han sido sometidas a cambios de uso producto de las acciones que ha asumido la empresa en busca de una mayor diversificación de la producción en función de la producción de alimentos, lo cual pudiera ocasionar cambios en el ambiente edáfico (Alvarado et al. , 2020), como consecuencias de las perturbaciones que conllevan las labores de cultivo (Domínguez y Solsol (2022), de aquí la necesidad de realizar estudios que permitan diagnosticar entre otros parámetros los posibles cambios en las propiedades del suelo.

Al momento de considerar si un sistema de manejo es sustentable en el corto y largo plazo se hace indispensable evaluar la calidad del suelo, lo cual puede realizarse mediante el empleo de indicadores (Doran y ParKing, 1994).

En los últimos años se ha intensificado la evaluación de indicadores físico-químicos y biológicos (Dkhar et al., 2012), ya que estos describen los principales procesos metabólicos que ocurren en el suelo, y pueden resultar indicadores tempranos y sensibles de degradación y/o restauración del mismo frente a distintos manejos (Marinari et al. 2006), además de definir la calidad de los suelos (Baridón, 2015).

Estudios recientes describen los cambios que ocurren en los indicadores físicos (Blanco et al., 2019; Blanco et al., 2021; Méndez, 2023), químicos (Blanco et al., 2021; León, 2022) y biológicos (Blanco et al., 2021, Pacheco, 2023), de diferentes suelos de la provincia Guantánamo, donde advierten sobre como los indicadores del suelo podrían verse afectados intensamente ante cambios en el uso de la tierra. Es por ello que la presente investigación parte del siguiente Problema ¿Qué influencia tiene el cambio de uso del suelo en los indicadores físicos, químicos y biológicos de las áreas de la UEB

Ganadera Ciro Frías? y se propone determinar la influencia del cambio de uso de los suelos de la UEB Ganadera Ciro Frías en el comportamiento de los indicadores físicos, químicos y biológicos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló entre enero de 2023 a abril de 2024, en áreas de la UEB ganadera Ciro Frías perteneciente a la Empresa ganadera Iván Rodríguez, ubicada en el poblado Ciro Frías del municipio Manuel Tames, sobre un suelo Aluvial que correlaciona con un Fluvisol según la clasificación propuesta por Hernández et al., (2015), cuyas características químicas se presentan en la tabla 1.

Tabla 1. Características químicas del suelo Fluvisol del área experimental, antes del cambio de uso (año 2020)

Profundidad	pH (KCl)	P_2O_5 ($mg.100g^{-1}$)	K_2O ($mg.100g^{-1}$)	MO (%)
0-20	7.41	19.20	12.6	2.75

La caracterización del recurso suelo se realizó a partir del estudio genético de los suelos de la Provincia Guantánamo (Mapa de suelos Escala 1:25 000, Instituto de Suelos (1989) siguiendo la metodología establecida por el Ministerio de la Agricultura (1982) y el manual para la confección del mapa nacional 1:25 000 (Instituto de Suelos (1989), aplicando la Clasificación Genética (1975) y una correlación con la Nueva Versión (Hernández et al., 2015). Se identificaron los principales factores limitantes que limitan su agroproductividad mediante el estudio detallado a escala de trabajo 1:10 000.

Se seleccionaron dos parcelas ubicadas en un área que previamente estaba cubierta de pastos y que fueron dedicadas a la siembra de cultivos varios y forrajes, las cuales fueron comparadas con una parcela cubierta de pasto natural dedicada al pastoreo (Tabla 2). Las parcelas seleccionadas constituyeron los tratamientos y se distribuyeron bajo un diseño en bloques al azar con tres repeticiones.

Tabla 2. Tratamientos empleados

Tratamientos	Características
T-I. Parcela que se dedicó a los cultivos varios (maíz (*Zea mays*), yuca (*Manihot esculenta*. Crantz))	Anteriormente se encontraba cubierta de pastos y se empleaba para el pastoreo de ganado mayor. El manejo se basó en las aplicaciones de estiércol vacuno como abono orgánico al momento de la siembra a razón de 20t.ha-1, la preparación se realizó con tracción animal, se empleó un sistema de rotación de cultivos, incorporación de restos de cosechas, entre otras prácticas conservacionistas. El área se cultiva en secano.
T-II. Parcela dedicada al pastoreo, donde predomina el pasto conocido como pitilla (*Bodhriochloa pertusa*)	se explota ganado de la raza Cebú, con una carga de 1.2 $UGM.ha^{-1}$, donde predomina un sistema de manejo semiestabulado con pastoreo libre (sin acuartonamiento).
T-III. Parcela que se dedicó al cultivo del King grass (*Pennicetum purpurenm*) para garantizar el forraje del ganado.	Anteriormente se encontraba cubierta de pastos y se empleaba para el pastoreo de ganado mayor. La preparación de suelo se realizó de forma combinada. (mecanizada + tracción animal), con el empleo de abonado orgánico (estiércol vacuno a razón de $20t.ha^{-1}$).

En cada área se establecieron tres parcelas de muestreo de $10m^2$, donde se evaluaron los indicadores físicos y químicos. Las muestras fueron analizadas en el laboratorio de la Unidad de Ciencia y Técnica de Base Guantánamo perteneciente al Instituto de Suelos, según la metodología que se describe a continuación.

Indicadores Físicos

Densidad aparente (da) en (g.cm-3). Se determinó por el método de los cilindros en el campo, utilizando cilindros de 100 cm3 de volumen (Hernández, 2007).

Humedad: Se determinó por el método gravimétrico, donde las muestras de suelo fueron secadas en la estufa a 105°C, hasta que alcanzaron peso constante (Hernández, 2007).

Compactación. Se medirá a partir de la Resistencia a la penetración, la cual se determinó con el uso del Penetrómetro de cono de lectura directa, marca Eikelkamp. Método que considera las evaluaciones de resistencia a la penetración ($kg.cm^{-3}$) siguientes (menor de 10,0 muy compacto; entre 10,1–20,0 poco compacto; entre 20,1– 40,0 medianamente compacto; entre 40,1 – 60,0 compacto y mayor de 60,1 muy compacto)

Velocidad de infiltración. Se determinó por el método USDA. Para la clasificación se utilizaron las clases de permeabilidad usadas en el reconocimiento edafológico del Servicio de Conservación de Recursos Naturales (SoilSurvey), las cuales son estimadas a partir de propiedades del suelo y se refieren a una velocidad de infiltración estable (USDA, 1999). Este método considera las evaluaciones de velocidad de infiltración (cm.h-1) de la siguiente forma (>50.80 Muy rápido; 50,8-15,21 Rápido; 15,21- 5,08 Moderadamente rápido; 5,8-1,52 moderado; 1,52-0,51 Moderadamente lento; 0,51-0,152 Lento; 0,152-0,0038 Muy lento y < 0,0038 impermeable).

Químicos

pH (KCL) por el método potenciométrico (NC 32, 2008)-ISO 10390:1999

Materia orgánica (%) por el método Colorimétrico (oxidación de la materia orgánica por el dicromato de potasio en un medio ácido) (NC 51:1999)

Fósforo y potasio asimilable mg.100 g^{-1}) por extracción con carbonato de amonio al 1%, con solución de suelo 1:20 (Norma Cubana 52,1999).

Biológicos

Respiración Basal (RB) e Inducida (RSI) según la metodología actualizada por Calero et al., (1999).

Análisis estadísticos

A los datos se le comprobó los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza (Test de Bartlett y Kolmogórov-Smirnov, respectivamente), para cada tipología del área. Se realizó un ANOVA doble y las medias se compararon según la Prueba de Rangos Múltiples de Duncan (P≤0,05). Se utilizó el paquete estadístico computarizado Statgraphics Plus 5.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 2 se muestran las características de las áreas de la UEB Ganadera Ciro Frías. Los datos indican el predominio de un suelo Tipo Aluvial Poco Diferenciado, sobre material trasportado carbonatado, cuyas características lo ubican en la categoría Agro productiva II, por lo que se considera, productivo para cultivos como el plátano, arroz, tomate, caña de azúcar, tabaco y muy productivo para pastos. Y por su categoría agroproductiva el potencial productivo de los cultivos que en el se siembren solo se expresará hasta el 75%. Es un suelo con erosión media por lo que se debe tener cuidado con las labores para evitar que continúe el proceso erosivo.

Tabla 2. Caracterización del suelo de las áreas de la UEB Ciro Frías

Descriptor	Características
Tipo suelo	Aluvial poco diferenciado, sobre material trasportado carbonatado
Profundidad efectiva	Pocos profundos
Humificación	Medianamente Humificado
Textura	Loam Arcilloso
Erosión	Media
Gravillosidad	Mediana
Pendiente	Ondulada
Relieve	Poco montañoso
Drenaje general	Bueno
materia orgánica	Bajo (2.29%),
Categoría Agroproductiva	II

Por otro lado, el análisis de las características del suelo permitió definir como principales factores limitantes; la poca profundidad efectiva (40-50 cm), pendiente (8%), presencia de gravas y piedras. A pesar de los factores limitantes del suelo, las características del mismo, permiten que pueda ser empleado para cultivos varios, como, maíz y yuca. No obstante, los factores limitantes, impiden que los cultivos puedan llegar a su máximo potencial productivo, por lo que es necesario profundizar en los mismos para establecer medidas que permitan reducir su efecto negativo sobre los rendimientos.

Los suelos aluviales, comúnmente encontrados en la planicie de inundación de los ríos, son de gran importancia para la agricultura debido a su alta fertilidad y buena estructura física. La textura de los suelos aluviales varía desde arenosos hasta arcillosos, lo que influye directamente en su capacidad de retención de agua y nutrientes. La estructura de estos suelos suele ser granular o en bloque, facilitando la infiltración de agua y el desarrollo radicular de las plantas. La porosidad y la densidad aparente son indicadores clave de la salud física del suelo, afectando la aireación y la disponibilidad de agua para las plantas (Pinzón, 2009).

Los resultados de las pruebas de campos realizadas para determinar la densidad aparente a diferentes profundidades en el suelo de las parcelas en estudio se muestran en la tabla 3. Se encontró, en los primeros centímetros de profundidad (0 - 15cm), los mejores valores de densidad aparente para las parcelas de maíz, yuca y King Grass, con diferencia significativa de la parcela de pasto. Esta densidad aparente se incrementa con la profundidad. No obstante, los mejores resultados se mantienen para las parcelas TI y TIII, ya que en las mismas la densidad aparente es menor, lo que favorece la aireación y la infiltración del agua.

Tabla 3. Densidad aparente según % de humedad en el suelo de las parcelas en estudio de la UEB Ganadera Ciro Frías

Tratamientos	Densidad aparente (g. cm^{-3})		Humedad (%)	
	0-15 cm	16-25 cm	0-15cm	16-25cm
Parcela de maíz, yuca	1.18 a	1.30 a	16.57 b	15.46 b
Parcela de pasto	1.21 b	1.44 b	14.04 c	13.06 c
Parcela de King grass	1.18 a	1.31 a	18.93 a	16.28 a
ESx	0.00252	0.00279	0.00234	0.09702

Medias con letras iguales no difieren significativamente para Prueba de Comparación Múltiple de Medias por Duncan para p ≤0,05.

Los valores de densidad aparente en la capa superficial del suelo de las parcelas trabajadas muestran que ha existido cambios en el estado de compactación, al encontrase una disminución en las parcelas que sufrieron cambios de uso (TI) y (TIII) en comparación con la parcela que está plantada de pasto y se utiliza para el pastoreo de los animales, la cual mantiene valores que la ubican en la categoría de Muy alta, mientras que la parcela donde se establecieron los cultivos varios (maíz y yuca (TI)) registra valores que las clasifican entre Media a Alta y la de King grass (TIII) de Alta a muy Alta (Rivero *et al* ., 1990), resultados que pudieran estar relacionados con los sistemas de preparación del terreno los cuales ocasionan movimientos de la capa superficial (Moreno, González y Egido, 2015).

Un comportamiento diferente se encontró para la profundidad de 16 a 25cm, al encontrase una disminución de los valores de este indicador, aunque se mantiene la parcela dedicada al pasto (TII), la que muestra los más altos valores, con diferencia estadística del resto de los tratamientos, los cuales a su vez no difieren entre sí. Las parcelas donde se ubicaron los tratamientos TI (Parcela de maíz, yuca) y T III (Parcela de King grass), presentan valores que la clasifican como baja, mientras que la de pasto (TII) se ubica en la categoría de Media a Alta.

Los resultados anteriores guardan relación con el estado que presentan estos suelos en relación a la presencia de signos de compactación, al ser la densidad aparente un indicativo de una reducción en la porosidad, lo que a su vez puede conducir a una disminución en la infiltración de agua y en la capacidad de las raíces para penetrar el suelo (InfoAgrónomo, 2022).

El resultado del análisis agroquímico (Tabla 4), mostró diferencia significativa entre los tratamientos para todos los indicadores evaluados, con un comportamiento diferenciado según el indicador. Para el caso del pH (KCl), el suelo del tratamiento TIII presenta valores que lo clasifican como neutro en tanto el resto de los tratamientos se clasifica como ligeramente alcalino.

Tabla 4. Análisis agroquímico del suelo de la UEB Ganadera Ciro Frías

Tratamientos	pH (KCl)	P_2O_5 ($mg.100g^{-1}$)	K_2O ($mg.100g^{-1}$)	M.O (%)
Parcela de maíz + yuca	7.27 a	3.97 b	0.25 c	4.81 a
Parcela de pasto	7.26 a	2.12 c	16.4 b	4.25 b
Parcela de King grass	6.38 b	4.74 a	32.7 a	4.82 a
ESx	0,00268	0.00241	0.00261	0,00254

Medias con letras iguales no difieren significativamente para Prueba de Comparación Múltiple de Medias por Duncan para p ≤0,05.



En el caso el fosforo asimilable (P_2O_5), presentó valores que lo clasifican como bajo para todos los tratamientos, con diferencia significativa. La parcela dedicada al cultivo del King grass (TIII), alcanzó los más altos valores. Para el potasio asimilable (K_2O), el tratamiento III alcanzó el mayor valor con diferencia significativa de los restantes tratamientos. Se clasificó de Alto, mientras que la parcela que mantiene el pasto como cultivo alcanza valores que clasifican este elemento como medio. En el caso de la parcela dedicada a los cultivos varios el potasio asimilable resultó bajo.

El contenido de materia orgánica, elemento fundamental para la estructura del suelo y la retención de nutrientes, se clasifica para todos los casos como Alta según Rivero et al., (1990). La parcela dedicada al cultivo del King grass (TIII), mostró los más altos valores. Estos resultados están relacionados con los aportes de estiércol animal que han recibido estos suelos durante años de explotación como área de pastoreo. Esta materia orgánica actúa como un reservorio de nutrientes esenciales para las plantas, donde elementos como el nitrógeno, el fósforo y el potasio, se encuentran en formas orgánicas y son liberados lentamente a medida que la materia orgánica se descompone, además, influye en el pH del suelo, mejorando la disponibilidad de nutrientes y la actividad microbiana (Universidad Agrícola, 2018).
El análisis de los indicadores biológicos, Respiración basal e inducida (tabla 5), mostró diferencia significativa entre los tratamientos evaluados, con el mejor comportamiento para el tratamiento TI (TI Parcela de maíz + yuca), el cual alcanza los mayores valores (0,6 y 6,6 mg CO_2 /g suelo seco respectivamente), superando estadísticamente a los tratamientos TIII (parcela donde se estableció King grass) y TII (Parcela de pasto), los cuales a su vez mostraron diferencias significativas entre sí.

Tabla 5. Respiración basal y respiración inducida en el suelo de la UEB Ganadera Ciro Frías.

Tratamiento	Respiración basal (mg CO_2 /g suelo seco)	Respiración sustrato inducida (mg CO_2 /g suelo seco)
Parcela de maíz + yuca	0,6 a	6,6 a
Parcela de pasto	0,31c	3,3 c
Parcela de King grass	0, 57 b	6,29 b
ESx	0,0025	0,1911

Medias con letras iguales no difieren significativamente para Prueba de Comparación Múltiple de Medias por Duncan para p ≤0,05.

Los resultados evidencian una mayor actividad microbiana en la parcela dedicada a los cultivos varios (TI Parcela de maíz + yuca), respuesta que pudiera estar influenciada por las labores de preparación de suelo aplicadas a esta, las cuales proporcionan beneficios a la microflora del suelo, observándose luego de su utilización incrementos de las poblaciones microbianas hasta 20 o 30 veces el valor que presentaban al principio (Calvo *et al.,* 2008; Mendoza *et al.,* 2012).

Los resultados de la evaluación de los indicadores físicos, químicos y biológicos del suelo de la UEB Ganadera Ciro Frías, mostraron un mejor comportamiento de los indicadores que determinan la calidad del suelo para el área de cultivos varios (TI). Ello estuvo influenciado por una disminución de los signos de compactación (menor densidad aparente, resistencia a la penetración y una mayor infiltración del agua) y una mayor fertilidad (contenido de materia orgánica y mayor actividad biológica), con respecto a los valores de las áreas dedicadas al pastoreo (TII), uso inicial que tenían estas.

Igualmente, el área donde se estableció el banco de forraje con King grass, provocó cambios en los indicadores del suelo, que inicialmente evidenciaban signos de compactación. Blanco et al., (2021), al evaluar el efecto el cambio de uso en el comportamiento de indicadores del suelo destaca como el uso de prácticas de manejo conservacionista provocan una disminución de los procesos de degradación, así como un aumento de la fertilidad, criterios que coinciden con los resultados obtenidos en esta investigación.

CONCLUSIONES

La poca profundidad efectiva 40-50 cm, la pendiente, la presencia de gravas y piedras resultaron los principales factores limitantes del suelo de la UEB Ganadera Ciro Frías.

El cambio de uso del suelo en las áreas de la UEB Ganadera Ciro Frías provocaron cambios en los indicadores físicos, químicos y biológicos del suelo, evidenciando una disminución de la compactación, aumento de la fertilidad y de la calidad del suelo.

El uso del suelo para la producción de cultivos varios resultó el que menor afectación ocasiona al suelo, evidenciando la mejora de un mayor número de indicadores que determinan la calidad del suelo.

BIBLIOGRAFÍA

Alvarado, K. et al. 2020. Proyecto Manuel Tames III. Relatoría de la caracterización de los suelos de las áreas ganaderas de Ciro Frías. Datos no publicados. ACTAF Guantánamo, 12p.

Baridón, J.E. 2015. Cambios físicos, químicos y microbiológicos en suelos subtropicales de la provincia de Formosa ante el proceso de agriculturización. un aporte al conocimiento de la calidad del suelo y sus indicadores. Tesis presentada para optar al grado académico de Doctor en Ciencias Agrarias y Forestales. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad Nacional de La Plata, Argentina. 56p.

Blanco, A., Limeres, T., Fernández, I., Arencibia y col. 2019. Mejora de los indicadores físicos y químicos de un suelo afectado por salinidad a partir de prácticas de Manejo Sostenible de Tierra. Revista Electrónica Hombre, Ciencia y Tecnología. CITMA Guantánamo, Vol. 23 No. 4. ISSN: 1028-0871

Blanco, A.; Fernández, Illovis.; Cintra, Marianela, Maure, L., Olivares, R., Lafarge, M., Perez, J., Carbonel, T., et al, 2021. Efecto del manejo y el cambio del clima en las propiedades de los principales suelos de la provincia Guantánamo. Informe final del proyecto. PNCT Adaptación y mitigación del cambio climático. Instituto de Suelos UCTB Guantánamo. 158p.

Calero, B. J.; Guerrero, A.; Alfonso, C. A.; Somoza, V. y Camacho, E. 1999. Efecto residual de la fertilización mineral sobre el estado microbiológico del suelo. La Ciencia y el Hombre. XI: 89-94.

Calvo, A., Meneses, R., y Zúñiga, C. 2008. Estudio de las poblaciones microbianas de la rizósfera del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) en zonas altoandinas.

Dkhar, M.; M. S. Dkhar; H. Tynsong. 2012. Microbial activities and nutrients dynamics in sacred forest of Meghalaya. Indian J. Innovations Dev., 1 (3): 175-185.

Domínguez, A. y Solsol, J. 2022. Impacto de la actividad ganadera sobre el suelo: una revisión bibliográfica. Revista de Investigación Agropecuaria, 11(1), 45-60

Doran, J.W. and T.B. ParKing. 1996. Quantitative indicators of soil quality: A minimum data set. pp. 25-37. In Doran J.W. y Jones A.J. (ed.) Methods for assessing soil quality. SSSA Special Publication Nº 49 (401). Wiscosin.

Hernández J.A, Pérez J.J.M, Bosch I.D, Castro N. 2015. Clasificación de los suelos de Cuba. 1sted. La Habana, Cuba: Ediciones INCA; 2015. 91p.

InfoAgrónomo. Preparación del suelo, importancia, objetivos, tipos de implementos - InfoAgronomo [Internet]. (2022) [citado 21 de diciembre de 2023. Disponible en: https://infoagronomo.net/guia-de-preparacion-del-suelo/

Instituto de Suelos 1989. Mapa de suelos escala 1: 25 000. MINAGRI. La Habana, Cuba;

Instituto de Suelos. Mapa de suelos escala 1: 25 000. MINAGRI. La Habana, Cuba; (1989).

León N. 2022. Cambios que manifiestan algunos indicadores físicos del suelo Pardo sialitico de la CCS Mariana Grajales como consecuencia del manejo agronómico. Tesis presentada en opción al título de ingeniero agrónomo. Universidad de Guantánamo. Facultad Agroforestal. Cuba. 59p.

Lok, S. 2016. Los suelos en la ganadería cubana. Características, manejo, oportunid**ades y retos. Revista ACPA, La H**abana (1): 34-38.

Marinari, S.; R. Mancinelli; E. Campiglia & S. Grego. 2006. Chemical and biological indicators of soil quality in organic and conventional farming system in Central Italy. Ecol. Indicators, 6: 701-711

Méndez, M. 2023. Efecto de Abonos Orgánicos sobre Indicadores físicos del suelo en la Finca Jamaica Guantánamo. Tesis presentada en opción al título de ingeniero agrónomo. Universidad de Guantánamo. Facultad Agroforestal, Centro Universitario Manuel Tames. Cuba. 63p.

Mendoza, J., et al. 2012. Propiedades físicas y químicas del suelo y su relación con la actividad biológica bajo diferentes manejos en la zona de Quíbor, Estado Lara.

Ministerio de la Agricultura 1982. Génesis, Clasificación y Edafología de los Suelos. Seminario. Mapa Nacional de Suelos a Escala 1:25 000. MINAG.

Moreno, Carla. González, María. I. y Egido, J. A. 2015. Influencia del manejo sobre la calidad del suelo. Ecuador es Calidad. 2 (1):33-40.

NC 32: 2008. Calidad del suelo. Determinación del pH y la conductividad eléctrica en el extracto de saturación..11p.

NC 51. 1999. Calidad del suelo. Análisis químicos. Determinación del por ciento de Materia orgánica. 11p.



Pacheco, M. 2023. Cambio de uso y su Influencia en indicadores Biológicos del suelo en la finca Jamaica, Manuel Tames, Guantánamo. Tesis presentada en opción al título de ingeniero agrónomo. Universidad de Guantánamo. Facultad Agroforestal, Centro Universitario Manuel Tames. Cuba. 60p.

Pérez Batallón P, Ouro G, Merino García A, Macías Vázquez F. 1998. Descomposición de materia orgánica, biomasa microbiana y emisión de CO2 en un suelo forestal bajo diferentes manejos selvícolas. Edafología.;5(1):83-93.

Pineda, B. 2011. Caracterización de los fotosistemas foliares de importancia económica en caucho (*Hevea brasiliensis* Müll. Arg) en la Altillanura estructural plana del Meta (Colombia). Universidad Nacional de Colombia.

Pinzón, A. 2009. Apuntes sobre física de suelos. Cargraphics S.A. Bogotá. 44 – 46 p.

Ruiz, B.I. 2002. Manual de reforestación para América Tropical. San Juan, PR: US Department of Agriculture, Forest Service, International Institute of Tropical Forestry. Gen. Tech. Rep. IITF-18.

Sánchez, S., Hernández, M., & Ruz, F. 2011. Alternativas de manejo de la fertilidad del suelo en ecosistemas agropecuarios. Pastos y Forrajes, 34(4), 375-392.

Universidad nacional agraria (UNA) 2024. "Características generales del área de estudio y suelos de la Planicie de Nandaime".

USDA. Guía para la Evaluación de la Calidad y Salud del Suelo. [Internet]. (1999). [cited 2014 Dic 5]. 88 p. Available from http://soils.usda.gov/sqi.

Weil R R, Brady N C. 2017.The nature and properties of soil. 15a edition. Pearson Prentice Hall. Londres, Inglaterra. 1105 p.

SE-23. Sellamiento del suelo en diferentes sistemas de pasturas de un Oxisol de piedemonte
Soil sealing in different pasture systems of a piedmont Oxisol

Silva-Parra, A.[1]; Arango-Acosta, G.A[2]; Gnecco-Lizcano, A.M.[3]*

[1]Docente Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Universidad de los Llanos, Sede Barcelona km 12 vía a Puerto López, Villavicencio, Colombia.

[2]Estudiante Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Semillero de Investigación en Manejo Integrado de Cultivos SIMIC, Universidad de los Llanos, Sede Barcelona km 12 vía a Puerto López, Villavicencio, Colombia.

[3]Docente Facultad de Ciencias Humanas y de la Educación, Universidad de los Llanos, Sede Barcelona km 12 vía a Puerto López, Villavicencio, Colombia.

*Correspondencia a: asilvap@unillanos.edu.co

RESUMEN

Degraded pastures in the Piedmont region, with a lower productive capacity, are more exposed to soil sealing and erosion. The objective of this study was to evaluate the impact of three types of pastures established over 10 years ago: degraded pasture (DP), a silvopastoral system with *Brachiaria decumbens* associated with *Acacia mangium* (SSP), and an improved pasture with *Brachiaria decumbens* (PM) on surface sealing of an Oxisol in the Piedmont region of Cumaral, Meta, Colombia. Random sampling was carried out at three random points at 20 cm depth to obtain a composite sample. In the SSP, sampling was carried out in the area of influence of trees, pastures, and animals, with 5 replicates for each system in a completely randomized design (CRD). At 35 days after harvest, the clay dispersion coefficient (CDC) and soil texture were measured. Analysis of variance and Tukey's mean comparison tests (95%) were performed using INFOSTAT. The results indicated that the SSP does not present sealing problems with a CDA less than 25%. In the PM, values were identified as close to presenting surface sealing problems with a CDA of 24.34%. The PD exceeds 25% CDA (55.57%). No differences were found in the percentages of clays, silts, and sands, indicating loamy soils. The SSP appears to be an environmentally sustainable option to reduce surface sealing problems, since it better protects the soil from the impact of rainfall.

Palabras clave: *erosión, pastura mejorada, sistema silvopastoril, sostenibilidad*

Key words: e*rosion, improved pasture, silvopastoral system, sustainability*

INTRODUCCION

La ganadería extensiva en Colombia genera diferentes tipo de impactos entre los cuales se encuentran disminución de la infiltración, retención de humedad; incremento de erosión, remoción en masa y deslizamientos, entre otros (Murgueitio, 2003), lo cual puede ser consecuencia del sellamiento superficial de los suelos.

La mayor eficiencia de uso del agua de lluvias y la conservación del recurso suelo se relacionan con la cobertura vegetal de los SSPs que desempeñan un papel importante en la regulación del ciclo hidrológico y el daño de la estructura del suelo por sellamiento.

En los sistemas de pasturas de Piedemonte sobresalen en gran porcentaje (30%) las pasturas nativas degradadas, que son sistemas frágiles tendientes a una menor macroporosidad del suelo, y riesgo a la erosión debido a mayores coeficientes de dispersión de arcillas (CDA), por lo que sistemas conservacionistas deben ser considerados en esta región, como es el uso de sistemas silvopastoriles para la conversión de estos sistemas.

Agronómicamente, la distribución de los diferentes tamaños texturales incide sobre la velocidad con que se infiltra el agua, sobre la cantidad que puede retener y mantener disponible para los cultivos y sobre el agua no disponible, donde la cantidad de arcilla dispersa en el suelo por el efecto de la lluvia puede ser variable dependiendo del manejo de pasturas.

Lima *et al*. (2018) demostraron que, la implementación de sistemas silvopastoriles tiene efecto sobre las propiedades físicas, especialmente los relacionados con la infiltración de agua. Wang *et al*. (2022) y Giraldo y Chará (2022) reportan que, los sistemas silvopastoriles con la diversificación de pastos, incorporación de leguminosas y/o árboles, son claves para disminuir la densidad del suelo, propiedad física asociada al endurecimiento del suelo, el sellamiento y la falta de macroporosidad (Jaramillo, 2002).

El objetivo del presente trabajo fue cuantificar el efecto de diferentes sistemas de pastura en un Oxisol de Piedemonte sobre los diferentes tamaños texturales y el coeficiente de dispersión de arcilla como una medida del sellamiento superficial. El sellado superficial del suelo limita la capacidad para infiltrar lluvias posteriores.

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación fue realizada en sistemas de pasturas de Cumaral (Meta), Colombia. Geográficamente localizada en las Coordenadas Latitud: 4° 16' 10" Norte; Longitud: 73° 29' 11" Oeste.; con una altitud de 452 msnm. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de *20 °C a 32 °C* y rara vez baja a menos de *16 °C* o sube a más de *35 °C.* El mes con más lluvia en Cumaral es *mayo*, con un promedio de *278 milímetros* de lluvia.

Los suelos de esta zona se clasifican como Oxisoles, con tendencia al sellamiento, son suelos ácidos y con baja saturación de bases, considerados como distróficos.

Fueron evaluados tres sistemas de pasturas de más de 10 años, pastura degradada (PD), pastura mejorada con pasto *B. decumbens* (PM), y sistema silvopastoril (SSP) de pasto *Brachiaria* con árboles de *Acacia mangium* dispuestos en cerca viva. Para considerar la degradación de la pastura se aplicó los delineamientos de Padilla *et al.* (2009). En cada sistema se colectaron cinco muestras compuestas (repeticiones) de tres puntos a 20 cm de profundidad, teniendo un total de 15 unidades de muestreo.

A nivel de laboratorio, se determinó la textura por el método de Bouyucos considerando %arenas, limos y arcillas, y el coeficiente de dispersión de arcillas, interpretándose que cuando es mayor a 25%, se considera un suelo con sellamiento superficial según Jaramillo (2002). La macroporosidad se calculó por diferencia entre la Pt del suelo y la humedad volumétrica a capacidad de campo o microporosidad.

Los resultados de cada variable en los diferentes sistemas de pasturas, fueron analizados estadísticamente usando un Diseño Completamente al Azar, y las diferencias y similitudes entre medias de tratamientos, fueron separadas con la Prueba de Tukey (P=≤0,05) empleando el programa estadístico INFOSTAT (Di Rienzo *et al.*, 2011).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 1 indica que no se presentó efecto de los sistemas de pastura en los porcentajes de arena, limos y arcillas indicando suelos de textura franco arenosa.

Tabla 1. Variables analizadas de textura de suelo, y coeficiente de dispersión de arcillas

Sistemas de pasturas	Arenas /A)	Limos (L)	Arcillas (Ar)	CDA
		%		
PD	26.90A	32.80A	16.40A	55.57A
PM	23.70A	38.00A	17.60A	24.34B
SSP	27.10A	28.80A	20.00A	19.58B

Letras diferentes entre filas indican diferencias al 95% según la prueba de Tukey.

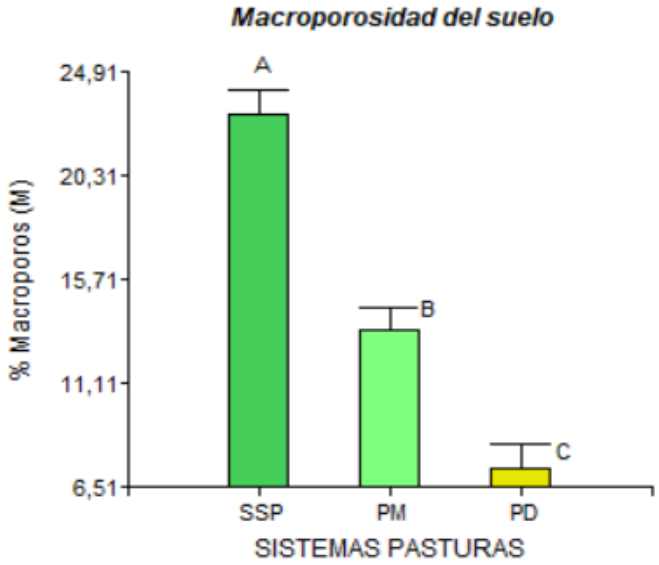


Figura 1. Efecto de los sistemas de pasturas en la Macroporosidad (M) del suelo

Letras diferentes entre columnas indican diferencias al 95% según la prueba de Tukey.

En ambos sistemas PM y SSP, el CDA fue estadísticamente similar no superando el 25%, sin embargo, en la PM es cercano al 25% con riesgo de sellamiento. El SSP reduce el CDA, lo que puede generar una menor susceptibilidad a problemas de erosión por escorrentía. Por su parte, la PD muestra un CDA alto de 55.57% (Tabla 1). Se evidencia en la Figura 1 que el SSP mejora la macroporosidad del suelo con respecto a la PM y la PD.

La presencia de árboles en los SSP afecta la dinámica del agua de varias formas: i) actuando como barrera que reduce la escorrentía; ii) como cobertura, reduciendo el impacto de las gotas disminuyendo el sellamiento, y iii) como mejoradora del suelo, incrementando la infiltración debido a una mayor macroporosidad y la retención de agua (Ibrahim *et al*. 2006).

El pastoreo extensivo es representativo en la expansión de la frontera agropecuaria en el país, impactando zonas de importancia como las de Piedemonte afectando la degradación física del suelo. Existen múltiples beneficios por la inclusión de los SSP en las actividades ganaderas; Ríos *et al*. (2006) reportaron la reducción de 46% en la escorrentía respecto a sistemas tradicionales, principalmente al mejorar la estructura de los perfiles por extensión de raíces de las especies forrajeras y arbustivas establecidas en estos sistemas.

El sellamiento causa daño en la estructura del suelo ocasionando cambios en los procesos de absorción de nutrientes y de agua, afectando una disminución del porcentaje de macroporos que afecta negativamente las posibilidades de crecimiento de las raíces y, con ello, el fenómeno de interceptación de iones por parte de estas, lo cual afecta, a su vez, el ingreso de agua al suelo (Amézquita *et al*. 1998).

Cuando se reducen los macroporos que drenan a succiones bajas, también se reduce la conductividad hídrica y se incrementa la succión de agua del suelo (Volverás-Mambuscay *et al*., 2016).

CONCLUSIONES

Bajo condiciones de alta precipitación como en zona de Piedemonte, la interceptación de la lluvia por las copas de los árboles en el SSP disminuye el sellamiento del suelo, debido a que reduce la cantidad de agua que cae al suelo.

El efecto de los SSP sobre la disminución del sellamiento y aumento de la macroporosidad se observa debido a que producen mayor cobertura de suelo producto del mantillo y/o la cobertura vegetal.

Se deberá atender el manejo de las PM como de los animales para evitar problemas futuros de sellamiento superficial del suelo.

AGRADECIMIENTOS

Al Grupo de Investigación Innovación en Sistemas Agrícolas y Forestales y a la DGI de la Universidad de los Llanos por el financiamiento del proyecto "TRANSFORMACIÓN DE SABANAS NATIVAS EN SISTEMAS DE PASTURAS Y SU IMPACTO EN EL RECURSO SUELO, ECONOMICO Y SOCIAL EN ZONA DE PIEDEMONTE Y ALTILLANURA" código C01-01-2025-001.

BIBLIOGRAFÍA

Amézquita, E., Preciado, G., Arias, D.M., Friesen, D., Sanz, J.I., Thomas, R. 1998. Soil physical characteristics under different land use systems and duration on the Colombian savannas. Afiche presentado en: Word Congress of Soil Science Word "Congress of Soil"; Montpellier, France.

Di Rienzo, J.A., Casanoves, F., Balzarini, M.G., González, L., Tablada, M., Robledo, C.W.

2011. InfoStat V2011. InfoStat Group, College of Agricultural Sciences, National Universidad de Córdoba, Córdoba, Argentina.

Giraldo, N. y Chará, J. 2022. Efecto de los sistemas silvopastoriles intensivos en la reducción de la degradación física y biológica del suelo. Livestock Research for Rural Development. 34(17). http://www.lrrd.org/lrrd34/3/3417vicky.html

Ibrahim, M., Villanueva, C., Casasola, F., Rojas, P. 2006. Sistemas silvopastoriles como herramienta para el mejoramiento de la productividad y restauración de la integridad ecológica de paisajes ganaderos. IV Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la Producción Pecuaria Sostenible. (CD-ROM)

Jaramillo, D. (2006). Introducción a la Ciencia del Suelo. Medellín: Unal.

Lima, H.N., Dubeux Jr, J.C., Santos, M.V., Mello, A.C., Lira, M.A. y Cunha, M. V. 2018. Soil attributes of a silvopastoral system in Pernambuco Forest Zone. Tropical Grasslands 6(1), 15–25. https://doi.org/10.17138/tgft(6)15-25

Murgueitio, E. 2003. Impacto ambiental de la ganadería de leche en Colombia y alternativas de solución. Livestock Research for Rural Development 15(78), 35-43. https:// lrrd.cipav.org.co/lrrd15/10/murg1510.htm

Wang, J., Qin, X., Tan, Y., Yang, Y. y Ping, X. 2022. Impact of silvopastoral system on the soil physicochemical properties in China: A meta-analysis. Agroforestry Systems 1-14. https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2061376/v1

Volverás-Mambuscay, B., Amézquita-Collazos, E., Campo-Quesada, J.M. 2016. Indicadores de calidad física del suelo de la zona cerealera andina del departamento de Nariño, Colombia. Ciencia y Tecnología Agropecuaria, 17(3), 361-377.



SE-24. Efecto de un sistema silvopastoril con leucaena sobre la disponibilidad de nitrógeno y fósforo edáfico en el Valle del Cauca, Colombia
Effect of a silvopastoral system with leucaena on the availability of soil nitrogen and phosphorus in the Cauca valley, Colombia

J. Chará[1]; J.E. Rivera[1]; G. Villegas[1]; C. H. Molina[1,2]; E. J. Molina[1,2]; J. J. Molina[1,2]; M. Bastidas[3]; J. C. Cerón[2]; J. Arango[3]

[1]CIPAV, Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria. Carrera 25 # 6-62, Cali, Colombia

[2]Reserva Natural El Hatico

[3]Alianza Bioversity - CIAT

*Correspondencia a: julian@fun.cipav.org.co

RESUMEN

El objetivo del estudio fue evaluar el impacto de los sistemas silvopastoriles (SSP) sobre disponibilidad de nutrientes del suelo en condiciones tropicales. El trabajo se llevó a cabo en la Reserva Natural El Hatico, ubicada en el Valle del Cauca, Colombia (03°38'39"N; 076°19'07"W). Fueron seleccionados tres tipos de cobertura y manejo del suelo para su comparación: Manejo Convencional (MC), correspondiente a una pastura sin cobertura arbórea bajo pastoreo rotacional; SSP con alta densidad de arbustos de *Leucaena leucocephala* (>5.000 individuos/ha) y árboles de *Prosopis juliflora* (30-50 ind/ha) bajo pastoreo rotacional; y Manejo Natural (MN), representado por un bosque maduro. Para cada tipo de manejo se establecieron tres parcelas representativas y se tomaron muestras de suelo a tres profundidades. En el caso del SSP, las muestras se tomaron tanto bajo la copa de los árboles de *P. juliflora* como fuera de ella. Se analizaron los siguientes parámetros: pH, densidad aparente, fósforo disponible (FD), nitrógeno total (NT), amonio y nitratos. El pH del suelo varió entre 6.76 y 7.79 en todos los sitios, lo que corresponde a suelos de neutros a ligeramente alcalinos. La densidad aparente mostró diferencias significativas entre tratamientos, con los valores más altos en los SSP (1.54 g/cm³), seguidos por el MC (1.46 g/cm³) y el MN (1.41 g/cm³) (p=0.0008). El NT varió entre 1.24 y 2.05 g/kg en todos los sitios de muestreo y no presentó diferencias significativas entre tratamientos, aunque su valor disminuyó significativamente con la profundidad del suelo. En cuanto a los compuestos nitrogenados, los niveles de amonio y nitratos fueron significativamente mayores en los SSP (8.21 y 9.72 mg/kg) que en los sitios de MC (6.46 y 5.54 mg/kg) (p=0.0217 y 0.002) respectivamente. Los valores de fósforo disponible fueron de 21.9, 64.1 y 126.5 mg/kg para MN, MC y SSP respectivamente (p=0.027). La concentración de este elemento bajo la copa de los árboles de *P. juliflora* fue de 165.8 mg/kg, el doble de los valores encontrados fuera de la copa, que promediaron 87.2 mg/kg (p=0.0023). De acuerdo con estos resultados, los SSP favorecen la mineralización y la disponibilidad de N y P en el suelo. Los altos niveles de P bajo copa indican que los árboles de *P. juliflora* actúan como "islas de fertilidad" por los aportes de hojarasca y procesos biológicos en la zona radicular. En conclusión, los SSP ofrecen ventajas productivas, reducen la necesidad de fertilizantes y mejoran la salud del suelo, lo que refuerza su valor como práctica sostenible.

Palabras clave: agroforestería, ganadería sostenible, nutrientes del suelo, suelo

ABSTRACT

The aim of the study was to evaluate the impact of silvopastoral systems (SPS) on soil physical properties and nutrient availability under tropical conditions. The study was conducted at El Hatico Natural Reserve in the Cauca Valley, Colombia. Three different land cover types were compared: Conventional Management (CM), consisting of pastures without tree cover under rotational grazing; SPS with high density of *Leucaena leucocephala* shrubs (>5,000 individuals/ha) and *Prosopis juliflora* trees (30-50 ind/ha) under rotational grazing; and Natural Management (NM) represented by a mature forest. For each management type, three representative plots were established, and samples were taken at three soil depths. For IM, samples were taken under *P. juliflora* tree canopy and outside the canopy. Parameters analysed were pH, bulk density, available phosphorus (AP), total nitrogen (TN), ammonia and nitrates. Soil pH ranged from 6.76 to 7.79 across all the sites. Bulk density significantly differed between treatments with the highest values for SPS (1.54 g/cm^3), followed by CM (1.46 g/cm^3) and NM (1.41 g/cm^3) (p=0.0008). TN ranged from 1.24 to 2.05 g/kg in all sample sites and did not present significant differences between treatments. However, its value decreased significantly with soil depth. Regarding nitrogen compounds, ammonia and nitrate levels were significantly higher in the SPS (8.21 and 9.72 mg/kg) than in the CM (6.46 and 5.54 mg/kg) (p=0.0217 and 0.002) respectively. The available phosphorus values were 21.9, 64.1 and 126.5 mg/kg for NM, CM and IM respectively (p=0.027). The concentration of this element under the canopy of *P. juliflora* trees was 165.8 mg/kg, twice as high as the values outside the canopy that averaged 87.2 mg/kg (p=0.0023). According to these results, silvopastoral systems (SPS) promote the mineralization and availability of nitrogen and phosphorus in the soil. The high levels of phosphorus under the tree canopy suggest that *P. juliflora* trees function as "fertility islands," due to litter inputs and biological processes in the rhizosphere. In conclusion, SPS offer productive advantages, reduce the need for fertilizers, and improve soil health, thereby reinforcing their value as a sustainable land-use practice.

Key words: agroforestry, soils, soil nutrients, sustainable cattle ranching

SE-25. Condiciones medioambientales asociadas al estrés por calor y al bienestar animal en sistemas silvopastoriles de diferentes regiones de Argentina
Environmental conditions associated to heat stress and animal welfare in silvopastoral systems in different regions in Argentina

M. Zimerman[1]; P. Re[2,5]; L. Colcombet[3]; A. Moller[3]; M. Loto[3]; V. Solís[6]; R. Fernández[6]; J. Lara[1]; M. Rabello[1]; A. Viana[4]; R. Waidelich[3].

[1]INTA - Instituto de Investigación Animal del Chaco Semiárido Leales.

[2]INTA - Estación Experimental Delta del Paraná

[3]INTA - Estación Experimental Montecarlo

[4]INTA - Estación Experimental Sáenz Peña

[5]Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires

[6]Escuela de la Familia Agrícola "Santa María Goretti"

*Correspondencia a: colcombet.luis@inta.gob.ar

RESUMEN

Dado la creciente frecuencia e intensidad de eventos de extremo calor, la producción animal en regiones cálidas enfrenta desafíos crecientes. En ese contexto, los sistemas silvopastoriles (SSP) emergen como una estrategia prometedora para mitigar estrés calórico y promover el bienestar animal. El objetivo de este estudio ha sido comparar y analizar variables microclimáticas, forrajeras y productivas entre SSP y pastoreo a cielo abierto (PACA) en tres regiones de la Argentina: Delta del Paraná, Tucumán y Misiones. En cada sitio, se relevaron parámetros ambientales (temperatura ambiente (TA) y de globo negro (TGN), humedad relativa y velocidad del viento) calculándose el Índice de Carga Térmica (ICT) y compararlos con el volumen y calidad de forraje y la Ganancia diaria de Peso en los dos sistemas de los cuatro sitios. Los SSP consistentemente mostraron menores TGN menores valores de ICT en situaciones extremas en comparación a los PACA, especialmente en Misiones y Delta. Si bien la disponibilidad forrajera fue menor en SSP, su calidad (concentración de proteína bruta) fue mayor y el desempeño animal mejoró en todos los sitios evaluados, aunque sin diferenciación estadística. Los aprendizajes resaltan el rol clave de los SSP para regular el microclima, mejorar el confort animal y la concentración de proteína forrajera con efectos positivos sobre la GDP animal. Se concluye que los SSP, cuando son correctamente diseñados acorde a las condiciones locales, se tornan en una herramienta eficaz en pos del logro de sistemas productivos más resilientes.

Palabras clave: *estrés térmico, sombra, comportamiento animal, microclima.*

ABSTRACT

Livestock production in warm regions faces increasing challenges due to the rising frequency and intensity of extreme heat events associated with climate change. In this context, silvopastoral systems (SPS) emerge as a promising strategy to mitigate heat stress and promote animal welfare. The objective of this study was to analyze and compare microclimatic, forage-related, and productive variables between Silvopastoral Systems (SPS) and open grazing systems (OGS) across three regions of Argentina: Delta del Paraná, Tucumán, and Misiones. At each site, environmental variables were recorded (air temperature, black globe temperature, relative humidity, and wind speed), the Heat Load Index (HLI) was calculated, and forage indicators as well as average daily weight gain (ADG) in cattle were evaluated. SPS consistently showed lower black globe temperatures and reduced exposure to extreme HLI categories compared to OGS, with particularly notable effects in Misiones and Delta. Although forage availability was lower in some SPS, forage quality improved—evidenced by higher crude protein content—and ADG was greater in all evaluated regions. These findings highlight the key role of tree cover in regulating the microclimate and improving thermal comfort andcrude protein content, with positive effects on animal performance. It is concluded that SPS, when designed and managed according to local conditions, represent an effective tool for advancing toward more resilient and sustainable livestock systems.

Key words: *heat stress, shade, animal behavior, microclimate.*

INTRODUCCIÓN

La producción ganadera mundial enfrenta desafíos crecientes en el contexto del cambio climático, entre los que se destacan el aumento en la frecuencia e intensidad de las olas de calor. Estas condiciones climáticas extremas afectan negativamente el bienestar animal (BA) y, en consecuencia, la eficiencia productiva y reproductiva del ganado (Arias, 2008; Brown-Brandl, 2018). Como animales homeotermos, los bovinos requieren mantener su temperatura corporal dentro de un rango óptimo;



sin embargo, cuando la temperatura ambiental excede su zona de confort térmico —estimada entre 6 °C y 21 °C para el ganado lechero—, deben activar mecanismos fisiológicos y conductuales que implican un alto costo energético y reducen su desempeño productivo (Zimerman, 2021; Brown-Brandl, 2012).

El BA, entendido como el estado en que un animal puede adaptarse adecuadamente al entorno (Broom, 1986), ha ganado centralidad como componente de la sustentabilidad de los sistemas de producción (Dumont et al., 2019). Este concepto multidimensional se aborda desde marcos teóricos que integran el adecuado funcionamiento biológico, el estado emocional positivo y la posibilidad de expresar comportamientos naturales (Fraser et al., 1997; FAWC, 1997). Dentro de los factores que lo afectan, las condiciones ambientales y las prácticas de manejo resultan determinantes, especialmente en lo relativo al confort térmico (DeShazer, 2009; Lees et al., 2019).

En este contexto, los Sistemas silvopastoriles (SSP) emergen como una estrategia de manejo con alto potencial para mitigar el estrés térmico. La inclusión de árboles en los sistemas ganaderos modifica el microclima del sotobosque, reduciendo la temperatura ambiente, la radiación solar directa y la temperatura radiante (globo negro), lo que contribuye a mejorar el confort térmico de los animales (Broom *et al.*, 2013; Karvatte *et al.*, 2016, 2020; Oliveira *et al.*, 2021). Se ha documentado que la sombra arbórea puede disminuir entre 2 y 9 °C la temperatura del aire en comparación con áreas a pleno sol, y reducir entre un 30 % y 50 % la carga de calor radiante (Fedrigo, 2019; Zimerman, 2021).

Estas condiciones térmicas más favorables no solo se reflejan en menores tasas respiratorias y temperaturas corporales, sino también en una mayor expresión de comportamientos naturales como el pastoreo en horas cálidas, un menor consumo de agua y una menor reactividad ante estímulos estresantes (Huertas, 2019; Lara, 2014; Murgueitio, 2013; Zimerman, 2021). Sin embargo, la eficacia de los SSP en proporcionar confort térmico depende de múltiples factores, entre ellos la densidad, morfología y fenología de las especies arbóreas, la orientación de las franjas forestales y el manejo del sistema (Da Silva y Maia, 2013; Macedo Pezzopane et al., 2019).

En Argentina, los SSP se desarrollan en contextos agroecológicos muy diversos, desde los ambientes subtropicales húmedos de Misiones hasta los templado-húmedos del Delta del Paraná o los secos del Noroeste, lo cual genera variabilidad en las condiciones microclimáticas y productivas. Esta heterogeneidad, sumada a diferencias en el diseño estructural de los sistemas y las especies ganaderas involucradas, representa una oportunidad para evaluar el impacto de los SSP sobre el bienestar animal en distintos entornos.

Este trabajo tiene como objetivo analizar y comparar condiciones medioambientales que afectan el bienestar animal en SSP's representativos de tres regiones de Argentina: Delta del Paraná, Tucumán y Misiones. A través de indicadores ambientales y productivos, se busca construir un marco común para identificar los aportes del componente arbóreo al bienestar animal. Asimismo, se discuten implicancias prácticas para el diseño y manejo de SSP regionalmente adaptados que promuevan el bienestar como atributo clave de la sustentabilidad ganadera.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se relevaron sistemas silvopastoriles en tres regiones de Argentina con veranos cálidos y húmedos: Delta del Río Paraná, Tucumán y Misiones. Si bien estas regiones difieren en su clasificación climática general (templado en el Delta y subtropical para el resto), todas presentan condiciones estivales que representan un desafío térmico para los bovinos. En la Tabla 1 se presentan los valores promedio anuales de las principales variables climáticas para cada sitio.

En cada región se seleccionaron SSP representativos del manejo local, con diferentes especies arbóreas y grados de cobertura, y se compararon con sistemas a cielo abierto (CA). El estudio adoptó un enfoque exploratorio y comparativo, con énfasis en la medición de variables microclimáticas en todos los sitios, y en el relevamiento de indicadores productivos y forrajeros según disponibilidad de datos en cada región.

Sitios de estudio

Delta del Paraná

El clima es templado húmedo, sin estación seca, con una temperatura media anual de 16-17 °C y una precipitación promedio de 1.016 mm anuales (Malvarez, 1997). El estudio se llevó a cabo en un campo de la estación experimental Delta del Paraná (INTA), ubicado en la región del Bajo Delta del Río Paraná, provincia de Buenos Aires (34°10'18" S, 58°52'00" O). El SSP consistió en una plantación maciza de álamo (*Populus deltoides*) dispuesta a 5 × 5 m, con una densidad de 400 árboles ha^{-1} y una superficie de 2,5 ha. La misma se encontraba adyacente a un pastizal natural abierto (CA). Tanto en el SSP como en el CA, el estrato herbáceo estaba compuesto por pastizal natural con alta riqueza florística, incluyendo especies como *Carex riparia* o *C. chilensis* (pajilla) y *Scirpus giganteus* (junco), además de Poáceas forrajeras como *Echinochloa helodes* (pasto laguna), *Leersia hexandra* (arrocillo), *Sporobolus indicus*, *Paspalum* spp., *Setaria geminata*, entre otras (Malvarez, 1997; Rossi, 2013). La actividad productiva correspondió a la cría (principal actividad de la región).

Leales, Tucumán

El clima es del tipo subtropical subhúmedo con estación seca. La precipitación media anual es de 880 mm concentrados entre octubre y marzo. La temperatura media anual es de 19 ºC, siendo la media del mes más cálido 25 ºC y la del mes

más frío 13 ºC. El sitio de estudio se ubica en el campo del Instituto de Investigación Animal del Chaco Semiárido (IIACS - INTA), el cual se encuentra en el departamento Leales, provincia de Tucumán, Argentina (27º11'10.60"S y 65º14'32.45"O, 335 msnm). El SSP está conformado por *Chloris gayana* cv Epica INTA-Pemán (Grama Rhodes Epica) como componente herbáceo y *Neltuma alba* (ex *Prosopis alba*) como componente arbóreo, en un marco de plantación de 10 x 10 x 20 m. El CA cuenta con *Chloris gayana* cv Epica INTA-Pemán, como componente herbáceo. Estos sistemas se destinaron a la recría de vaquillonas Braford y de la raza Criollo Argentino, que ingresaron a ambos sistemas cada año, en el mes de julio y salieron en el mes de marzo del año siguiente. Siempre se trabajó con un manejo rotativo en 3 parcelas de 0,9 ha cada una.

Misiones

El clima es subtropical, húmedo, con un régimen pluviométrico casi isohigro (sin estación seca). La precipitación media anual es de 1,864 mm ± 454 mm. La precipitación media normal para los meses más cálidos es de 846 mm (de noviembre a marzo; Silva *et al.*, 2014). Las temperaturas medias del mes más cálido y del mes más frío son 26,4 °C y 15,9 °C, respectivamente (Silva *et al.*, 2019). En esta región se evaluaron 2 casos de estudio: a) SSP bajo Pino híbrido y b) SSP bajo *Eucalyptus grandis.*

a) Caso de estudio SSP con pino híbrido: El ensayo fue realizado en el establecimiento "La Pendiente", ubicado en el departamento Montecarlo, Misiones (26º38'19.50" S; 54º30' '33,44" O; 540 msnm). El SSP corresponde a un lote de 14,7 ha implantado en el 2014 en el cual el componente forestal es pino híbrido (*Pinus elliottii var. elliottii x P. caribaea var. hondurensis*) como componente forestal; el componente forrajero, *Cynodon plectostachyus* en consociación con *Tithonia diversifolia*. El sistema CA fue un lote de 10,5 ha con el componente forrajero *C. plectostachyus*. Ambos lotes se encontraban adyacentes, bajo condiciones edafoclimáticas y de uso previo similares, a excepción de la pendiente entre 8% y 45% fue del 20% en el SSP y > 40% en el CA.

b) Caso de estudio SSP con *E. grandis*: el ensayo se realizó en el Campo de prácticas del establecimiento educativo Escuela de la Familia Agrícola Santa María Goretti (EFA-SMG), Andresito, Misiones (25°43'42.362"S; 54°0'5.609"O; 331 msnm), sobre suelos Kandiudultes (Ultisoles). El SSP corresponde a un lote de 3,7 ha implantado en el 2014 con *E. grandis* de origen seminal (densidad inicial 278 árboles ha^{-1}, con un marco de 6 m x 4 m x 12 m, densidad actual de 80 árboles ha^{-1}) y *Urochloa brizantha* implantada previamente a la incorporación del estrato arbóreo. El sistema CA era de 4,3 ha, con *Cynodon sp*. y *U. brizantha.*

Tabla 1. Caracterización climática de los sitios de estudio.

Variables ambientales	Delta del Paraná	Tucumán	Misiones
TA (ºC)	16	19,5	22
HR (%)	77,7	77,4	74
PP media anual (mm)	1.016	880	1.864

Referencias: TA: Temperatura ambiente; HR: Humedad relativa ambiente; PP: Precipitación.

En todos los sistemas evaluados se introdujeron bovinos, seleccionando categorías y razas adaptadas a las condiciones locales y a los objetivos de manejo de cada sitio. En el Delta del Paraná, se utilizaron vacas de cría raza Angus con terneros al pie. En Tucumán, se trabajó durante varios años con vaquillonas de las razas Braford y Criollo Argentino, en ensayos de recría. Por su parte, en ambos sitios evaluados en la provincia de Misiones se asignaron novillos de la raza Braford. En todos los casos, la carga animal fue ajustada en función de la disponibilidad forrajera estimada en cada sistema, con el objetivo de mantener un balance adecuado entre oferta y demanda de pasto.

Variables medidas

En todos los casos, se registró temperatura ambiente (TA), temperatura de globo negro (TGN), humedad relativa ambiente (HRA) y velocidad del viento (VV), a través de miniestaciones meteorológicas (H21-USB, HOBO®, Onset Computer Corporation, EE. UU.). Los datos se usaron para calcular el Heat Load Index (HLI), o Índice de Carga Térmica, según Gaughan *et al.* (2008):

$$HLI_{TGN<25°C} = 10.66 + (0.28 * HR) + (1.3 * TGN) - VV$$

$$HLI_{TGN>25°C} = 8.62 + (0.38 * HR) + (1.55 * TGN) - (0.5 * VV) + e^{2.4*VV}$$

A partir del HLI se calculó la proporción de tiempo en cada una de las categorías en referencia al riesgo de estrés térmico (Leve y Moderado HLI≤77; Caliente 78≤HLI≤86; Muy caliente 87≤HLI≤95; Extremo HLI>95) para cada uno de los sistemas evaluados.

Se caracterizó el componente forestal a través del registro de edad, densidad actual, altura promedio de los árboles (HT) y área basal (AB, calculada a partir del diámetro a la altura del pecho). Además, se midió el porcentaje de radiación

fotosintéticamente activa (RFA) disponible en el sotobosque. En Tucumán y Misiones también se evaluaron la altura a la base de copa y longitud de copa viva (ver Tabla 2).

Tabla 2. Resumen descriptivo del componente forestal en SSP.

Variable dasométrica	Delta del Paraná	Tucumán	Misiones	
			Montecarlo Pino híbrido	Andresito Eucaliptos
Especie	*P. deltoides*	*N. alba*	Pino híbrido	*E. grandis*
Edad	14	27	9	10
Densidad (árboles ha^{-1})	362	55	191	80
AB (m^2 ha^{-1})	23,1	5,6	7,9	8,5
Altura total (m)	24	9,4	13,1	30
Altura a la base de copa (m)		2,3	5,1	6,0
Longitud de Copa Viva (km ha^{-1})		0,39	1,53	1,72
RFA (%)	40%	55%	67%	59%

Referencias: AB: Área basal; RFA: Radiación fotosintéticamente activa.

En Tucumán y Misiones se evaluó la producción y calidad forrajera tanto en SSP como en CA (Tabla 3). La productividad se estimó mediante jaulas de exclusión con cortes periódicos y la calidad se determinó en laboratorio, incluyendo porcentaje de materia seca (MS), proteína bruta (PB), fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA). Por último, se evaluó la ganancia diaria de peso (GDP) de los animales mediante pesajes al ingreso y egreso de cada sistema.

Tabla 3. Resumen descriptivo del componente forrajero en SSP y CA.

	Leales, Tucumán		Misiones			
			Montecarlo Pino híbrido		Andresito Eucaliptos	
	SSP	CA	SSP	CA	SSP	CA
Especie	*C. gayana*	*C. gayana*	*C. plectos-tachyus* (CP) + *T. diver-sifolia* (TD)	*C. plectosta-chyus*	U. *brizantha*	U. *brizantha* + *Cynodon sp.*
Oferta forrajera (kgMS ha^{-1})	3.719 ±1.041	8.447 ±1.472	CP: 3.130 ±1.371 TD: 942 ±21	5.220 ± 1.321	3.708 ±134	3.202 ±172
PB (%)	16,90	15,29	CP: 11,9 TD: 18,5	8,1	8,8	7,5
FDN (%)	68,98	69,95	CP: 71 TD: 43,5	76,1	69	67,6
FDA (%)	37,93	38,03	CP: 35,2 TD: 32,7	39,1	39	35,9

Referencias: PB: Proteína bruta; FND: Fibra detergente neutro; FDA: Fibra detergente ácido

RESULTADOS

Las tablas 4 y 5 presentan los valores promedios de las variables ambientales evaluadas en cada sitio y la frecuencia de aparición de las distintas categorías de HLI en los sistemas estudiados en las 3 regiones.

Delta del Paraná

Se observaron diferencias marcadas entre ambos sistemas. El sistema SSP registró una TA inferior que el CA (28,9 vs 30,5 °C). Respecto a la Tmáx, en el SSP fue considerablemente menor respecto al CA (39,5 vs 45,2 °C). La TGN, indicador clave de carga térmica radiante, fue también menor en SSP que en CA (31,7 vs 37,9 °C). La VV fue superior en CA (7 vs. 4,7 m s^{-1} en CA y SSP respectivamente). En cuanto a la exposición a las categorías del HLI, el sistema SSP presentó una mayor proporción de tiempo en rangos de HLI leve a moderado (49,7%) y caliente (32,9%), mientras que CA tuvo mayor exposición a condiciones muy calientes (43,4%) y extremas (8,8%), frente a 16,8% y 0,7%, respectivamente, en SSP.

Tucumán

En esta región, la TA fue inferior en SSP que en CA (29,9 vs 31,3 °C) y la Tmáx fue similar entre sistemas (SSP: 42,3 °C; CA: 42,9 °C). Sin embargo, la TGN fue sustancialmente más baja en SSP (31,8 °C) que en CA (38,6 °C). La VV fue baja en ambos casos, ligeramente mayor en CA (1,4 m.s^{-1}) que en SSP (0,5 m.s^{-1}). Respecto a la distribución del HLI, SSP

presentó mayor proporción en categorías leve a moderado (15,1%), caliente (29%) y muy caliente (52,1%), mientras que CA mostró valores más bajos en esas categorías (10%, 16,5% y 36,5%, respectivamente) pero una proporción alarmantemente alta en el rango extremo (37% frente a 3,9% en SSP).

Misiones

a) SSP con pino híbrido:

Los valores de TA y Tmáx fueron similares entre sistemas (SSP: 28,8 °C / 38,7 °C; CA: 28,9 °C / 37,7 °C), al igual que la TGN (SSP: 34,2 °C; CA: 35,8 °C). La VV fue levemente mayor en CA (1,7 $m.s^{-1}$ vs. 1,0 $m.s^{-1}$). No obstante, la exposición a las categorías de HLI fue marcadamente diferente: en SSP, el 91% del tiempo se concentró en HLI leve a moderado, con apenas 0,8% en muy caliente y 0,02% en extremo. En contraste, CA presentó solo 19,6% en categoría HLI leve o moderado, con 31,2% en muy caliente y un alarmante 42,8% en extremo. b) SSP con *E. grandis*:

Las condiciones ambientales mostraron mayores contrastes a lo hallado en el caso de SSP con pinos: en CA se registraron TA y Tmáx más elevadas (26,5 °C / 41,4 °C) que en SSP (21,7 °C / 37,3 °C). También la TGN fue superior en CA (29 °C) frente a SSP (22,9 °C), con VV similares (CA: 0,7 m s^{-1}; SSP: 0,6 m s^{-1}). En cuanto al HLI, el sistema SSP presentó 87,3% del tiempo en categorías leves y moderadas, baja ocurrencia de categoría muy Caliente (1,7%) y sin exposición a condiciones extremas, mientras que CA mostró 58,6% en leve a moderado, 31,3% en caliente, 9,7% en muy caliente y 0,5% en extremo.

Tabla 4. Valores promedio de las variables ambientales registradas entre las 10:00 y las 17:00 h durante el periodo estival: noviembre a marzo para Tucumán y Misiones, y diciembre a marzo para el Delta del Paraná.

Ambiente	Delta del Paraná		Tucumán		Misiones			
					Montecarlo Pino híbrido		Andresito Eucaliptos	
	Llanura en ambiente de islas de delta, ventoso		Llanura, a 30 km de los cerros de la Cordillera de los Andes		Sobre meseta de 200 m de desnivel, muy bien ventilado		Valle en ambiente de sierras bajas, poco ventilado	
	SSP	**CA**	**SSP**	**CA**	**SSP**	**CA**	**SSP**	**CA**
TA (°C)	28,9	30,5	29,9	31,3	28,8	28,9	21,7	26,5
Tmáx (°C)	39,5	45,2	42,3	42,9	38,7	37,7	37,3	41,1
HR (%)	53,4	50,9	56,1	52,1	66,3	69,0	83,8	70,0
TGN (°C)	31,7	37,9	31,8	38,6	34,2	35,8	22,9	29,0
VV (m s^{-1})	4,7	7	0,5	1,4	1,0	1,7	0,6	0,7

Referencias: TA: Tamperatura ambiente; Tmáx: Temperatura máxima; HR: Humedad relativa ambiente; TGN: Temperatura de globo negro; VV: Velocidad del viento

En relación con el desempeño del componente animal en las regiones de Tucumán y Misiones, en todos los casos la GDP fue mayor en los SSP en comparación con los sistemas a CA, aunque las diferencias no resultaron estadísticamente significativas. En Tucumán, la GDP promedio fue de 0,440 kg $animal^{-1}$ $día^{-1}$ en el SSP y 0,400 kg $animal^{-1}$ $día^{-1}$ en el CA. En el sitio de Misiones con pino híbrido (Montecarlo), los valores fueron de 0,640 kg en SSP y 0,620 kg en CA. La diferencia más marcada se registró en el sitio de Andresito, bajo cobertura de *E. grandis*, donde la GDP fue de 0,630 kg en SSP frente a 0,520 kg en CA.

Tabla 5. Proporción de exposición a las distintas categorías de HLI entre las 10 hs y 17 hs del período estival comprendido entre noviembre y marzo para los sistemas SSP y CA.

Categorías de HLI	Delta del Paraná		Leales, Tucumán		Misiones			
					Montecarlo - Pino híbrido		Andresito - Eucaliptos	
	SSP	**CA**	**SSP**	**CA**	**SSP**	**CA**	**SSP**	**CA**
Leve y moderado	49,7	24,7	15,1	10	91	19,6	87,3	58,6
Caliente	32,9	23,1	29	16,5	8,2	7,5	11,1	31,3
Muy caliente	16,8	43,4	52,1	36,5	0,8	31,2	1,7	9,7
Extremo	0,7	8,8	3,9	37	0,02	42,8	-	0,5

Referencias: HLI: Índice de carga térmica.



DISCUSIÓN

En la mayoría de las regiones evaluadas, los SSP contribuyeron a atenuar las condiciones térmicas extremas, en comparación con los CA. Se observaron reducciones en TA, Tmáx, TGN y VV, aunque con variaciones entre regiones y tipos de cobertura. En el Delta del Paraná, las reducciones alcanzaron el 5,2 % en TA, 12,6 % en Tmáx, 16,4 % en TGN y 32,9 % en VV. En Tucumán, las disminuciones fueron del 4,5 %, 1,5 %, 17,6 % y 64,3 %, respectivamente. En Misiones, los efectos dependieron del tipo de cobertura forestal: en el sitio con pinos, la Tmáx fue levemente superior en SSP (2,7 %), pero se registraron descensos del 4,5 % en TGN y del 41,2 % en VV, con diferencias mínimas en TA. En el SSP con eucaliptos, se observaron reducciones del 18,1% en la TA, 9,2 % en Tmáx, 21,0 % en TGN y 14,3 % en VV. La mayor VV en CA es esperable por la obstrucción a la ventilación generada por la presencia de los árboles. Sin embargo, este factor no logra compensar los altos valores térmicos observados en los CA. Estudios previos han reportado efectos similares. Por ejemplo, Souza *et al.* (2017), en SSP con eucaliptos en Brasil con 385 y 720 árboles ha^{-1}, registraron reducciones de hasta un 10 % en la temperatura del aire y un 21 % en la TGN. En contraste, Giro *et al.* (2019) observaron reducciones mucho menores en TGN y prácticamente ninguna diferencia en Tmáx en SSP con baja densidad arbórea (165 árboles ha^{-1}) en el sudeste de Brasil. En climas templados, Fedrigo *et al.* (2019) informaron una disminución del 11% en la temperatura del aire durante el verano en SSP con pinos (500 árboles ha^{-1}).

En términos de carga térmica, los resultados confirman el papel de los SSP como moderadores térmicos efectivos en contextos de alta carga calórica estival. En todas las regiones, el SSP redujo la exposición a niveles de estrés térmico severo, especialmente a la categoría "extremo", en comparación con los sistemas a cielo abierto. El efecto fue particularmente marcado en Misiones. La casi nula exposición a la categoría extrema y el predominio de valores en el rango "leve y moderado" indican una mejora significativa en el confort térmico del ganado. En cambio, los sistemas a CA en esta región concentraron altos porcentajes en las categorías más críticas de HLI, como se observó en el sitio con pinos, donde el 42,8 % del tiempo fue catalogado como "extremo". En Delta, el SSP también mostró mejoras importantes, con una reducción del 92 % en el tiempo de exposición a la categoría extrema. En Tucumán, a pesar de que el tiempo en la categoría "muy caliente" fue alto en el SSP, la marcada disminución del estrés extremo en comparación con el CA sugiere que los árboles cumplieron un rol clave como reguladores.

En este sentido, los resultados confirman que la cobertura arbórea puede funcionar como regulador microclimático, aunque su efectividad está condicionada por características estructurales del sistema, como la densidad de plantación, la arquitectura del dosel y la especie utilizada, así como por las condiciones ambientales regionales.

En relación con la cantidad y calidad del forraje, los resultados obtenidos son consistentes con hallazgos previos en sistemas silvopastoriles. Diversos autores han señalado que el microclima generado bajo la cobertura arbórea puede favorecer el crecimiento de pasturas con mayor diversidad y valor nutricional (Huertas *et al.*, 2019). En particular, se ha observado que la sombra puede incrementar el contenido de PB y reducir la concentración de fibra detergente neutro (FDN), sin afectar significativamente los niveles de fibra detergente ácido (FDA) ni lignina (Lima *et al.*, 2019). Este efecto puede compensar, en parte, la reducción en la producción de forraje observada en algunos SSP, resultando en aportes equivalentes o incluso superiores de proteína bruta por hectárea. Ejemplos de este efecto se observan en el SSP con pino en Misiones y con algarrobo en Tucumán, donde, a pesar de una menor producción de forraje en comparación con los sistemas a CA, se registraron niveles más altos de PB en el material disponible. En cambio, en el sitio con eucaliptos en Misiones, tanto la cantidad de forraje como su contenido de PB fueron superiores en el SSP, evidenciando un efecto positivo de la cobertura arbórea tanto en la productividad como en la calidad del pasto.

A pesar de las diferencias en la oferta forrajera entre sistemas, los SSP registraron GDP superiores en todas las regiones evaluadas, aunque no siempre dichas diferencias resultaron significativas. Este patrón sugiere que, además de los aportes nutricionales, factores vinculados al confort térmico y al comportamiento animal, como la posibilidad de termorregulación mediante el uso de sombra, los SSP habrían desempeñado un rol clave en el desempeño productivo. En Tucumán, por ejemplo, el SSP presentó una mayor GDP que el CA, a pesar de una menor disponibilidad de forraje y un menor aporte de proteína bruta por hectárea, lo que resalta el impacto de las condiciones térmicas adversas de la región y la capacidad del SSP para mitigar el estrés por calor. En contraste, en Andresito (Misiones), donde tanto la disponibilidad de forraje como el contenido de proteína fueron mayores en el SSP, se observó la diferencia más pronunciada de GDP entre sistemas, reforzando el efecto sinérgico entre confort térmico y calidad nutricional.

CONCLUSIONES

La comparación entre los sistemas SSP y CA en las tres regiones analizadas permite identificar un patrón consistente: Los SSP ofrecen un entorno más favorable para el bienestar animal en contextos cálidos y húmedos, al atenuar el estrés térmico y mejorar las condiciones de confort. Además, pueden mantener o incluso mejorar el desempeño productivo del componente animal, aún con menor oferta forrajera. Estos resultados destacan el valor de los SSP como herramienta integral para una ganadería más resiliente y sostenible, siempre que su diseño se adecúe a las condiciones locales.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Señor haber generado el ambiente para crear una alegre interacción entre los participantes, que a su vez facilitó alcanzar frutíferos aprendizajes.

BIBLIOGRAFÍA

Améndola, L., Solorio, F. J., Ku-Vera, J. C., Améndola-Massiotti, R. D., Zarza, H., & Galindo, F. (2016). Social behaviour of cattle in tropical silvopastoral and monoculture systems. *Animal*, *10*(5), 863-867.

Arias, R.A.; Mader, T. L. y Escobar, P.C. 2008. Factores climáticos que afectan el desempeño productivo del ganado bovino de carne y leche. Arch. Med. Vet. 40, 7-22.

Broom, D. M. (1986). Indicators of poor welfare. British Veterinary Journal, 142(6), 524–526.

Broom, D. M., Galindo, F. A., y Murgueitio, E. (2013). Sustainable, efficient livestock production with high biodiversity and good welfare for animals. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, 280(1771).

Brown-Brandl, T. M. (2018). Understanding heat stress in beef cattel. Revista brasileira de zootecnia, 47 (0).

da Silva, R. G. y Maia, A. S. C. (2013). Principles of animal biometeorology. Springer.

DeShazer, J. (2009). Basic principles of the Thermal Environmental and Livestock Energetics. In J. DeShazer (Ed.), Livestock Energetics and Thermal Environment Management (pp. 1–22).

Dumont, B., Ryschawy, J., Duru, M., Benoit, M., Chatellier, V., Delaby, L., Donnars, C., Dupraz, P., Méda, B., Vollet, D. y Sabatier, R. (2019). Review: Associations among goods, impacts and ecosystem services provided by livestock farming. Animal, 13(8), 1773–1784.

FAWC. (1992). Updates the Five Freedoms (p. 357). Vereinary record.

Fedrigo, J. K., Santa Cruz, R., Benítez, V., Courdin, V., Ferreira, G., Posse, J. P., y Viñoles, C. (2019). Dynamics of forage mass, air temperature and animal performance in a silvopastoral system of Uruguay. Agroforestry Systems, 93(6), 2197–2204.

Fraser, D., Weary, D. M., Pajor, E. A.,y Milligan, B. N. (1997). A scientific conception of animal welfare that reflects ethical concerns. Animal Welfare, 6(3), 187–205.

Gaughan, J. B., Mader, T. L., Holt, S. M., y Lisle, A. (2008). A new heat load index for feedlot cattle. Journal of Animal Science, 86(1), 226–234.

Giro, A., Pezzopane, J. R. M., Barioni Junior, W., Pedroso, A. de F., Lemes, A. P., Botta, D., Romanello, N., Barreto, A. do N., & Garcia, A. R. (2019). Behavior and body surface temperature of beef cattle in integrated crop-livestock systems with or without tree shading. Science of the Total Environment, 684, 587–596.

Huertas Canén, S.M. 2019. El bienestar animal, condición de la ganadería en el mundo: oportunidades para el silvopastoreo. En "Actas del X Congreso Internacional de Sistemas Silvopastoriles", Asunción, Paraguay, pp 33-44.

Karvatte, N., Klosowski, E. S., de Almeida, R. G., Mesquita, E. E., de Oliveira, C. C., y Alves, F. V. (2016). Shading effect on microclimate and thermal comfort indexes in integrated crop-livestock-forest systems in the Brazilian Midwest. International Journal of Biometeorology, 60(12), 1933–1941.

Karvatte, N., Miyagi, E. S., de Oliveira, C. C., Barreto, C. D., Mastelaro, A. P., Bungenstab, D. J., y Alves, F. V. (2020). Infrared thermography for microclimate assessment in agroforestry systems. Science of the Total Environment, 731, 139252.

Lara, J.E., Bottegal, D.N., Zimerman, M., Suarez, A.F., Ballón, M. y Martínez Calsina, L. (2014). Condiciones ambientales y consumo de agua en un sistema silvopastoril comparado con un sistema pastoril. 37º Congreso de la Asoc. Argentina de Producción Animal

Lees, A. M., Sejian, V., Wallage, A. L., Steel, C. C., Mader, T. L., Lees, J. C., y Gaughan, J. B. (2019). The impact of heat load on cattle. Animals, 9, 322.

Lima, M. A., Paciullo, D. S. C., Morenz, M. J. F., Gomide, C. A. M., Rodrigues, R. A. R., & Chizzotti, F. H. M. (2019). Productivity and nutritive value of *Brachiaria decumbens* and performance of dairy heifers in a long‐term silvopastoral system. *Grass and Forage Science*, *74*(1), 160-170.

Macedo Pezzopane, J. R., Franceschi Nicodemo, M. L., Bosi, C., Rossetto Garcia, A., y Lulu, J. (2019). Animal thermal comfort indexes in silvopastoral systems with different tree arrangements. Journal of Thermal Biology, 79, 103–111.

Malvarez, A. I. (1997). Las comunidades vegetales del Delta del Río Parana. Su relación con factores ambientales y patrones del paisaje. Universidad de Buenos Aires.

Martinez Calsina, L.; Lara, J. E.; Suárez, F. A.; Ballón, M.; Pérez, P. G.; Vega, H.; Torres, J. C.; Corbella, R.; Plasencia, A.; Caldez, L.; Banegas, N.; Luchina, J.; Nasca, J. A.; Perez, H. E.; Bottegal, D. y Zimerman, M. Producción de carne en un

Sistema Silvopastoril de Algarrobos y Grama Rhodes de la Llanura Deprimida de Tucumán, Argentina. 3° Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles - VIII Congreso Internacional de Sistemas Agroforestales.

Murgueitio, E. R.; Chará, J. D.; Solarte, A., J.; Uribe, F.; Zapata, C. y Rivera, J. E. (2013). Agroforestería Pecuaria y Sistemas Silvopastoriles Intensivos (SSPi) para la adaptación ganadera al cambio climático con sostenibilidad. Rev Colomb Cienc Pecu 26:313-316.

Oliveira, C. C. de, Almeida, R. G. de, Karvatte Junior, N., Villela, S. D. J., Bungenstab, D. J., y Alves, F. V. (2021). Daytime ingestive behaviour of grazing heifers under tropical silvopastoral systems: Responses to shade and grazing management. Applied Animal Behaviour Science, 240.

Rossi, C. A. (2013). Composición florística y caracterización nutricional de las especies forrajeras en el sistema silvopastoril del delta del Paraná. Universidad Nacional de Córdoba.

Silva, F., Haberle, T. J., Müller, H., Münz, R. & Visentini, J. M. (2019). Normales del clima de la región de Montecarlo. XVIII Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales. Eldorado, Misiones, 17–19 de octubre de 2019. Universidad Nacional de Misiones.

Silva, F., Eibl, B. & Bobadilla, E. (2014). Períodos secos y húmedos en la región NO de Misiones. XVI Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales, 325–336. Eldorado, Misiones.

Souza, L. A. S., Matarazzo, S. V., Carnevalli, R. A., & Macedo de Toledo, L. (2017). Physiological and behavioral responses of dairy heifers in an integrated-crop-livestock-forestry system. African Journal of Agricultural Research, 12(15), 1278–1285.

Zimerman, M. (2021). Sistemas Silvopastoriles: Su efecto sobre las condiciones ambientales y el comportamiento animal. X Congreso Internacional de Sistemas Silvopastoriles.

SE-26. Capacidad de Carga Turística de un sendero interpretativo
Tourist Carrying Capacity of an Interpretive Trail

Bertha Rita Castillo Edua[1], Ana Lucia Corrales García[2], Armando Marcelino Pi Crespo[3]

[1]Centro de Estudios Forestales de la Universidad de Pinar del Río "Hermanos Saíz Montes de Oca". Pinar del Río, Cuba. Coordinadora provincial del proyecto Cienpinos en Pinar del Río. E-mail: castillobertharita@gmail.com

[2] Departamento de Ciencias Forestales. FCFA. Universidad de Pinar del Río "Hermanos Saíz Montes de Oca". Pinar del Río, Cuba. Coordinadora componente Gobernanza climática del proyecto Cienpinos en Pinar del Río. E-mail: analuciacorralesgarcia@gmail.com

[3]Centro Universitario Municipal La Palma. Universidad de Pinar del Río "Hermanos Saíz Montes de Oca". Cuba. Coordinador municipal del proyecto Cienpinos en Pinar del Río. E-mail: armando05@upr.edu.cu

RESUMEN

Los senderos interpretativos son espacios en los cuales se llevan a cabo actividades educativas que buscan la integración de la sociedad, a los procesos de conservación de algún área en particular. Permiten el contacto directo de los visitantes con la naturaleza. El presente trabajo evaluará el impacto de la actividad turística por el ingreso de visitantes en un sendero interpretativo en la finca La Carmelina del municipio La Palma, con el fin de determinar el número adecuado de turistas a ingresar por día. Esta finca es de importancia ecológica al poseer atractivos turísticos que caracterizan el área, de ahí la necesidad de conocer la cantidad de personas que transitan diariamente por el sendero y generar propuestas que ayuden a mitigar el impacto negativo del paso de los turistas por el área. La presente investigación pretende determinar la Capacidad de Carga Turística (CCT). La metodología aplicada se basa en investigar las características, factores de corrección y capacidades de carga para así obtener un número de turistas recomendado a ingresar por día en los mismos. Los resultados demuestran que la Capacidad Física del sendero (CF) es 1500 visitantes simultáneos, su Capacidad Real (CR) es de 270 visitantes ajustada por factores sociales, ecológicos y de manejo y su Capacidad de Carga Efectiva (CCE) es aproximadamente de1800 visitantes por día. El mayor numero de visitante que puede soportar el sendero es de considerando los factores de corrección.

Palabras clave: *sostenibilidad, capacidad de carga turística, senderos, factores de corrección*

ABSTRACT

Interpretive trails are spaces where educational activities are carried out that seek to integrate society into the conservation processes of a particular area. They allow visitors direct contact with nature. This study will evaluate the impact of tourism activity due to the entry of visitors to an interpretive trail on the La Carmelina farm in the municipality of La Palma, in order to determine the appropriate number of tourists to enter per day. This farm is ecologically important due to its tourist attractions that characterize the area; hence, it is necessary to determine the number of people who travel the trail daily and generate proposals to help mitigate the negative impact of tourists passing through the area. This research aims to determine the Tourist Carrying Capacity (TCC). The methodology applied is based on investigating the characteristics, correction factors, and carrying capacities to obtain a recommended number of tourists per day. The results show that the trail's Physical Capacity (PC) is 1,500 simultaneous visitors, its Actual Capacity (AC) is 270 visitors adjusted for social, ecological, and management factors, and its Effective Carrying Capacity (ECC) is approximately 1,800 visitors per day. The maximum number of visitors the trail can support is 1,500, considering the correction factors.

Key words: s*ustainability, tourist carrying capacity, trails, correction factors*

INTRODUCCIÓN

Las actividades turísticas generan impactos negativos en los recursos naturales, sin embargo, el turismo alternativo causa un impacto mínimo a la naturaleza. Al ser una de las principales acciones económicas, es importante planificarlas de manera tal que sean amigables con el medio ambiente, dando cumplimiento a los **Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)**, así como a los compromisos del **Decenio de las Naciones Unidas sobre Restauración de Ecosistemas (2021–2030)** (ONU, 2021).

Los senderos interpretativos son herramientas fundamentales que se han consolidado como estrategias clave para la educación ambiental y la conservación de ecosistemas, permiten el contacto directo entre los visitantes y la naturaleza al integrarlos con los espacios naturales mientras se fomenta la conciencia ecológica en las diferentes personas (Ardoin *et al.,* 2020).



No obstante, el incremento del turismo en áreas naturales, ha exacerbado una presión significativa sobre estos espacios, generando impactos ambientales, como la fragmentación de hábitats, compactación del suelo, alteración de la vegetación, erosión de senderos y la alteración de comportamientos faunísticos (Bertella *et al.,* 2022).

Estudios recientes refieren que, sin una gestión adecuada, el turismo no controlado puede degradar senderos, reducir la cobertura vegetal y afectar especies sensibles (Newsome *et al.,* 2021). Por ello, es urgente aplicar metodologías que permitan establecer un equilibrio entre el uso recreativo y la conservación (González *et al*., 2023).

En este contexto, la **Capacidad de Carga Turística (CCT)** surge como un instrumento clave para determinar el número óptimo de visitantes que un área puede soportar, sin comprometer sus atributos ecológicos ni la calidad de la experiencia recreativa. Es decir, la CCT es el número máximo de visitantes que un sendero puede soportar sin causar deterioro en el ecosistema, alteraciones del visitante o conflictos sociales (Cifuentes, 1992).

Para su cálculo no existe una fórmula única y universalmente aceptada, pero se utilizan diferentes enfoques para estimarla, entre las metodologías utilizadas se pueden mencionar los métodos bàsicos (método de Capacidad Física, método de Capacidad Ambiental.

Es una herramienta que se utiliza para dicha planificación, la cual establece la cantidad adecuada de turistas que pueden ingresar a los senderos en una categoría de manejo, sin provocar daños mayores o alterar de forma permanente el ecosistema. Permite elaborar estrategias de mejora a la actividad turística, como, crear un ambiente apto para el disfrute del visitante.

En América Latina, casos como el **Sendero Los Quetzales (Panamá)** y el **Parque Nacional Manuel Antonio (Costa Rica)** han demostrado que la aplicación de la CCT reduce impactos y mejora la experiencia del visitante (Eagles *et al.,* 2002).

En el occidente de Cuba, "La Carmelina" es una finca ubicada en el municipio La Palma, que posee atractivos turísticos significativos, a partir de su biodiversidad y los servicios ecosistémicos que brinda a la comunidad. Sin embargo, la ausencia de regulación en el flujo de visitantes del área, podría estar generando impactos negativos en el ecosistema, como la compactación del suelo y la disminución de especies sensibles.

Por ello, el presente estudio tiene el objetivo de **evaluar la Capacidad de Carga Turística de un sendero interpretativo en la Finca La Carmelina del municipio La Palma en la Provincia Pinar del Río,** incorporando criterios ecológicos y sociales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación geográfica del área de estudio

La finca "La Carmelina "se ubica en el municipio "La Palma" en la **provincia de Pinar del Río**, en el extremo occidental de Cuba, a unos **150 km al oeste de La Habana (figura 1)**. Posee una s**uperficie de** 621 km² (Instituto de Geografía Tropical de Cuba, 2021), limita al N**orte:** Municipio de Los Palacios, al **Sur:** Golfo de Batabanó, **Este:** Municipio de Consolación del Sur y al **Oeste con el** Municipio de Viñales. **El relieve co**mbina **montañas de la Cordillera de Guaniguanico** (altitudes entre 200–600 msnm) y **llanuras costeras** (ONEI, 2022).



Figura 1. Localización del área de estudio. Fuente: Elaboración propia

El municipio La Palma posee un clima tropical húmedo, con **precipitaciones anuales de 1,800–2,200 mm** y temperatura media de 25°C (Centro Meteorológico Provincial, 2023).

Características fundamentales del área de estudio

Entre los principales ecosistemas que se encuentran en la región se puede encontrar el bosque de pino (*Pinus caribaea***) y encino (***Quercus sagreana***)** en zonas altas, así como **manglares** en la costa sur (ej.: **Laguna de La Palma**), **Áreas protegidas:** Parte del **Parque Nacional La Güira** (Rodríguez *et al.*, 2022).

El cerdo criollo cubano (*Sus scrofa domesticus*) es un componente relevante en los sistemas agroforestales tradicionales del área, donde cumple roles clave como "controlador biológico" al consumir frutos caídos (ej.: bellotas de *Quercus sagreana*) y reducir material vegetal combustible, disminuyendo riesgos de incendios (Pérez *et al.*, 2021).

Además, interactúa con el bosque mediante su hábito de hozar contribuyendo a la aireación del suelo, aunque requiere regulación para evitar la erosión en áreas sensibles (González *et al.*, 2023). Como características de la población en la finca se afirma que la raza es una variante local adaptada al clima húmedo de Pinar del Río, con resistencia a enfermedades (Estación Experimental de Pastos y Forrajes, 2022).

Las aves endémicas como el **tocororo (***Priotelus temnurus***)**, y mamíferos como la **jutía conga (***Capromys pilorides***)** son especies representativas de la fauna del lugar.

Datos del censo publicados por la ONEI (2022) refieren que el municipio La Palma posee aproximadamente 35 000 habitantes y las actividades económicas principales son la agricultura con el **c**ultivo de **tabaco,** café y frutales, ecoturismo en senderos naturales y turismo rural (*casas particulares*), así como, la **silvicultura con la e**xplotación sostenible de especies forestales como ***Pinus caribaea*** (MINAG, 2023).

Las vías principales para acceder al municipio es por la carretera **La Palma–Consolación del Sur** (eje este-oeste) y posee casas de huéspedes y hotel ecoturístico **que brindan servicios turísticos** (MINTUR, 2023).

Determinación de la Capacidad de Carga Turística

Para determinar la capacidad de carga turística del sendero se empleó el método propuesto por Cifuentes (1992) ajustado por factores ambientales y operativos. Esta metodología integra la **Capacidad Física (CCF):** Basada en dimensiones del sendero y tiempo de visita, los **Factores de corrección** fragilidad del suelo, presencia de fauna y tipo de visitantes (Farrell & Marion, 2002) y la **Capacidad Efectiva (CCE):** Que considera limitaciones de manejo, como la disponibilidad de guías y horarios.



El cálculo se divide en tres etapas:

Etapa 1. Cálculo de la Capacidad Física (CCF)

$$CCF = \text{Área Total } (m^2) / \text{Espacio Mínimo por Visitante } (m^2/\text{visitante})$$

Etapa 2. Cálculo de la Capacidad Real (CCR)

$$CR = CF \times (FCsoc \times FCeco \times FCman)$$

Etapa 3. Cálculo de la Capacidad Efectiva (CCE)

$$CCE = CR \times (Tu / Tr)$$

Este enfoque integra **indicadores de resiliencia ecológica**, como la recuperación de la vegetación y la tolerancia de la fauna al disturbio (Barros *et al.*, 2021). **Factores antropogénicos**, incluyendo patrones de comportamiento de los visitantes y su percepción de la sostenibilidad (Marion *et al.*, 2021). **Herramientas tecnológicas**, como drones y sensores remotos, para monitorear impactos en tiempo real (Müller *et al.,* 2022).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Datos del Sendero Turístico:

Indicador	Cantidad	U/M
Longitud	2	km
Ancho promedio del sendero	1.5	m
Tiempo de recorrido	1.5	horas
Espacio mínimo por visitante	2	m
Horario de visita	8	Horas/día
Paradas interpretativas	4	-

1. Cálculo de la Capacidad Física (CCF)

La **CCF** representa el número máximo de visitantes que pueden estar simultáneamente en el sendero, sin considerar limitaciones ambientales o de manejo, y basado en factores espaciales, temporales e infraestructurales (Cifuentes, 1992).

Área útil del sendero: Longitud = 2 km = 2000 m

$$\text{Ancho promedio} = 1.5 \text{ m}$$

$$\text{Área Total } (m^2) = \text{Longitud } (m) \times \text{Ancho } (m) = 2000 \text{ m} \times 1.5 \text{ m} = 3000 \text{ m}^2$$

Espacio Mínimo por Visitante (EM): 2 m²/visitante.

Fórmula CF:

$$CF = \text{Área Total } (m^2) / \text{Espacio Mínimo por Visitante } (m^2/\text{visitante})$$
$$CF = 3000 \text{ m}^2 / 2 \text{ m}^2/\text{visitante} = 1500 \text{ visitantes}$$

La CF (1500 visitantes) representa el máximo número teórico de personas que caben simultáneamente en el sendero si todo el espacio estuviera disponible y uniformemente distribuido, considerando solo el área física.

2. Capacidad Real (CR): La Capacidad Real ajusta la CF por factores limitantes sociales, ecológicos y de manejo mediante Factores de Corrección (FC). Cada FC es un valor entre 0 y 1.

Partiendo de que la Capacidad Física Potencial del sendero es de 1500 visitantes se calcula

FC Social (FCsocial): Relacionado con comodidad, tipo de actividad, expectativa del visitante. Para el sendero agroforestal donde se busca tranquilidad y observación (no solo tránsito), 2 m²/visitante es el mínimo justo. Se usa en FCsoc de 0.6 para cumplir la función de conservación del sendero.

FC Ecológico (FCecológico): este indicador depende de la fragilidad del suelo (erosión), pendiente del sendero, sensibilidad de la vegetación agroforestal (cultivos, árboles) al pisoteo o perturbación, así como, la presencia de fauna silvestre. Teniendo en cuenta que el objetivo es la conservación se usa el FCeco de 0.5.

FC Manejo (FC mantenimiento): Este factor está relacionado con la capacidad operativa y tiene en cuenta el estado del sendero (mantenimiento), el personal para control/supervisión, la señalización e infraestructura básica, el sistema de reservas/control de acceso. El FC m es 0.6. para este sendero de conservación.

Cálculo de la Capacidad de Carga Real:

$$CCR = CF \times (FCsoc \times FCeco \times FCman)$$

CCR = 1500 visitantes x (0.6 x 0.5 x 0.6)

CCR = 1500 visitantes x (0.18)

CCR = 270 visitantes

Resultados: la Capacidad Real es de **270 visitantes** que representa el número máximo de personas que pueden estar simultáneamente en el sendero sin causar deterioro inaceptable de los recursos naturales (agroforestales) o de la experiencia del visitante, considerando la capacidad actual de manejo**.** Es la capacidad de "pico" o simultánea.

3. Capacidad de Carga Efectiva (CCE) o Permisible (CCP)

Ajusta la Capacidad Real (CR) por el tiempo de uso (número de veces que el sendero puede ser "ocupado" por día). Para su cálculo se necesita el Tiempo de Recorrido (Tr) y el Tiempo de Uso Diario (Tu).

Tiempo de Recorrido (Tr) se refiere a ¿Cuánto tarda un visitante promedio en recorrer la longitud del sendero (2 km)? Esto depende de la pendiente, paradas interpretativas, dificultad. Para un sendero agroforestal plano/moderado con diferentes paradas:

Velocidad de marcha lenta/interpretativa puede ser de aproximadamente 1.5 - 2 km/h y en la investigación se emplea 1.75 km/h.

Tr = (Longitud / Velocidad) = 2 km / 1.75 km/h ≈ 1.14 horas ≈ 1 hora 9 minutos.
(se 1.2 horas para ser conservadores e incluir paradas).

Tr= 1.2 h

Tiempo de Uso Diario (Tu): se refiere a ¿Cuántas horas al día está abierto el sendero al público? En este sendero es de 8 horas (8:00 am - 4:00 pm).

Tu= 8 horas

Capacidad de Carga Efectiva

CCE= CR x (Tu / Tr)

CCE = 270 visitantes x (8 horas / 1.2 horas/recorrido)

CCE = 270 x 6.67 ≈ 1800 visitantes/día

Resultados: La **Capacidad de Carga Efectiva** (CCE) del sendero es de aproximadamente 1800 visitantes/día: es el **número máximo teórico de visitantes que podrían recorrer el sendero en un día**, bajo las condiciones establecidas (espacio, factores correctivos, tiempo de recorrido y horario de apertura). **Es la cifra diaria.**

Análisis de los resultados:

Capacidad Física (CF): 1500 visitantes (simultáneos).

Capacidad Real (CR): 270 visitantes (simultáneos). *(Ajustada por factores sociales, ecológicos y de manejo).*

Capacidad de Carga Efectiva (CCE): ≈1800 visitantes/día.

CONCLUSIONES

La Capacidad Física del sendero es 1500 visitantes, su Capacidad Real (CR) es de 270 visitantes ajustada por factores sociales, ecológicos y de manejo y su Capacidad de Carga Efectiva (CCE) es aproximadamente de1800 visitantes por día. El mayor número de visitante que puede soportar el sendero es de considerando los factores de corrección.

BIBLIOGRAFÍA

Cifuentes, M. (1992). *Determinación de capacidad de carga turística en áreas protegidas*. CATIE.

Eagles, P. F., McCool, S. F., & Haynes, C. D. (2002). *Sustainable tourism in protected areas*. IUCN.

Farrell, T. A., & Marion, J. L. (2002). The Protected Area Visitor Impact Management (PAVIM) framework. *Journal of Ecotourism*, *1*(1), 12-27.





Ham, S. H. (2013). *Interpretación ambiental: Una guía práctica para gente con grandes ideas y pequeños presupuestos*. NAIA.

Monz, C. A., Pickering, C. M., & Hadwen, W. L. (2013). Recent advances in recreation ecology. *Environmental Management*, *51*(3), 551-562.

Newsome, D., Moore, S. A., & Dowling, R. K. (2021). *Natural area tourism: Ecology, impacts and management*. Channel View Publications.

ONU. (2015). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. https://www.un.org/sustainabledevelopment

Ardoin, N. M., et al. (2020). "Environmental education outcomes for conservation: A systematic review". *Biological Conservation*, 241, 108224.

Barros, A., et al. (2021). "Ecological resilience indicators for visitor management in protected areas". *Journal of Environmental Management*, 278, 111532.

Bertella, G., et al. (2022). "Re-thinking sustainability in nature-based tourism". *Tourism Recreation Research*, 47(3), 1–15.

González, J. A., et al. (2023). "Visitor impacts on trail systems: A meta-analysis". *Environmental Management*, 71(2), 321–335.

Marion, J. L., et al. (2021). "Best practices for sustainable trail design and management". *Parks Stewardship Forum*, 37(1), 45–60.

Müller, M., et al. (2022). "Drones for monitoring ecological impacts in protected areas". *Science of the Total Environment*, 806, 150885.

ONU. (2021). *Decenio de las Naciones Unidas sobre la Restauración de Ecosistemas*. https://www.decadeonrestoration.org

Pickering, C. M., et al. (2020). "The impacts of trail infrastructure on vegetation". *Journal of Environmental Management*, 263, 110342.

Rice, W. L., et al. (2022). "Post-pandemic visitor management in parks". *Journal of Sustainable Tourism*, 30(2), 1–20.

Román-Cuesta, R. M., et al. (2023). "Lessons from community-led restoration trails". *Restoration Ecology*, 31(4), e13872.

Zacarias, D. A., et al. (2021). "Tourism carrying capacity: A review of recent advancements". *Tourism Management Perspectives*, 37, 100794.

Instituto de Geografía Tropical (2021). *Atlas de Pinar del Río: Actualización cartográfica*. La Habana.

ONEI (2022). *Anuario Estadístico de Cuba 2021*. Oficina Nacional de Estadística e Información.

Rodríguez, J. et al. (2022). "Biodiversidad en la Cordillera de Guaniguanico". *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, 10(1), 45-60.

MINTUR (2023). *Estrategia de Turismo Sostenible en Pinar del Río*. Ministerio de Turismo de Cuba.

Rodríguez-Trejo, D. A., et al. (2021). "Ecología y manejo de *Quercus sagreana* en bosques tropicales". *Forest Ecology and Management*, 496, 119447

García-Flores, J., et al. (2023). "Impacto del turismo en *Pinus caribaea*: Raíces superficiales y vulnerabilidad". *Journal of Sustainable Forestry*, 42(3), 245-260.

SE-27. Descomposición de las excretas y su relación con la dinámica parasitológica de nematodos gastrointestinales de bovinos en sistemas silvopastoriles
Decomposition of excreta and its relationship with the parasitological dynamics of gastrointestinal nematodes in cattle in silvopastoral systems

Mildrey Soca-Pérez, Anobel Aguilar-Hernández y Yaima Roche-Guerrero*

Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey. Universidad de Matanzas. Ministerio de Educación Superior. Central España Republicana, CP 44280, Matanzas, Cuba

**Correspondencia a: mildrey.soca@ihatuey.cu, socamila72@gmail.com*

SUMMARY

With the objective of evaluating the decomposition process of young cattle excreta in silvopastoral systems and its relationship with the parasitological dynamics of gastrointestinal nematodes, this research was carried out at the Indio Hatuey Pasture and Forage Experimental Station, Perico municipality, Matanzas province, Cuba. Two systems were evaluated: A. Silvopastoral system (SSP) and B. Treeless system (SSA), in the rainy season (PLL) and dry season (PPLL), respectively. The dynamics of excreta decomposition, the characterization of the soil macrofauna, and the parasitic load of gastrointestinal nematodes (GNI) present in the dung were evaluated. The dynamics of excreta decomposition in the SSP was faster ($P < 0.001$) than in the SSA in both seasons. A significant correlation ($P<0.01$) was found between the variables soil fauna and dung weight in the SSP. The highest number of individuals appeared in the first 96 hours, corresponding to the highest decomposition rates (PPLL: SSP r=0.73**/SSA r=0.62) (PLL: SSP r=0.96*/SSA r=0.41). The rapid decomposition of excreta in the SSP and, consequently, the reduction in parasitic load is directly related to the presence of a rich and varied soil fauna, represented mainly by coprophagous beetles. Silvopastoral systems participate in natural regulation, ecosystem balance and increased biodiversity and provide environmental services, such as biological control of parasitism in livestock.

Key words*: trees, dung, parasites, soil macrofauna, coprophagous beetles*

Palabras clave*: árboles, bostas, parásitos, macrofauna edáfica, coleópteros coprófagos*

INTRODUCCIÓN

La ganadería ha sido considerada, durante décadas, como la causante de conflictos ambientales, relacionados principalmente con la deforestación, la compactación, la erosión de los suelos y la pérdida de la biodiversidad en los ecosistemas ganaderos, debido fundamentalmente a la utilización de prácticas convencionales en el uso de la tierra (Valencia, 2025). Por otra parte, la búsqueda de alternativas de producción cada vez más intensivas para garantizar la demanda de productos para la alimentación humana, han dado al traste con el uso indiscriminado de los productos químicos y de la aparición de enfermedades en los animales (Castro-Díaz *et al.,* 2025).

Las parasitosis por su alta distribución, son consideradas como uno de los problemas más importantes que afectan la productividad pecuaria a nivel mundial, en especial, en los países tropicales, donde los pastos constituyen la base alimenticia de los rumiantes y las condiciones edafoclimáticas favorecen el desarrollo de los ciclos biológicos de los parásitos (Soca-Pérez *et al.,* 2020).

Diversas han sido las alternativas de control para esta problemática, donde el uso de los antihelmínticos ha resultado los más notorios. Sin embargo, la sustentabilidad de sus efectos ha sido cuestionada tanto para la producción como el bienestar de los animales, por el surgimiento de la resistencia antihelmíntica, la toxicidad y residualidad que tienen estos químicos en los productos de origen animal (Hernández-Arenas, 2022; Castro-Díaz *et al.,* 2025).

Estos fenómenos han obligado a los productores e investigadores a la búsqueda de alternativas más sostenibles, dentro de los cuales se incluyen los sistemas silvopastoriles. Los árboles no solo constituyen un alimento de excelente calidad nutricional para la producción de rumiantes (López-Vigoa *et al.,* 2017; Murgueitio, 2024); sino también una fuente de metabolitos secundarios los cuales representan una alternativa para disminuir la incidencia de las enfermedades parasitarias en los rebaños (Soca *et al.,* 2016; Schapiro y Pantiu, 2018; Palma, 2019).

Sin embargo, se necesita profundizar en los estudios eco-epidemiológicos que pudieran ampliar los efectos que ejercen los sistemas silvopastoriles sobre la relación que se establece entre la biodiversidad del ecosistema y las excretas como fuente de incubación para comprender los ciclos biológicos de los parásitos bajo estas condiciones.

Objetivo: Evaluar el proceso de descomposición de las excretas de bovinos jóvenes en sistemas silvopastoriles y su relación con la dinámica parasitológica de los nematodos gastrointestinales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

El estudio se realizó en las áreas de investigación de la Estación Experimental de Pastos y Forrajes *Indio Hatuey*, de la Universidad de Matanzas. En el municipio de Perico, provincia de Matanzas, Cuba, la cual se encuentra ubicada en los 20º 50' de latitud norte y 79º 32' de longitud oeste, a una altitud de 19 msnm.

Caracterización edafoclimática del área experimental

El clima se caracteriza por dos períodos bien definidos: período lluvioso (PLL) de mayo a octubre, donde cae el 70-80 % de las lluvias, y período poco lluvioso (PPLL) de noviembre a abril, con una precipitación media anual aproximada de 1 300 mm. La temperatura promedio es de 23,1 ºC, con una humedad relativa de 60-70 % durante el día y 80-90 % durante la noche.

Los sistemas en estudio se encontraban establecidos sobre un suelo Ferralítico Rojo, de mediana fertilidad, con un 80 % de arcilla, buenas condiciones de aireación y un pH ligeramente ácido (6,3).

Procedimiento experimental

Los sistemas estudiados fueron: A. Sistema silvopastoril (asociación de árboles con pasturas en el 100 % del área) y B. Sistema sin árboles (gramíneas en monocultivo).

Las arbóreas presentes en el sistema silvopastoril fueron: *Gliricidia sepium* (Jacq.)*, Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit y *Albizia lebbeck* (L.) Benth*,* con una altura entre 1,80 – 2,00 m y una densidad de 1 850 plantas/ha. La tabla 1 muestra la composición florística del pastizal.

Tabla 1. Composición florística del pastizal (%).

Especie	Sistema silvopastoril	Sistema sin árboles
Brachiaria decumbens	65,04	68,66
Dichanthium sp.	21,18	21,46
Leguminosas herbáceas	6,69	7,30
Paspalum notatum	1,15	-
Área despoblada	1,10	-
Otras especies	4,83	2,58

El manejo del pastizal fue similar en ambas épocas y en todas las condiciones evaluadas. Se utilizaron bovinos jóvenes, del genotipo ⅝ Holstein x ⅜ Cebú, con una edad de seis meses y un peso vivo promedio de 90 kg al inicio de cada época.

Con la salida de los animales del área de pastoreo las excretas fueron seleccionadas y marcadas a través de un método de muestreo sistemático, para lo cual se prefijaron valores de diámetro (16 ± 1 cm) y profundidad (3 ± 1 cm). Para los muestreos las excretas fueron divididas en tres partes: a) costra, b) el borde y c) zona profunda.

Para evaluar la descomposición de las excretas se utilizó la metodología descrita por Crespo *et al.* (1995), modificada por Soca (2005).

En la recolección de la macrofauna se utilizó la metodología descrita por el Programa de Biología y Fertilidad del Suelo Tropical o TSBF descrito por Anderson y Ingram (1993).

La carga parasitaria de la excreta denominada como Conteo fecal de huevos (CFH) expresado en huevos por gramo de heces fecales (hpg), fue determinada a través de la técnica de McMaster modificada, descrita por Soca (2005).

Análisis estadístico

Para el análisis de los resultados se utilizó el paquete estadístico SSPS versión 10.0.1 para Windows. Para determinar las diferencias de las medias se empleó la dócima de comparación de rangos multiples de Duncan, con un nivel de significación de $P<0,05$.

Para establecer las relaciones entre las diferentes variables evaluadas se utilizaron análisis de correlación o de regresión. El mejor modelo en este último caso se determinó sobre la base de los valores del coeficiente de determinación (R^2), los valores del error estándar (ES) y el valor de los residuos según la prueba de Durbin y Watson.

Producto de la gran variabilidad del conteo fecal de huevos, a esta variable se le realizaron transformaciones (Log $_{10}$ (CFH + 1) para lograr homogeneidad de varianza y distribución normal de los datos, la cual se comprobó mediante la prueba de Bartlett y la no paramétrica de Kolmogorov-Smirnov ($P<0,05$). Las retransformaciones (media geométrica) se realizaron mediante el procedimiento siguiente: (media geométrica= (10^k)-1) (Smothers *et al.,* 1999).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al evaluar la descomposición de las excretas se apreciaron diferencias significativas ($P<0,001$), del sistema silvopastoril (SSP) con respecto al sistema sin árboles (SSA), en ambas épocas (Tabla 2). En el período poco lluvioso (PPLL), los valores fueron superiores al 90 % después de las 240 horas (10 días) de haber sido depositadas en el pastizal. Mientras que, en el SSA las bostas mostraron una descomposición mucho más lenta, con pérdidas de peso del 45 % para el mismo período.

En la época lluvioso (PLL) la descomposición fue más rápida que en el PPLL en ambos sistemas, con valores de 100 y 74,8 % a las 144 horas, respectivamente. No obstante, la desaparición de las excretas en el sistema sin árboles estuvo mayormente relacionada con su fragmentación y dispersión en el pastizal a causa de las lluvias y no con el enterramiento de la materia fecal.

Tabla 2. Dinámica del peso (%) de las excretas de bovinos jóvenes en los sistemas en estudio.

Época	Sistema	% de descomposición				Ecuación matemática
		48h	96h	144h	240h	
PPLL	Sistema silvopastoril	37,28	68,79	83,31	93,04	$y = -30.949 \ln(x) + 77.066 \pm 1.413 \pm 2.566$ $R^2 = 0.9833$
	Sistema sin árboles	11,82	20,21	29,25	46,4	$y = 98.284 e^{-0.064 x} \pm 1.413$ $R^2 = 0.9835$
PLL	Sistema silvopastoril	55,82	93,41	100	-	$y = - 19.9 x + 83.59 \pm 1.54 \pm 4.23$ $R^2 = 0.9875$
	Sistema sin árboles	22,89	47,64	74,80	-	$y = - 21.378 x + 114.17 \pm 2.612 \pm 7.15$ $R^2 = 0.9699$

a, b Valores con superíndices diferentes difieren a $P<0,05$ (Duncan, 1955) *** $P<0,001$

Según Rodríguez *et al.* (2011) los procesos de transformación y desaparición de las excretas comienzan tan pronto como son depositadas y su velocidad de descomposición depende de cuatro factores principales: los climáticos, la cobertura vegetal, la estructura del suelo subyacente y las características de las bostas.

En este sentido la relación temperatura-humedad que se establece en los SSP disminuye la desecación y favorece la rápida colonización de las excretas en el pastizal. Mientras que, en los sistemas sin árboles la sequedad en el suelo y la influencia directa de la temperatura ambiental dan lugar a la formación de las costras y al endurecimiento de las excretas, limitando su descomposición por medio de la fauna coprófaga (Imágenes 1 y 2).





Imagen 1. Excretas en los sistemas silvopastoriles.



Imagen 2. Excretas en los sistemas sin árboles.

La tabla 3 muestra el comportamiento de la macrofauna edáfica en ambos sistemas para las épocas poco lluviosa y lluviosa, respectivamente. El SSP mostró un incremento significativo del número de individuos por metro cuadrado (P<0,05) y de individuos por bosta (P<0,01) con respecto al SSA, los cuales se duplicaron en la lluviosa. Además de, un mejor comportamiento de los índices ecológicos: diversidad y abundancia de especies.

Tabla 3. Comportamiento de la fauna edáfica en los sistemas en estudio (individuos/m^2).

Orden	Período poco lluvioso			Período lluvioso		
	SSP	SSA	ES±	SSP	SSA	ES±
Diplopoda	101	158	0,32	38	38	0,18
Haplotaxida	199	101	0,59	218	248	0,58
Coleoptera	386	216	1,15	1 936	752	5,57**
Coleoptera	332	233	0,54	252	150	0,62
Isopoda	73	51	0,18	51	26	0,24
Quilopoda	21	7	0,73	51	38	0,21
Araneae	2	0	-	0	0	-
Orthoptera	2	0	-	0	0	-
Total (individuos/m^2)	1 116^a	765^b	99,51*	2 547^a	1 252^b	44,3*
Individuos/bosta	14,51^a	9,98^b	1,29**	32,94^a	16,0^b	5,83**

SSP: Sistema silvopastoril SSA: Sistema sin árboles

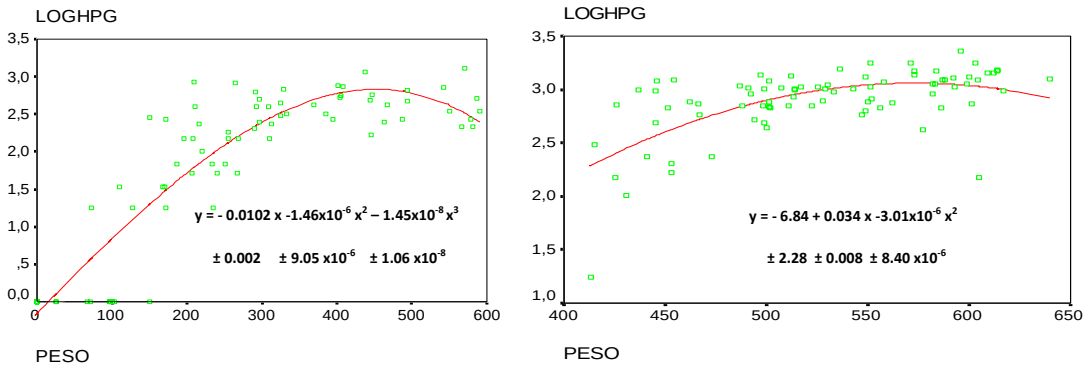
a, b Valores con superíndices diferentes difieren a P<0,05 (Duncan, 1955) * P<0,05 ** P<0,01

El papel de la fauna en la descomposición de las excretas ha sido señalado, por diversos autores, desde inicios del siglo pasado. Con la caída de las bostas en el pastizal pueden encontrarse toda una serie de organismos edáficos de las más variadas exigencias tróficas, que aprovechan las condiciones de los excrementos para buscar sus presas, refugiarse o alimentarse (Sánchez *et al.,* 2011).

En este sentido se encontró una correlación significativa (P<0,01) entre las variables fauna edáfica y peso de las bostas en el SSP. La mayor cantidad de individuos se mostraron en las primeras 96 horas, en correspondencia con las mayores tasas de descomposición (PPLL: SSP r=0,73**/SSA r=0,62) (PLL: SSP r=0,96*/SSA r=0,41).

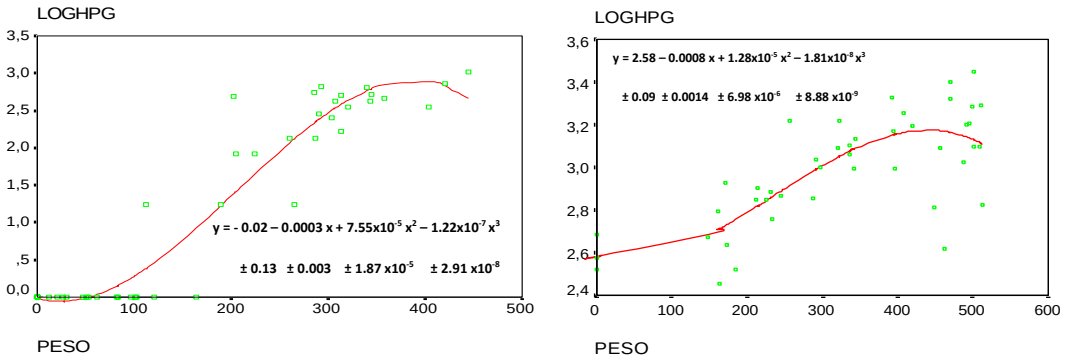
Según Cabrera Dávila *et al.* (2022), la biota del suelo juega un papel fundamental en el funcionamiento del ecosistema como mediadores de la descomposición, el reciclaje de nutrientes, son fundamentales en los procesos de bioturbación (desplazamiento y mezcla de partículas del suelo por animales y plantas), aireación y degradación de la materia orgánica en los sistemas naturales y productivos.

La relación descomposición – fauna edáfica tuvo una expresión significativa en la reducción de la carga parasitaria por nematodos gastrointestinales en las excretas. Ello se corroboró en las correlaciones encontradas entre la disminución del peso de las excretas y el logaritmo del CFH en ambas épocas. Sin embargo, en el sistema sin árboles, las correlaciones no mostraron influencias significativas de estas variables en la dinámica parasitaria de las excretas (Fig. 1).



A. Sistema silvopastoril **B. Sistema sin árboles**

Período poco lluvioso



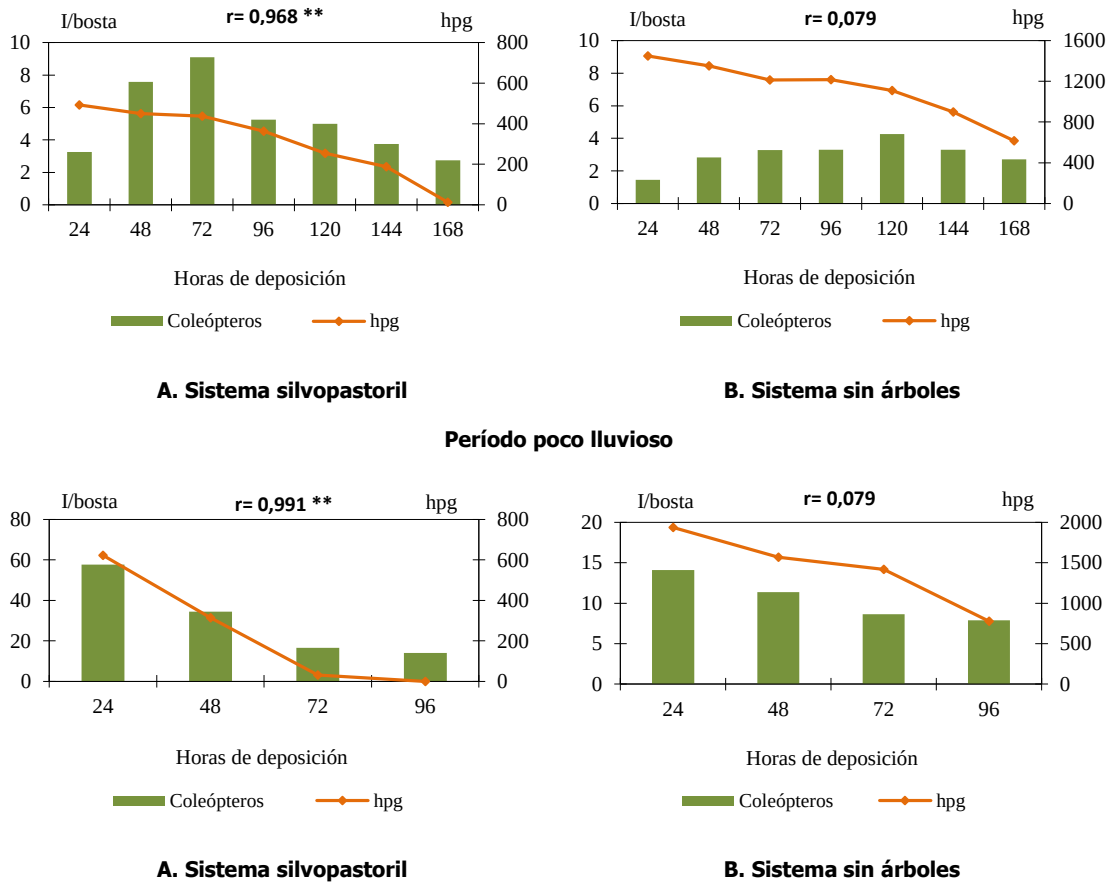
A. Sistema silvopastoril **B. Sistema sin árboles**

Período lluvioso

Figura 1. Relación entre la disminución del peso y el conteo fecal de huevos en las excretas.

La rápida descomposición de las excretas en el SSP y, por ende, la reducción de la carga parasitaria está directamente relacionadas con la presencia de una rica y variada fauna edáfica. Los árboles proporcionan condiciones adecuadas de humedad y temperatura, mayores contenidos de materia orgánica, cobertura edáfica permanente, incremento en la deposición de hojarasca, disponibilidad de agua gracias a su profundo y perenne sistema radical, y un mayor reciclaje de nutrientes, lo cual permite condiciones favorables para una intensa actividad biológica en el suelo (Chará *et al.,* 2015; Caicedo-Rosero, *et al.,* 2021; Cabrera Dávila *et al.,* 2022).

Se encontró un incremento en la abundancia de escarabajos estercoleros en SSP en comparación con el SSA y como consecuencia, hubo un aumento en la remoción del estiércol y una reducción de la carga parasitaria de las excretas. Esta relación puede ser apreciada en la fig. 2, donde se muestran las interacciones entre las variables CFH en la zona profunda y coleópteros que visitan las excretas en las épocas poco lluviosa y lluviosa, respectivamente.



A. Sistema silvopastoril **B. Sistema sin árboles**

Período poco lluvioso

A. Sistema silvopastoril **B. Sistema sin árboles**

Período lluvioso

* P<0,05 (Duncan, 1955). Correlaciones significativas a P< 0,01 **

Figura 2. Relación entre el CFH de nematodos gastrointestinales en la zona profunda y los coleópteros que visitan las excretas.

Los coleópteros coprófagos a través de su actividad enterradora constituyen enemigos naturales de los parásitos del ganado porque durante el proceso de descomposición de las excretas ejercen efectos nocivos en los huevos y las larvas, los cuales son destruidos en el proceso de alimentación o enterrados en las profundidades del suelo (Soca *et al.,* 2016). Ellos modifican la calidad y cantidad del excremento, y exponen a los huevos y las larvas a la acción de otros depredadores o a largos períodos de inanición, ya que las larvas L_1 y L_2 se alimentan de las bacterias que se desarrollan en las excretas (Roque, 2015). De esta forma interrumpen los ciclos biológicos y limitan el acceso del ganado a los estadios infectivos de estos parásitos (Lobo y Vega, 1990).



Imagen 3. Galerías de los coleópteros en el suelo.

Los sistemas silvopastoriles participan en la regulación natural y mantienen el equilibrio del ecosistema. Ello constituye una de las vías fundamentales a través de las cuales el incremento de la biodiversidad favorece la prestación de servicios ambientales, como el control biológico del parasitismo en el ganado (Murgueitio *et al.*, 2015). Además, producen abundante forraje de buena calidad durante todo el año con lo cual mejora el balance de nutrientes en los animales y, por consiguiente, el estado de la condición corporal y la calidad de la respuesta inmune; esto, unido a un entorno más favorable, permite incrementar el bienestar animal y manifestar una mayor resiliencia que los sistemas sin árboles.

BIBLIOGRAFÍA

Anderson, J. M. & Ingram, J. S. I. 1993. Tropical soil biology and fertility. A handbook of methods. 2nd. ed. CAB International, UK. 221 p.

Cabrera Dávila, Grisel de la C.; Sánchez Rendón, J. A. & Ponce de León Lima, D. 2022. Edaphic macrofauna: composition, variation and use as a bioindicator according to the impact of oil use and quality. *Acta Botánica Cubana,* Vol. 221:e01. *https://cu-id.com/2402/v221e01.*

Caicedo-Rosero D, Benavides-Rosales H, Carvajal-Pérez L, Revelo-Salgado G. 2021. Análisis de las poblaciones edáficas en suelos con sistemas silvopastoriles dedicados a la producción lechera, en la finca San Vicente, El Carmelo, Ecuador. *Revista Criterios*. 28: 185-194.

Castro-Díaz, E.; Rodríguez-Lozano, A.; Arieta-Román, R. & Sánchez-Salcedo, J. A. 2025. Animal welfare: experiences from a production unit for university teaching. *Revista Científica Biológico Agropecuaria Tuxpan*, 13(1):15-28. www.doi.org/10.47808/revistabioagro.v13i1.609

Crespo, G.; Torres, Verena & Rodríguez, Idalmis. 1995. Nota sobre la velocidad de descomposición de las bostas vacunas en la época de seca. *Rev. Cubana Cienc. agríc.*, 29:257.

Chará, J. D.; Camargo, J. C.; Calle, Zoraida; Bueno, Liliana; Murgueitio, E.; Arias, Ligia; Dossman, M. & Molina, E. J. 2015. Servicios ambientales de sistemas silvopastoriles intensivos: mejoramiento del suelo y restauración ecológica. En: Florencia Montagnini, E. Somarriba, E. Murgueitio, H. Fassola y B. Eibl (Eds.). Sistemas Agroforestales. Funciones productivas, socioeconómicas y ambientales. Serie Técnica. Informe Técnico 402. Turrialba, Costa Rica: CATIE. Cali, Colombia: Fundación CIPAV. pp. 331-338.

Hernández-Arenas, Diana P. 2022. Parásitos: un desafío en la producción animal. Notas de campo. Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y de Medio Ambiente. Editorial Sello Editorial UNAD: Colombia. 22p. www.doi.org/10.22490/notas.4543.

Lobo, J. M. & Veiga, C.M. 1990. Interés ecológico de la fauna coprófaga en pastos de uso ganadero. *Ecología,* (4):313.

López-Vigoa, O.; Sánchez-Santana, T.; Iglesias-Gómez, J. M.; Lamela-López, L.; Soca-Pérez, M.; Arece-García, J. & Milera-Rodríguez, M. C. 2017. Los sistemas silvopastoriles como alternativa para la producción animal sostenible en el contexto actual de la ganadería tropical. *Pastos y forrajes*, 40(2):83-95.

Murgueitio, E. 2024. Sistemas ganaderos sostenibles en América Latina y el Caribe. Congreso Internacional Agrodesarrollo´2024. Conferencia Inaugural. Varadero, Cuba.



Murgueitio, E.; Flores, Martha X.; Calle, Zoraida; Chará, J. D.; Barahona, R.; Molina, C. H. *et al*. 2015. Productividad en sistemas silvopastoriles intensivos en América Latina. En: Florencia Montagnini, E. Somarriba, E. Murgueitio, H. Fassola y B. Eibl (Eds.). Sistemas Agroforestales. Funciones productivas, socioeconómicas y ambientales. Serie Técnica. Informe Técnico 402. Turrialba, Costa Rica: CATIE. Cali, Colombia: Fundación CIPAV. pp. 59-101.

Palma, J. M. 2019. Control de parásitos y protección de proteína mediante implementación de Sistemas Silvopastoriles. *Revista Colombiana de Zootecnia,* 5:9.

Rodríguez, Idalmis; Crespo, G.; Torres, Verena; Fraga, S.; Socarras, A. A.; Rodríguez, M. E.; *et al.* 2011. La biota del suelo y su papel en la sostenibilidad de los sistemas. En: M. C. Milera (Ed.). Andrés Voisin, Experiencia y aplicación de su obra en Cuba. Ediciones ACPA/EEPF-IH: Cuba. pp: 281-315.

Roque, E. 2015. *Fundamentos de parasitología y enfermedades parasitarias en los animales domésticos*. Mayabeque, Cuba: Editorial Félix Varela.

Sánchez, Saray; Milera, Milagros C.; Hernández, Marta B.; Crespo, G. & Simón, L. 2011. La macrofauna y su importancia en los sistemas de producción ganadera. En: M. C. Milera (Ed.). Andrés Voisin, Experiencia y aplicación de su obra en Cuba. Ediciones ACPA/EEPF-IH: Cuba. pp: 316-348.

Schapiro, J. & Pantiu, Andrea. 2018. Manejo sostenible del parasitismo gastrointestinal en bovinos en sistemas silvo-pastoriles. Capítulo 2. En: Jorge Ullé y Beatriz M. Diaz (Eds.). El suelo como reactor de los procesos de regulación funcional de los agroecosistemas. Ediciones INTA: Argentina. pp: 67-86.

Soca, Mildrey. 2005. *Los nematodos gastrointestinales de los bovinos jóvenes. Comportamiento en los sistemas silvopastoriles cubanos*. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Veterinarias, Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA)/Universidad Agraria de La Habana, Mayabeque, Cuba. 111p.

Soca, Mildrey; Simón, L. R.; Roque, E.; Roche-Guerrero, Yaima; Aguilar, A.; Soca, Maylin & Arece, J. 2016. Efectos de los sistemas silvopastoriles en el control de los nematodos gastrointestinales de los bovinos en pastoreo. En: J. E. Guerra-Liera, G. Ruiz-Lang y J. A. Saltijeral-Oaxaca (Compiladores). Repensando la ganadería. Editorial: UAM Unidad Xochimilco: México. pp: 251-265.

Soca-Pérez, Mildrey; Simón-Guelmes, L. R.; Canchila-Asencio, E. R.; Lezcano-Más, Y.; Milera-Rodríguez, M. C. & Iglesias-Gómez, J. M. 2020. Sistemas a base de pastos y forrajes para la alimentación del ternero. Capítulo 14. En: M. C. Milera-Rodríguez, T. Sánchez-Santana & M. Hernández-Chavez (Eds). Recursos forrajeros multipropósitos. Editorial EEPF *Indio Hatuey:* Cuba. pp: 309–324.

Stromberg, B.E. & Averbeck, G.A. 1999. The role of parasite epidemiology in the management of grazing cattle. *International Journal for Parasitology.* 29:33-39.

Valencia, J. A. M. 2025. Innovaciones para una ganadería climáticamente inteligente: impacto de suplementos, genética y manejo del estiércol en las emisiones de GEI. *Ibero Ciencias-Revista Científica Académica*, 4(2):662-700.

158-SE

SE-28. Comportamiento del cultivar c86-12 a la fertilización potásica en suelo ferralítico rojo típico
Behaviour of cultiar c86-12 to the potassium fertilization in ferralitic typical red soil

Desiré Baigorría Padrón, Javier Rodríguez García, Tania Casero Rodríguez

Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA) Mayabeque. AZCUBA. Ave 7, #604, entre 4 y 6 Localidad Pablo Noriega, Quivicán, Mayabeque, Cuba. E-mail: yusnel.rivero@inica.azcuba.cu

RESUMEN

Los fertilizantes constituyen un gasto significativo en la explotación del cultivo de caña de azúcar. Debido al aumento y la inestabilidad en los precios de los nutrientes, resultado de la crisis económica global, es fundamental que los agricultores utilicen estos insumos de manera eficiente. Además, por motivos económicos y ambientales, el uso de fertilizantes minerales en la agricultura debe ser limitado, basado en criterios técnicos fundamentados en la ciencia, la economía, los altos costos de los insumos y el impacto contaminante. Por lo tanto, el objetivo de este estudio es analizar el rendimiento agrícola de la caña de azúcar en respuesta a la fertilización con potasio en caña planta, así como el porcentaje de pol en el jugo, el brix y las toneladas de pol por hectárea al momento de la cosecha, además de la presencia de plagas o enfermedades. Este estudio se llevó a cabo en el bloque experimental de la UEB INICA Mayabeque, en un suelo Ferralítico rojo típico, bajo condiciones de secano. El diseño experimental fue un Cuadrado Latino 6 x 6. Los resultados indicaron que no hubo diferencias significativas entre los tratamientos de potasio, lo que llevó a la conclusión de que no se observó una respuesta del cultivo de caña de azúcar a la fertilización potásica en términos de rendimiento, brix, pol en jugo y toneladas de pol por hectárea en la cepa de caña planta. La situación fitosanitaria del experimento es favorable, ya que las plagas observadas no superan la categoría de ligera.

Palabra clave: *caña de azúcar, caña planta, rendimiento agrícola, rendimiento industrial*

ABSTRACT

Fertilizers constitute a significant expense in sugarcane cultivation. Due to the rising and unstable prices of nutrients resulting from the global economic crisis, it is essential that farmers use these inputs efficiently. Furthermore, for economic and environmental reasons, the use of mineral fertilizers in agriculture must be limited, based on technical criteria grounded in science, economics, high input costs, and their polluting impact. Therefore, the objective of this study is to analyze the agricultural yield of sugarcane in response to potassium fertilization in the cane plant, as well as the percentage of potassium in the juice, Brix, and tons of potassium per hectare at harvest, in addition to the presence of pests or diseases. This study was carried out in the experimental block of the UEB INICA Mayabeque, on a typical red Ferralitic soil, under rainfed conditions. The experimental design was a 6 x 6 Latin Square. The results indicated no significant differences between potassium treatments, leading to the conclusion that no response was observed in the sugarcane crop to potassium fertilization in terms of yield, brix, pol in juice, and tons of pol per hectare in the cane plant strain. The phytosanitary situation of the experiment is favorable, since the observed pests did not exceed the light category.

Word keys: *cane of sugar, sugarcane plant, agricultural yield, industrial yield*

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas se ha incrementado el interés de investigadores y productores por los fenómenos asociados con la pérdida de la capacidad productiva de muchos agroecosistemas cañeros. La gran mayoría de los informes relacionan estos procesos con los perjuicios que provocan las prácticas agrícolas inadecuadas en la fertilidad del suelo (Villegas, 2022).

Los resultados indican descensos de los niveles de los elementos primarios en el suelo cuando se descuida la fertilización. En este sentido, Pérez *et al.,* (1997) y León *et al*., (1997), indicaron la disminución de más del 50% del fósforo (P) y el potasio (K) asimilables del suelo, en parcelas con caña de azúcar que no fueron fertilizadas en 12 años. En ambos casos, se observó que cuando se aplicaron fertilizantes se incrementaron a largo plazo los niveles de nutrientes en el suelo, lo que repercutió positivamente en el rendimiento agrícola del cultivo. Por otro lado, la utilización de dosis elevada y el uso inadecuado de fertilizantes continúan generando contaminación ambiental significativa. La aplicación excesiva de fertilizantes químicos provoca problemas como la eutrofización y toxicidad en cuerpos de agua, contaminación de aguas subterráneas y superficiales, deterioro de la estructura del suelo, alteración del pH y daño a la microfauna esencial para la fertilidad del suelo (Martínez, 2024).

El potasio (K) es un nutriente esencial para el crecimiento y desarrollo del cultivo de la caña de azúcar (Fageria, 2009; CENICAÑA, 2014). Es el catión requerido en mayor cantidad por las plantas (Kölln *et al*., 2013), independientemente del manejo de nutrientes (Mikkelsen, 2009). Su función es de gran importancia para el desarrollo de la planta, ya que posee funciones metabólicas, catalítica, con efectos manifiestos en el régimen hídrico, la formación de carbohidratos, el metabolismo del nitrógeno, el movimiento de compuestos orgánicos, la formación y neutralización de ácidos orgánicos, el proceso de maduración y la resistencia a plagas y enfermedades (González, 2020). Las prácticas de fertilización potásica

varían ampliamente en las diferentes regiones cañeras del mundo, donde generalmente se considera el contenido de K en el suelo, al momento de aplicación, la cepa de caña planta y de retoños, y en algunos lugares se fracciona la dosis recomendada por fase de crecimiento (González, 2019). Así, en Luisiana y Costa Rica se diferencian las recomendaciones para cañas plantas y para retoños (Gravois, 2014 y Chávez, 2017); en Brasil, según Otto *et al.*, (2010), en caña planta se recomienda aplicar todo el K de una sola vez y en los retoños fraccionar la dosis. En Cuba, se aplica en el fondo del surco al momento de la plantación y se entierra a una profundidad de 10 a 15 cm en los retoños, próximos a las cepas, lo más pronto posible después del corte. En ambos casos, se lleva a cabo en una única aplicación (González, 2019).

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló en el bloque experimental de la Unidad Empresarial de Base Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar Mayabeque (UEB INICA Mayabeque) (latitud norte: 22º 47´ 12´´ y longitud oeste: 82º 23´ 13´´), en el municipio Quivicán, provincia Mayabeque, Cuba; sobre un suelo Ferralítico rojo típico (figura 1).

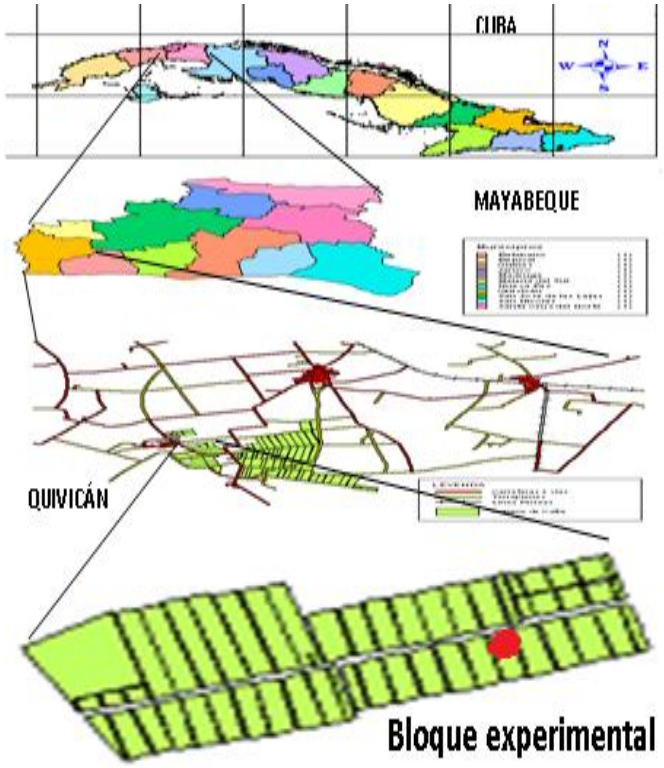


Figura 1. Ubicación del experimento.

El experimento se plantó de junio del 2020 en condiciones de secano, en un suelo Ferralítico rojo típico, según Hernández *et al.*, (2015) y WRB, (2022). Estos suelos se consideran muy profundos, con buen drenaje, arcillosos, bien estructurados, bajas concreciones de hierro, alto contenido de arcilla principalmente del tipo caolinita, pequeñas cantidades de gibsita, pH ligeramente ácido a neutro, presentan una fertilidad natural de media a alta (Tabla 1).

Tabla 1. Muestreo inicial del experimento.

Profundidad	pH		P_2O_5		
	KCl	H_2O	Oniani ($mgP_2O_5/100g$)	Bray kurst-2 ($mgP_2O_5/100g$)	K_2O (Oniani) ($mgK_2O/100g$)
0-20	5,7	6,8	6,1	1,79	15,21

El cultivar utilizado en el experimento fue la C86-12, presenta alto rendimiento agrícola y buen contenido azucarero. Variedad tolerante al estrés ambiental (González, 2019).

El estudio se estableció con un diseño cuadrado latino 6 x 6, con parcelas de 48 m^2 (cuatro surcos de 7,5 m de largo, espaciados a 1,6 m). Entre tratamientos se dejó un surco sin plantar y entre franjas pasillos de 3 m.En el frente y fondo del experimento se montaron barreras de tres metros con caña y de dos surcos a ambos lados.

La fertilización se realizó al momento de la plantación, antes de situar los esquejes, en el fondo del surco con fondo fijo de 100 y 50 kg ha^{-1} de Nitrógeno (N) y Fósforo (P_2O_5) respectivamente y diferentes dosis de Potasio (K_2O) las cuales se muestran en la tabla 2. Las fuentes nutricionales utilizadas fueron urea (46%), superfosfato triple (46%) y cloruro de potasio (60%).

Tabla 2. Dosis por tratamientos en nutrientes activos para el experimento.

Tratamientos	Nutrientes activos en kg ha^{-1}		
	N	P_2O_5	K_2O
I	100	50	0
II	100	50	50
III	100	50	100
IV	100	50	150
V	100	50	200
VI	100	50	250

En la cosecha se evalúan los siguientes indicadores % de Pol y % de Brix, rendimiento agrícola (t ha^{-1}) y rendimiento industrial (Pol t ha^{-1}).

Registro de incidencia de plagas y enfermedades, considerando la presencia y el nivel de infestación o incidencia.

Los muestreos se dirigieron a los dos surcos centrales de cada tratamiento y réplica (Villegas, 2022) a los 6 meses de edad, donde se observaron los síntomas del Carbón de la caña de azúcar, Roya Parda, Escaldadura Foliar, Mancha Anular, Roedores, Amarillamiento foliar, Pokkah boengy la Chinche harinosa. Siguiendo la metodología del manual de procedimientos del SEFIT, con sus correspondientes metodologías y escalas de evaluación (INICA, 2011).

Muestreo de Azucarería

Se cosecharon 10 tallos al azar de los dos surcos centrales de cada parcela a los 20 meses de edad a los cuales se les extrajo el jugo mediante un molino. Las muestras se procesaron en el laboratorio de la UEB INICA Mayabeque, determinando el Brix y el pol en jugo, según libro Métodos analíticos para azúcar cruda de Pérez y Fernández (2006).

Cosecha

La cosecha se realizó manual a los 20 meses de edad, pesando los tallos de cada parcela por separado con dinamómetro (kg). Se determinó el rendimiento agrícola por la siguiente fórmula:

$$TCH = \left(\frac{Pp}{A}\right) * 10$$

Donde:

TCH= Toneladas de Caña por Hectáreas (t ha^{-1}).

Pp= Peso de la caña en la parcela (kg).

A= Área de la parcela (m^2) = 48.

10 es el Índice de conversión de kg m^{-2} a t ha^{-1}.

Toneladas de Pol por hectárea (TPH)

Para el cálculo del porcentaje de las toneladas de Pol por hectárea fue necesario relacionar el rendimiento agrícola en toneladas de caña por hectárea y el porcentaje de Pol en caña a través de la fórmula siguiente:

$$TPH = \frac{(TCH * \%\ Pol\ en\ caña)}{100}$$

Para la determinación del porcentaje de pol en caña se consideró el resultado del muestreo y análisis azucarero previo a la cosecha, utilizando la expresión siguiente:

$$\%\ de\ Pol\ en\ caña = n * P$$

Donde:

n= Factor de la relación entre la masa de bagazo y el porciento de fibra que se encuentra en la tabla 1 del libro Métodos analíticos para azúcar cruda de Pérez y Fernández (2006). 35

P= % de Pol en jugo

Los datos de las cosechas mostraron ajuste a una distribución normal y sus varianzas fueron homogéneas, por lo que fueron sometidos a análisis de varianza y se utilizó la prueba de comparación múltiple de medias de Tukey (nivel de probabilidad de error del 5%). Todos los análisis se hicieron con el procesador estadístico STATGRAPHICS Plus 5.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El resultado del comportamiento de las plagas y enfermedades se presentan en la tabla 3 donde se refleja que no existen diferencias estadísticamente significativas para el factor tratamiento. La C86-12 es una variedad con buen perfil fitosanitario ya que es resistente o tolerante a las principales plagas y enfermedades de la caña de azúcar (INICA, 2012). La cual posee mayor contenido de fibra y compuestos fenólicos, lo que reduce el ataque de insectos y patógenos (López y Ramos, 2020).

En el muestreo de plagas, se comportaron en la categoría ligera, la Roya parda, la Mancha anular, el Pokkahboeng y la Chinche harinosa. Se ha informado un comportamiento similar en las áreas de producción de la provincia Mayabeque en la misma variedad (SEFIT, 2023).

El Amarillamiento foliar en el tratamiento I, replica III, así como tratamiento IV, replica II se comportó en la categoría ligera, el diagnóstico de esta enfermedad se realiza por técnicas de laboratorio. Los síntomas del SCYLV pueden estar relacionados a otros factores bióticos o abióticos lo que dificulta un correcto diagnóstico visual de la enfermedad. Por otro lado, el virus puede ser detectado en plantas asintomáticas, lo que pone de manifiesto la importancia de contar con métodos de diagnóstico precisos (Bertani *et al.,* 2020).

Tabla 3. Comportamiento de las plagas y enfermedades a los 6 meses de edad.

Tratamiento	Carbón	Roya	Escaldadura	YLS	Pokkah b	Pudrición r	Mancha anular	Roedores	Chinche h
I	1,00 a	2,00 a	1,00 a	1,17 a	2,00 a	1,17 a	1,00 a	1,00 a	2,00 a
II	1,00 a	2,00 a	1,00 a	1,00 a	2,00 a	1,00 a	2,00 a	1,00 a	2,00 a
III	1,00 a	2,00 a	1,00 a	1,00 a	2,00 a	1,33 a	2,00 a	1,00 a	2,00 a
IV	1,00 a	2,00 a	1,00 a	1,17 a	2,00 a	1,17 a	2,00 a	1,00 a	2,00 a
V	1,00 a	2,00 a	1,00 a	1,00 a	2,00 a	1,33 a	2,00 a	1,00 a	2,00 a
VI	1,00 a	2,00 a	1,00 a	1,00 a	2,00 a	1,17 a	2,00 a	1,00 a	2,00 a
P	1,00	1,00	1,00	0,58	1,00	0,63	1,00	1,00	1,00
N	36,00	36,00	36,00	36,00	36,00	36,00	36,00	36,00	36,00
Media	1,00	2,00	1,00	1,03	2,00	1,11	1,71	1,00	2,00
Desviación	0,00	0,00	0,00	0,23	0,00	0,40	0,38	0,00	0,00
CV	0,00	0,00	0,00	22,59	0,00	36,24	22,05	0,00	0,00
ES	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,07	0,06	0,00	0,00

Análisis para la variable dependiente Brix y % de Pol en jugo.

El resultado del comportamiento de las variables Brix y % de Pol en jugo se presentan en la tabla 4 donde se refleja que no existen diferencias estadísticamente significativas para el factor tratamiento evidenciando que la fertilización potásica en caña planta no influye sobre las variables de calidad del jugo. Según Hernández, (2015), el Brix y el Pol dependen más de la madurez fisiológica, condiciones climáticas (sequía o exceso de lluvia) y genética de la variedad que de la fertilización potásica.

Castro y Huerta (2015) en estudios de dosis de N, P_2O_5 y K_2O realizados en la zona cañera de Tamaulipas, México, en condición de secano, no encontraron respuesta en las variables azucareras, incluyendo el contenido de brix en jugo.

Tabla 4. Comportamiento del Brix y Pol en jugo para caña planta con 20 meses de edad ante la fertilización potásica en suelo Ferralítico rojo típico.

Tratamiento	Brix	% de Pol en jugo
I	18,89 a	17,55 a
II	18,07 a	16,96 a
III	18,25 a	17,12 a
IV	18,15 a	16,93 a
V	18,05 a	16,74 a
VI	17,65 a	15,80 a
P	0,6723	0,5804
N	36,00	36,00
Media	18,09	16,61
Desviación	1,18	1,61
CV	6,54	9,67
ES	0,20	0,27

Nota: Medias con letras iguales en la misma columna no difieren significativamente según Prueba de Tukey ($p \leq,05$).

Análisis para la variable dependiente Toneladas de Caña por hectárea (TCH)

El resultado del comportamiento de la variable dependiente rendimiento agrícola expresado por las t caña ha^{-1} se presentan en la tabla 5 donde se refleja que no existen diferencias significativas entre tratamientos a la fertilización potásica en caña planta, mientras que, en el caso de los tratamientos, ninguna dosis obtuvo resultados significativos entre ellos, resultado similar a lo expresado por González *et al.,* 2019.

Por lo tanto, la ausencia de respuesta en la caña planta puede deberse a la menor capacidad de absorción y asimilación de nutrientes en esta etapa, así como a las características de los suelos Ferralíticos rojos típicos que afectan la disponibilidad y movilidad del potasio para la planta joven (Ortiz, 2017) y (López y Fernández, 2016). También puede estar dado por factores que interactúan en el manejo del cultivo (González, 2019).

Según Rodríguez (2009) y Melgar (2010), la preparación del suelo para la plantación crea condiciones favorables a la exploración radical profunda y lateralmente extensa, lo que propicia a los propágulos condiciones para la adecuada estimulación de la brotación y posterior crecimiento de la masa foliar y radical, lo cual beneficia a las cepas más jóvenes.

Cuéllar (1983) en un estudio de 207 cosechas observó que en la mayoría de los suelos no se producía respuesta al K en la cepa de PL ni en los R1 y R2, y sí a partir del R3, como consecuencia a la aireación y profundidad lograda con la preparación de suelos, a lo que se suma el efecto positivo de la incorporación de K a partir de los residuos agrícolas cañeros.

Según Chandra, (2019). La baja densidad de pelos radicales y raíces laterales en caña planta reduce la capacidad de absorción de K.

Las plantas jóvenes de caña de azúcar tienen un sistema radicular menos desarrollado, lo que limita su capacidad para absorber el k (Gil y García, 2015).

Santos y Oliveira, (2017), demuestran que la eficiencia de absorción de K en caña planta es significativamente menor que en caña soca debito a la inmadurez fisiológica y menor demanda nutricional inicial.

MINAG, (2020). Señala que en suelos Ferralíticos Rojos, el K aplicado como fertilizante se fija rápidamente en formas no disponibles, reduciendo su extracción por la planta joven.

Tabla 5. Comportamiento del rendimiento agrícola para caña planta con 20 meses de edad ante la fertilización potásica en suelo Ferralítico rojo típico.

Tratamiento	Rendimiento Agrícola (t caña ha^{-1})
I	157,50 a
II	146,34 a
III	162,60 a
IV	169,88 a
V	165,15 a
VI	151,90 a

P= 0.6340; n= 36; Media= 154.62; Desviación= 23.52; CV= 15.21; ES= 3.92

Nota: Medias con letras iguales en la misma columna no difieren significativamente según Prueba de Tukey ($p \leq,05$).

Análisis para la variable dependiente Toneladas de Pol por hectárea (TPH)

El resultado del comportamiento de la variable Toneladas de pol por hectárea se presentan en la tabla 6 donde se refleja que no existen diferencias estadísticamente significativas para el factor tratamiento, ya que este depende del rendimiento agrícola y del pol en jugo en los cuales no se mostraron diferencias significativas.

Alpizar *et al.* (1984), en Costa Rica, con dosis de K_2O de 0 a 420 kg ha^{-1}, no encontraron diferencias en los contenidos de brix, sacarosa, pureza y rendimiento de azúcar por hectárea.

Tabla 6. Comportamiento de las toneladas de pol por hectárea para caña planta con 20 meses de edad ante la fertilización potásica en suelo Ferralítico rojo típico.

Tratamiento	Rendimiento Industrial (t pol ha^{-1})
I	24.14 a
II	21.69 a
III	24.31 a
IV	25.28 a
V	24.26 a
VI	21.04 a

P= 0.5515; n= 36; Media= 22.44; Desviación= 4.27; CV= 19.01; ES= 0.71

Nota: Medias con letras iguales en la misma columna no difieren significativamente según Prueba de Tukey ($p \leq,05$).

En el experimento evaluado, no es necesario la fertilización potásica en la cepa caña planta. Resultados similares fueron alcanzados por Rubio (1982) y Cuéllar (1983).

Estos resultados coinciden con los obtenidos por Meyer *et al.* (2011) quien reporta escasa respuesta de la caña de azúcar a la fertilización potásica en las cepas más jóvenes.

Resultados iguales obtuvo Marcial (2014) en Guatemala con la evaluación de cinco dosis de potasio en el cultivo de la caña de azúcar.

Además, González (2019), plantea que la frecuencia de respuesta a la fertilización potásica y el efecto de ésta sobre el rendimiento, fue menor en cepas de caña planta y primer retoño, que en las cepas de segundo a quinto retoño. El porcentaje de pol en jugo no mostró respuesta sostenida, ni en sentido único, con el empleo de dosis crecientes de K.

CONCLUSIONES

No se mostró respuesta del cultivo de la caña de azúcar a las diferentes dosis de fertilización potásica sobre el rendimiento agrícola, el pol en jugo, brix y las toneladas de pol por hectárea en la cepa de caña planta en suelo Ferralíticos rojo típico.

La situación fitosanitaria del experimento es favorable, las plagas observadas no exceden la categoría, ligero y su comportamiento fue de acuerdo a lo expresado por el cultivar en áreas de producción en la provincia.

BIBLIOGRAFÍA

Alpizar, D., López, C. y Cháves, M. (1984). Respuesta de la caña de azúcar (Saccharum officinarum) a dosis de potasio en un Oxic dystrandept en Greciade Alajuela. Memorias de 6º Congreso Agronómico Nacional. Julio, SanJosé, 1, p. 53-54.

Bertani, R., Joya, C., Funes, C., Chaves, S. y Gutierrez, H. (2020) Amarillamiento de la hoja en caña de azúcar; Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres; Revista: Avance Agroindustrial; 41; 1. ISSN: 0326-1131

CENICAÑA. (2014). El cultivo de la caña de azúcar en Guatemala. Guatemala: Librerías Artemis Edinte, S.A. 256pp. ISBN:978-9929-40-460-4.

Chávez, M. (2017).Importancia del potasio en la producción comercial de la caña de azúcar en Costa Rica. Presentado en Seminario Internacional Producción y Optimización de la sacarosa en el proceso industrial, Puntarenas, Costa Rica. Memoria digital, San José. Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), octubre 10 al 12, Hotel Double Tree Resortby Hilton.

Castro, S., Huerta, A. (2015). Respuesta de variedades de caña de azúcar (Saccharum officinarum L.) a la fertilización NPK bajo secano en el sur deTamaulipas, México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 11, p. 2225–2232. ISSN: 2007-0934.

Cuéllar, I. (1983). Potasio en los principales tipos de suelos de las plantaciones cañeras de Cuba y efectividad de la fertilización potásica de la cañade azúcar (Tesis doctoral). INICA, Universidad Agraria de la Habana. 115pp.

Cuéllar, I., Villegas, R., De León, M. y Pérez, H. (2002). Manual de fertilización de la caña de azúcar en Cuba. La Habana: Editorial Publinica. Imp. Unidad Producciones Gráficas del MINREX. 127pp. ISBN: 1234567834.

Chandra, A. (2019). Potassium acquisition efficiency in sugarcane during early growth stages. Journal of Plant Nutrition, 42(11), 1324-1336.

Fageria, N. (2009). The use of nutrients in crop plants. By Taylor and Francis Group, LLC. Boca Ratón, New York. 448 pp. ISBN: 978-1-4200-7510.

González, J. (2019). Algunos factores edáficos y climáticos asociados con la respuesta de la caña de azúcar (Ssccharumspp.) a la fertilización potásica (Tesis doctoral). INICA, Universidad Agraria de la Habana. 98 pp.

González, J., De León, M., Machado, I., Pineda, E. y Viñas, Y. (2019). Respuesta de caña de azúcar a la aplicaciónde fertilizantes minerales en Ciego de Ávila. Revista Ingeniería Agrícola, ISSN-2306-1545, E-ISSN-2227-8761, Vol. 9, No. 3.

González, R.M. (2019). Variedades de caña de azúcar cultivadas en Cuba. Capítulo 11 Características de las variedades principales. ICIDCA. La Habana, Cuba Primera edición: 216 pp.

González, J. (2020). Una apuesta avileña por la fertilización de la caña de azúcar. https://www.invasor.cu/es/secciones/ciencia-y-tecnologia/una-apuesta-avilena-por-la-fertilizacion-de-la-cana-de-azucar

Gravois, K. (2014). Sugarcane Production Handbook. Louisiana State University. Baton Rouge, LA. LSU Ag Center Publication 2859.

Gil, M. y Garcia, M. (2015). Nutrition mineral de la caña de azúcar en etapas tempranas de crecimiento. Revista de Agronomia Tropical, 65 (2), 123-135.

Hernández, J.A., Pérez, J.J.M., Bosch, I.D. y Castro, N. (2015). Clasificación de los suelos de Cuba. La Habana, ISBN: 978-959-7023-77-7, Cuba.

Hernández, A. (2015). Relación entre nutrición mineral y parámetros de calidad en caña de azúcar. Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA, Cuba).

INICA (Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar). (2011). Normas y procedimientos del programa de Fitomejoramiento de la caña de azúcar en Cuba. La Habana. INICA, pp. 348.

INICA (Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar). (2012). Catálogo de variedades comerciales de caña de azúcar en Cuba.

IUSS Working Group WRB. (2022). World Reference Base for Soil Resources. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. 4th edition. International Union of Soil Sciences (IUSS), Vienna, Austria.

Kölln, O., Gava, G., Cantarella, H., Franco, H., Rhein, A. y Trivelin, P. (2013). Macronutrient accumulation and export in sugarcane as affected by N rate under subsurface drip irrigation. Proceedings of International Society SugarCane Technologyst, 28, p. 72-73.





León, M. E., González, M., Pérez, M., Villegas, R., Pineda, E., Pérez, H., y Rodríguez, E L. (1997). Falibilidad en Vertisols del actual sistema de recomendaciones de potasio. Memorias 50 Aniversario del Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar, vol. 4.

López, A. y Ramos, P. (2020). Bases fisiológicas de la resistencia a plagas en caña de azúcar. Biotecnología Vegetal, 20(1), 12-25.

López, J. y Fernández, E. (2016). Características y manejo de suelos Ferralítico Rojos para el cultivo de la caña de azúcar. Ediciones INCA, Cuba.

Marcial, G.B. (2014). Aplicación de cinco dosis de potasio en caña de Azúcar (saccharum officinarum) var. Cp-722086 cicloPlantia en suelo alfisol santo domingo such. Tesis a Ingeniero agrónomo. Universidad de San Carlos de Guatemala.

Martínez, (2024). Impacto Ambiental de Fertilizantes Naturales en la Agricultura Sostenible. https://idi-a.es/impacto-ambiental-de-fertilizantes-naturales-en-la-investigacion-agroalimentaria/

Mikkelsen, R. (2009). Manejo del potasio para la producción de cultivos orgánicos. Informaciones agronómicas,73. IPNI, Quito, Ecuador, p. 6-11.

Morón, A. (2003) Efectos de las rotaciones cultivo-pasturas sobre la fertilidad de los suelos en ensayos de larga duración del INIA. La Estanzuela (1963-2003). Informaciones Agronómicas del Cono Sur. Número 20, p.1-6.

MINAG. (2020). Manual de Fertilización para Caña de Azúcar en Cuba. Ministerio de la Agricultura (Cuba).

Melgar, M. (2010). Tendencias de la investigación en caña de azúcar a nivel mundial. CENGICAÑA. Presentación de resultados de investigación Zafra 2009-2010. Guatemala. p 10-17. Fecha de consulta: julio 15, 2018, recuperado de: http://www.cengicana.org

Ortiz, R. (2017). Potassium dynamics in Red Ferralitic soils: Implications for sugarcane establishment. Soil Science Society of America Journal, 81(3), 567-578.

Otto, R., Vitti, C. y Luz, C. (2010). Manejodaadubaçãopotássicanaculturada cana-de-açúcar. Revista Brasileira de CiênciadoSolo,34(4), p. 1137-1145.

Pérez, M.; De León, M.; González, M.; Villegas, R.; Rodríguez, L.; Pineda, E. y Pérez, H. (1997). Variación de la fertilidad fosfórica en el tiempo en un agroecosistema cañero. Memorias 50 Aniversario del Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar, Vol. 4.

Pérez, F. y Fernández, F. (2006). Métodos analíticos para azúcar crudo. Instituto Cubanode Investigaciones Azucareras, ICINAZ. MINAZ. Publicaciones azucareras. ISBN 959-7140-18-7, pág. 37-81. La Habana.

SEFIT (Recomendaciones del Servicio Fitosanitario), (2023). Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar. Mayabeque, Cuba.

Rubio, R. (1982). Fertilización potásica de la caña de azúcar sobre la base del diagnóstico de la fertilidad potásica del suelo (Tesis doctoral). INICA, Universidad Agraria de la Habana, Cuba.112 pp.

Rodríguez, L. (2009). Los sistemas de preparación de suelos. Memorias. Seminario internacional de fertilización y nutrición de la caña de azúcar. Técnicaña. Cali. Colombia. 232 pp. ISBN: 978-958-95904-5-4

Santos, R. y Oliveira, F. (2017). Dinámica de nutrientes en caña planta: Eficiencia de absorción de potasio. Journal of Sugar Cane Research, 12 (3), 45-58.

Villegas, R. (2022). Red de experimentos de larga duración con fines de evaluación y diagnóstico de la fertilidad de los suelos.

SE-29. Niveles y métodos de aplicación de *Azotobacter chroococcum* sobre el rendimiento de biomasa de Morera (Morus alba)

Levels and methods of application of *Azotobacter chroococcum* on the biomass yield of Mulberry (Morus alba)

F. A L. García Soldevilla[1]*; Rosa García*[2] *y Luis R. Valdez*[3]

[1]Instituto de investigaciones de Pastos y Forrajes. UCTB Habana, Boyeros, La Habana, Cuba

[2]Instituto Nacional de Investigaciones Fundamentales de Agricultura Tropical, MINAG

[3]Instituto de Investigaciones de pastos y Forrajes

*Correspondencia a: franciscogarciasoldevilla2017@gmail.com

RESUMEN

En dos experimentos se evaluó la aplicación de una dilución de *Azotobacter chroococcum* para evaluar tres tratamientos de los niveles 0, 30 y 60 l/ha y dos métodos al suelo y Tocón y foliar a los 25 días del rebrote con un testigo extremo de urea foliar a razón de 2 g / litro de agua para estudiar el comportamiento de los rendimientos y el valor nutritivo de la biomasa. Se utilizó la cepa MB9 en una dilución de 2.6 x 10^{10} UCF, 1 ml en 25 mm de agua común.

Se encontró respuesta significativa ($p<0.01$) en el rendimiento de materia seca de la biomasa total y comestible en comparación con el testigo no fertilizado para ambos niveles de aplicación al suelo de *Azotobacter* y también entre ambos niveles de *Azotobacter* para la biomasa total, mientras que para la biomasa comestible (tallos tiernos y hojas) solo la aplicación de 60 L/ ha incrementó significativamente ($p<0.01$) el rendimiento de materia seca. En el segundo experimento, la aplicación foliar de *Azotobacter* no tuvo efecto significativo en el rendimiento de biomasa total o comestible, mientras que la aplicación foliar de urea influyo significativamente ($p<0.05$) en el rendimiento de materia seca en ambas fracciones del forraje. Solamente el nivel de 60 L/ha aplicado al suelo, incrementó significativamente ($p<0.05$) el contenido de proteína bruta (PB) del follaje mientras que la aplicación foliar de *Azotobacter* no influyó el contenido de (PB). Se concluye que la aplicación al suelo de la cepa MB9 de *Azotobacter* en dosis de 60 L/ ha puede tener impacto productivo en plantaciones comerciales de morera.

Palabras clave: *digestibilidad, materia seca, proteína cruda, rendimientos*

ABSTRACT

Two experiments were carried out to evaluate the effect on the yield and quality of aboveground biomass when applying different quantities (30 and 60 l/ha) of a dilution (2.6 x 10^{10} colony forming units) off *Azotobacter chroococcum* (strain MB9) to the soil around the stump in e Mulberry plantation used as cutting fodder, as well as the application of equal doses of this biopreparation to the foliage of this plant, when also compared whit the foliar application of urea at a rate of 40 kg per hectare. A significant response ($p< 0.01$) was found in the dry mater yield of total and edible biomass compared to the unfertilized control for both levels of soil application of *Azotobacter* for total biomass while for edible biomass only the application of 60 L/ha significantly increased ($p<0.01$) the dry matter yield. In the second experiment, foliar application of urea significantly application of *Azotobacter* and no significant of on total or edible biomass yield while foliar application of urea significantly influenced ($p<0.05$) the dry mater yield in both forage fractions. Only the level of 60 L/ha applied soil significantly increased $p<0.05$) the crude protein (CP) content of the foliage while foliar application of *Azotobacter* did not influence the CP content. It is concluded that the applications of *Azotobacter* strain MB89 to the soil at dose of 60 L/ha can have a productive impact on commercial Mulberry plantation.

Key words: *digestibility, crude protein, dry matter, yield*

INTRODUCCIÓN

Azotobacter es un microorganismo del suelo que puede fijar nitrógeno en condiciones de vida libre; se encuentra además en el agua, la rizosfera y superficies de las hojas. Produce sustancias estimuladoras del crecimiento vegetal. Beneficia a los cultivos por ejercer efectos hormonales sobre el crecimiento de las plantas y raíces (Martínez et al., 1996).

Dibut et al. (1993) durante años aislaron cepas de *Azotobacter* en distintos suelos de Cuba y evaluaron su capacidad de fijación del nitrógeno y la estimulación del crecimiento vegetal de cada una de ellas, lo que permitió seleccionar las más efectivas t MS/ha (Martínez et al, 1996).

Se ha calculado que estas bacterias pueden fijar 40 kg de N/ha, lo que equivale a 200 kg de sulfato de amonio, aunque parte de este es lixiviado por la lluvia y pasa al subsuelo (Primavesi, 1982). Sin embargo, su efecto más eficiente está en la excreción por *Azotobacter* de auxinas, fitoquininas y giberalinas, las cuales estimulan el crecimiento vegetativo (Martínez et al, 1996). El efecto estimulador de estos microorganismos ha sido estudiado en Cuba en el Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical. (INIFAT), donde se han alcanzado resultados satisfactorios en tomate, Cebolla y ajo con incrementos en la germinación, el rendimiento y desarrollo del fruto (Martínez, et al, 1996). Sin embargo, en plantas forrajeras perennes no existen antecedentes.

El presente trabajo se realizó con el objetivo de evaluar la influencia de *A. chroococcum* en el rendimiento y calidad de la Morera *(Morus alba)* cuando es aplicado al suelo o al follaje.

MATERIALES Y MÉTODOS

Experimento 1:

Azotobacter chroococcum cepa MB 9 con un título inicial de 2.6 x 10^{10} unidades formadoras de colonia (UFC) fue diluido a razón de 1 ml de dicho caldo en 25 ml de agua común. Esta mezcla fue aplicada al tocón y a la rizósfera a razón de 30 y 60 L/ha (1.5 ó 3 ml por planta), 5 días después de cada corte; y se estableció un tratamiento no inoculado como testigo. Se utilizaron parcelas de 12.5 m^2 con 25 plantas de morera en tres replicas distribuidas en bloques al azar. Las plantas de morera habían sido sembradas y cortadas durante dos años previos a la investigación. El intervalo de corte establecido fue 75 días en el periodo lluvioso y 90 días en el periodo seco. La altura de corte fue de 40 cm. En cada corte se midió el rendimiento de materia seca en la planta entera y en la fracción comestible en los tres surcos centrales de cada parcela, además se determinó el contenido de proteína bruta (PB) según AOAC (1995), así como la digestibilidad por el método de hidróxido de potasio (Kesting, 1977).

Los tratamientos fueron evaluados durante dos años. Cada año, al final del periodo lluvioso se hizo una aplicación de compost (estiércol vacuno + paja) a razón de 40 t/ha a todos los tratamientos.

Experimento 2:

Se aplicaron las mismas dosis de Azotobacter establecidas en el Experimento 1 a la parte foliar de las plantas de morera 25 días después de cada corte, además se añadió un tratamiento de aplicación foliar de urea a razón de 2 g por planta diluida en agua.

El resto de los procedimientos y mediciones fueron idénticas a los realizados en el Experimento 1.

Para el análisis estadístico de los resultados se utilizó el paquete estadístico SAS. 6.12.la comparación de las medias fue la prueba de Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la figura 1 se presenta la respuesta del cultivo a la aplicación del *Azotobacter* en el tocón y la rizosfera (Experimento 1). Se encontraron diferencias significativas ($p< 0.05$) en el rendimiento de biomasa total y comestible a favor de la aplicación de 60 L/ha (Ac_{60}) de *Azotobacter*, con un incremento respecto al testigo (Ac_0) de 60 y 50% del rendimiento de biomasa total y comestible, y de 16.4 y 12.3% comparado con el tratamiento de 30 l/ha (Ac_{30}) t MS/ha

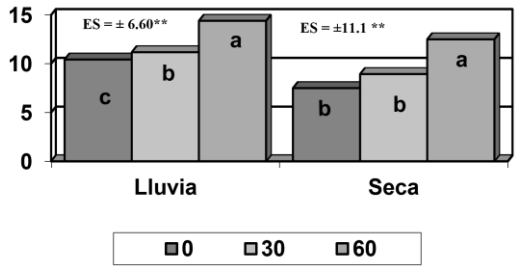


Figura 1. Efecto de la aplicación de *Azotobacter chroococcum* al suelo y tocón sobre los rendimientos (t MS/ha) en biomasa total y comestible (hojas y tallos tiernos).

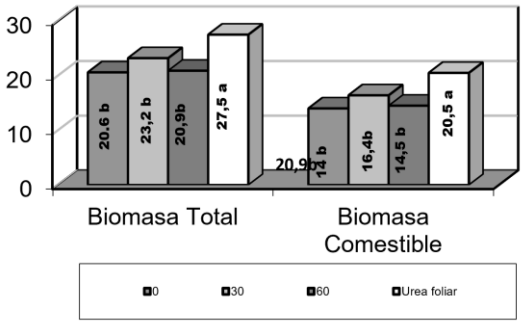


Figura 2. Efecto de la aplicación foliar de *Azotobacter chroococcum* y urea foliar sobre los rendimientos (t MS/ ha) de biomasa total y comestible en morera.

En la figura 2 se muestra la respuesta a la aplicación de Azotobacter ó urea foliar. Se obtuvieron diferencias significativas ($p< 0.05$) en el rendimiento de biomasa total y comestible a favor de la aplicación de urea foliar, sin diferentes significativas entre los tratamientos Ac_0, Ac_{30} y Ac_{60}. El tratamiento de urea foliar superó el promedio de los tratamientos con Azotobacter y el control en 27.3 y 36.7% para el rendimiento de biomasa total y comestible, respectivamente.

Al determinar los métodos de aplicación de biofertilizantes a base de *A. chroococcum* en Cuba, se aprovecharon los conocimientos existentes acerca del papel de la filosfera, y se comprobó que las aplicaciones foliares en las extensas plantaciones de cítricos del país, al utilizar el avión, eran de gran efectividad, (Martínez Viera y col., 1996), donde la aplicación foliar más 50% de N en toronja y naranja, los rendimientos del fruto fueron superiores que al aplicar 100% de N, toronja 9.7 y 26%, así mismo en naranja 32.5 y 73.9 % superior que 100% y 50% de nitrógeno contra 50 % N + Azotobacter chroococcum foliar. Para el caso de la aplicación foliar en Morera hubo una respuesta inicial, pero no tuvo repetitividad en el tiempo.

Se encontró, una respuesta en la fertilización foliar con urea que incrementó el valor de hasta 27.6 t MS/ha/Año con solo una aplicación de 23 kg/ha de urea después de cada corte. (115 kg N/ha/año)

Según Dibut et al. (1996) la aplicación del biofertilizante con la dosis completa de fertilizante nitrogenado no estimula la fijación de nitrógeno, porque bajo estas condiciones, las bacterias utilizan el que abundantemente tienen a su alcance, y no gastan energía en la fijación. No obstante, se observa un incremento del rendimiento por la acción de las sustancias activas

En la figura 3 se observa la influencia de la época del año sobre los rendimientos de biomasa comestible. En la misma se puede distinguir un equilibrio de los rendimientos por épocas para el tratamiento Ac_{60} con 54 y 46% para lluvia y seca respectivamente.

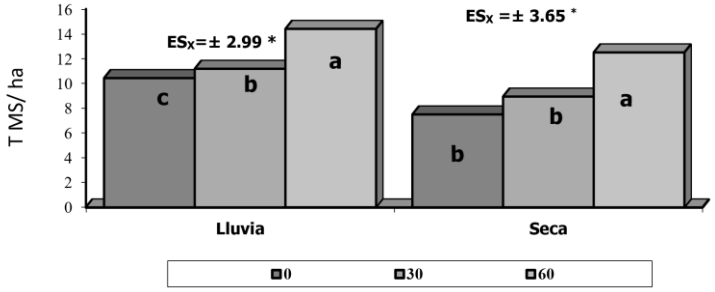


Figura 3. Influencia de la aplicación de Azotobacter chroococcum y la época en el rendimiento de biomasa total (t MS /ha).

El tratamiento de 60 l/ha de *A. chroococcum* fue significativamente superior ($p< 0.05$). En la época seca, la variante C_{30}, no fue significativamente diferente al testigo, pero los incrementos del rendimiento oscilaron entre 7.7, 12 y 12. 3% en el periodo lluvioso, período seco y anual, respectivamente. Al respecto, en estudios sobre niveles de aplicación de estiércol en plantaciones de morera, Benavides, Lachaux y Fuentes (1994) obtuvieron rendimientos de 22.4, 25.9, 28.9, 36.6 y 28.5t MS/ ha/año con 0, 240, 360y 480 kg. N/ha /año respectivamente.



En los resultados del presente trabajo el tratamiento control (C_0) fue superado por los tratamientos de C_{60} y C_{30} en 50.3 y 12.3 %, respectivamente. En cuanto a la aplicación foliar, la mejor respuesta fue para la Urea foliar, con diferencias significativas ($p< 0.05$) respecto al resto de las aplicaciones Fc_{60}, Fc_{30} y el tratamiento Fc_0.

Según Dibut (1996), las cepas de Azotobacter aplicada son capaces de suministrar hasta el 50% de los requerimientos de nitrógeno de las plantas mediante la fijación biológica, pero el costo energético para lograr esa fijación es muy alto. Las cepas cubanas de Azotobacter chroococcum sintetizan una variedad de sustancias biológicamente activas que estimulan el desarrollo y el rendimiento de los cultivos económicos. Los tipos de sustancias reguladoras del crecimiento más excretadas por *A. chroococcum* son*: Auxina, Giberélina y Citoquinínina (Eq. a Kinetina*), en el caso del presente resultado pudiera inferirse que el incremento del rendimiento fue favorecido más por la acción de estas hormonas que por la fijación de nitrógeno atmosférico.

En la tabla 1 se presentan los resultados bromatológicos de morera en ambas épocas por efecto de la aplicación de *A. chroococcum*. En el periodo seco hubo diferencias significativas $p<0.05$ en el contenido de proteína bruta (PB) de la biomasa total a favor de C_{30} y C_{60}. La aplicación de Azotobacter chroococcum no tuvo consecuencia sobre la digestibilidad de la materia seca.

Tabla 1. Efecto de la aplicación de *Azotobacter chroococcum* al suelo y tocón sobre el valor bromatología de la planta entera.

Tratamientos		C_0	C_{30}	C_{60}	ES
Seca	PB	13.5^b	15.2^a	15.0^a	0.40 *
	DMS	54.1	53.1	53.1	1.24 NS
Lluvia	PB	19.5	19.0	17.5	0.99 *
	DMS	67.5	67.7	66.9	1.42 NS

a,b,c medias con superíndices diferentes difieren significativamente $p<0.05$, según Turkey

En las tablas 2 y 3 se presentan los resultados de proteína bruta y digestibilidad de la materia seca debido al método de aplicación foliar de *Azotobacter chroococcum*. El periodo seco favoreció significativamente al tratamiento C30 y urea foliar, para $P<0.05$. La digestibilidad de la materia seca no presentó diferencias en ninguna época.

Según García (2003) los contenidos de proteína bruta en morera oscilan entre 14.7 y 15.6 % en la planta entera, y de 21.4 a 23.6 % en las hojas. La digestibilidad de la MS (DMS) aparece en el rango de 65.5 a 67.8% en periodo seco y de 70.2 a 66.7 % en el período lluvioso. En el presente trabajo la proteína bruta está dentro de los parámetros reportados por Martín y Col. (1999), Martin et al. (2000), García Soldevilla et al. (1999) y García Soldevilla y Col (1998); por lo que se considera que la aplicación de *Azotobacter chroococcum* foliar no tuvo influencias en el valor de la proteína bruta y la digestibilidad de la materia seca.

Tabla 3. Efecto de la aplicación de *Azotobacter chroococcum* y urea foliar sobre el valor bromatológico de la planta entera.

Tratamientos		C_0	C_{30}	C_{60}	Urea	ES
Seca	PB	12.8^{bc}	16.3^a	11.7^c	$14.1a^b$	0.68**
	DMS	49.4	56.6	50.2	52.1	3.38 NS
lluvia	PB	14.3	14.7	15.5	14.5	1.11 NS
	DMS	46.5	46.1	50.6	52.1	2.62 NS

a,b,c medias con superíndices diferentes difieren significativamente $p<0.05$, según Turkey

Tabla 4. Efecto de la aplicación foliar de *Azotobacter chroococcum* y urea foliar sobre el valor bromatológico de la hoja.

Tratamiento		C0	C30	C60	Urea F	ES
SECA	PB	18.8	19.9	17.3	18.9	0.79 NS
	DMS	57.6	56.1	57.6	57.7	1.48 NS
Tratamientos	C0	C30	C60	Urea	ES	1.41 NS
	DMS	62.9	63.7	65.2	63.6	1.91 NS

a,b,c medias con superíndices diferentes difieren significativamente $p<0.05$, según Turkey

CONCLUSIONES

1. Los rendimientos de biomasa se incrementaron por efecto de la aplicación del *Azotobacter* en el tocón y la rizosfera, a favor de la dosis de 60 L/ha.

2. La digestibilidad de la materia seca no mejoró con ninguno de los métodos ni niveles de aplicación de *A. chroococcum.*

3. La aplicación de urea foliar (115 Kg. N/ha) incremento el rendimiento en 33.4 y 46.2% para biomasa total y comestible respectivamente, comparable con 300 kg de nitrógeno /ha / año.

BIBLIOGRAFÍA

AOAC 1975. Oficial methods of analysis. 10 th Ed. Assoc. Office. Chem. Washing. D.C.

ASA 1996. System for Windows released 6.12 SAS Institute Inc. USA.

Benavides, J; Lachaux y Fuentes. 1994. Efecto de la aplicación de estiércol de cabra en el suelo sobre la calidad y producción de Biomasa de morera (Morus Sp). En: Seminario Centroamericano y del Caribe Sobre Agroforestería y rumiantes menores (San José. C.R.). Memorias Turrialba. C. R. Comisión Nacional para el Desarrollo de la Actividad caprina. : irr. Sin publicar.

Dibut B., R Seoane y R. Martínez Viera 1993. Efecto de la doble función de A. chroococcum sobre el cultivo del trigo en suelo Ferralítico Rojo. En Resúmenes del III Congreso Cubano de Ciencia del Suelo, p 57-59.

Dibut B., A. Rodríguez, A. Pérez y R. Martínez Viera 1996: Efecto de la doble función de Azotorysa sobre el plátano (Musa sp.). Infomusa, 5(1): 20-23 ().

Duncan, D. B. 1955. Multiple range and multiple F tests. Biométrica 11:1.

García Soldevilla F. A L; R. Fernández, 1998: Resultado de la evaluación de la morera (Morus alba) en la unidad de investigaciones del IPA Villena Revolución. In: Fórum de Ciencia y Técnica Provincial. C. Habana Cuba. sept. Resumen.

García Soldevilla, F. A L; Fernández, R y Mompié, B.1999. Influencia de la frecuencia de corte sobre los rendimientos y valor Bromatológico de la morera (Morus alba). En: I Taller Internacional de morera. Posibilidades y Usos. EEPF "Indio Hatuey". Matanzas. Cuba. (14-16 Nov. 1999).

García Soldevilla, F. A L; Fernández, R. 2002: Efecto de la sustitución de concentrado por follaje de morera (Morus alba var cubana) sobre las ganancias medias diarias de terneras en desarrollo. En: V Taller Internacional sobre Utilización de Sistemas silvopastoriles para la producción Animal Y 1ra. Reunión Regional de Morera planta multipropósito". Centro de Convenciones Plaza América". Varadero. Cuba. (30 Sept. a 4 Oct.2002) Memorias en soporte electrónico.

García Soldevilla. F. A L: Estudios agronómicos de la morera (Morus alba). Tesis por el Grado de Maestro en Ciencia de Pastos y Forrajes. 28 de Diciembre 2004. Universidad Matanzas. EEPF "Indio Hatuey". 2004.

Kesting, U. 1977. Vorgtragstagung geseelchaftt f⎫ r Tierernhrung der DDR. Secktion. Tierernrung. Durmmerstorf, 1: 36. Leaves. Indian Journal of Dairy Science. 15: 21.

Lamelas, C.; Pérez, J.; I, Alfonso, R. García; L. Soto; H. Vázquez; J. Rodríguez; F. García; M. Rivera; E. Sánchez y P. Villa. 2006. Agricultura Agroecológica: Un cambio necesario. XV Congreso Científico Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. 7 al 10 de Noviembre 2006. Cuba. p 71-72. Resumen.

Martínez Viera, R. y Dibut, B. 1996. Los biofertilizantes como pilares básicos de la Agricultura Sostenible. En Curso Taller Gestión medio ambiental de Desarrollo Rural, p. 62-81

Martin, G.; Hernández, J.C.; García, E.; Benavides, J.E. 1999. Estudio del efecto de la altura y frecuencia de corte sobre la producción de biomasa en morera (Morus alba). En: I Taller Internacional de morera (Morus alba) Posibilidades y Usos. Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey". Matanzas. Cuba: 14-16 Noviembre.

Martín, G.; García Soldevilla, F. A. L.; Reyes, F.; Hernández, I.; González, T. y Milagros Milera 2000. Estudios agronómicos realizados en Cuba en Morus alba. Rev. Pastos y Forrajes EEPF "Indio Hatuey" Matanzas, Cuba.23 (4): 323 octubre – diciembre

Ana Primavesi 1982. Manejo ecológico del suelo. La agricultura en regiones tropicales. Quinta Edición. Editorial el ateneo, Buenos Aires. P 499.

TAC-CGIAR 1988: Sustainable agricultural production: Implications for international agricultural research, Berlin





SE-30. El vermicompostaje como técnica de ingeniería ecológica y de economía circular para mejorar la sostenibilidad de los viñedos y la salud del suelo y las vides
Vermicomposting as an ecological engineering and circular economy technique to improve the sustainability of vineyards and the health of soil and vines

J. Domínguez Martín[1]*; A. Castillo Zamora*[2]

[1]Grupo de Ecoloxía Animal (GEA), Departamento de Ecoloxía e Bioloxía Animal. Universidade de Vigo, E-36310 Vigo, España.

[2]Laboratorio de Investigación y Desarrollo de Soluciones Analíticas (LIDSA), Departamento de Química Analítica, Nutrición y Bromatología, Universidade de Santiago de Compostela, E-15782, España.

*Correspondencia a: jdguez@uvigo.es

RESUMEN

La brecha entre los altos rendimientos agrícolas y la sostenibilidad de los ecosistemas solo puede cerrarse mediante cambios significativos en los procesos ecosistémicos. Mientras que los métodos de la revolución verde se centran en intervenciones externas, la gestión interna de los ecosistemas tiene un potencial significativo para mejorar el rendimiento del sistema con un menor impacto medioambiental. Los viñedos suelen gestionarse de forma intensiva para maximizar la producción de vino, lo que conduce a una reducción de la biodiversidad y fertilidad del suelo y problemas medioambientales como cambios en la producción primaria y el ciclo de los nutrientes, disminución de la biodiversidad en la superficie, alta erosión del suelo, eutrofización y contaminación de las aguas subterráneas, y calentamiento global. Este estudio ofrece una visión general de cómo las lombrices y el vermicompostaje pueden apoyar la economía circular y la agricultura sostenible mediante la creación de un ciclo integrado que convierte los subproductos de la industria vinícola local en vermicompostaje utilizable como biofertilizante y mejorador del suelo en los viñedos. Se presentan los resultados de un estudio a largo plazo en el que se procesaron los orujos de uva de la producción de vino blanco y tinto en vermireactores a escala piloto, y el vermicompost resultante se aplicó en diversas formulaciones sólidas y líquidas a las vides de los mismos viñedos donde se cosecharon las uvas. Se supervisaron los efectos sobre el suelo de los viñedos y las vides a lo largo de varias temporadas de cultivo en dos zonas biogeoclimáticas diferentes con orígenes distintos de las uvas. Se comparó el vino producido a partir de uvas fertilizadas con vermicompost derivado de orujo de uva con el vino estándar de las bodegas. Los resultados de esta investigación tienen importantes implicaciones para orientar a la industria vinícola hacia una economía circular y una viticultura sostenible y regenerativa.

Palabras clave: *Agricultura sostenible, Biofertilizante, Biopesticidas, Subproductos vinícolas, Vermicompost.*

ABSTRACT

The gap between high agricultural yields and ecosystem sustainability can only be closed through significant changes to ecosystem processes. While green-revolution methods primarily focus on external interventions, internal ecosystem management has significant potential to enhance system performance with reduced environmental impacts. Vineyards are typically managed intensively to maximize wine production, which leads to reduced soil biodiversity, lower soil fertility, and environmental issues such as shifts in primary production and nutrient cycling, decreased aboveground biodiversity, high soil erosion, eutrophication, and groundwater contamination, and global warming. This study offers an overview of how earthworms and vermicomposting can support a circular economy and sustainable agriculture by creating an integrated cycle that converts byproducts from the wine industry locally into vermicompost usable as a biofertilizer and soil enhancer in vineyards. Results from a long-term study where grape marc from white and red wine production was processed in pilot-scale vermireactors, and the resulting vermicompost was applied in various solid and liquid formulations to grapevines in the same vineyards where the grapes were harvested are presented. The effects on vineyard soil and grapevines were monitored across multiple crop seasons in two different biogeoclimatic zones with distinct origins of the grapes. Wine produced from grapes fertilized with vermicompost derived from grape marc was compared to standard wine from the wineries. The findings from this research have significant implications for guiding the wine industry toward a circular economy and a sustainable, regenerative viticulture.

Key words: *Biofertiliser, Biopesticides, Sustainable agriculture, Vermicompost, Winery by-products.*

INTRODUCCIÓN

La uva es el cultivo frutícola más importante del mundo, con más de 7 millones de hectáreas de superficie cosechada y una producción mundial anual de alrededor de 80 millones de toneladas, de las cuales aproximadamente el 50 % se destina a la elaboración de vino (OIV, 2023).

El sector vitivinícola es muy importante desde el punto de vista económico, social y medioambiental. La elaboración del vino genera anualmente millones de toneladas de orujo de uva como subproducto.

El orujo de uva (también conocido como bagazo y pulpa) está compuesto por la piel, la pulpa y las semillas que quedan después de prensar las uvas para obtener el mosto para la elaboración del vino. Es un recurso valioso y se utiliza para producir etanol, aceite de semilla de uva, compuestos bioactivos y piensos para animales.

También se puede utilizar como enmienda orgánica del suelo rica en nutrientes; sin embargo, cuando se aplica al suelo sin un tratamiento previo, puede dañar los cultivos debido a su acidez y alto contenido en polifenoles fitotóxicos. La acumulación excesiva de estos residuos en momentos concretos y en zonas específicas es problemática, ya que da lugar a una gestión inadecuada, que incluye la eliminación incontrolada, el vertido en los campos sin tratamiento previo, la quema y otras soluciones perjudiciales para el medio ambiente (Domínguez et al., 2017).

Los viñedos suelen gestionarse de forma intensiva para maximizar la producción de vino, lo que reduce la biodiversidad del suelo, disminuye su fertilidad y provoca problemas medioambientales como cambios en la producción primaria y el ciclo de los nutrientes, reducción de la biodiversidad aérea, altas tasas de erosión del suelo, eutrofización y contaminación de las aguas subterráneas y calentamiento global (Tilman et al., 2002; Visconti et al 2024)

Sin embargo, los niveles de producción son más bajos en la mayoría de los sistemas sostenibles que en los sistemas intensivos, por lo que deben optimizarse.

La discrepancia entre los altos rendimientos agrícolas y la sostenibilidad de los ecosistemas solo puede superarse mediante modificaciones importantes de los procesos ecosistémicos.

El vermicompostaje es un proceso de biooxidación en el cual algunas especies detritívoras de lombrices de tierra interactúan de forma intensa con los microorganismos, afectando de forma drástica los procesos de descomposición, acelerando la estabilización de la materia orgánica y modificando de forma sustancial las propiedades físicas, químicas y biológicas de la misma (Domínguez et al., 2004, 2010).

El vermicompost, producto final del vermicompostaje, es un material biológicamente estable, muy fino y poroso, con una alta capacidad de retención de agua, una baja relación C/N y un alto contenido en nutrientes. También contiene comunidades microbianas complejas que tienen una amplia gama de efectos beneficiosos sobre el sistema suelo-planta (Domínguez et al., 2019).

Se ha demostrado que el vermicompost y sus derivados líquidos aumentan el crecimiento y la productividad de muchos cultivos. En una ya buena cantidad de estudios experimentales se ha demostrado que el vermicompost incrementa el crecimiento y la productividad de muchos cultivos hortícolas, como el tomate (Atiyeh et al., 2001; Hashemimajd et al., 2004; Gutiérrez-Miceli et al., 2007; Lazcano et al., 2009), los pimientos (Arancon et al., 2005), los ajos (Argüello et al., 2006), las fresas (Arancon et al., 2004); en cereales como el maíz dulce (Lazcano et al., 2011), el sorgo (Reddy y Ohkura 2004; Sunil et al., 2005) y el arroz (Bhattacharjee et al., 2001); plantas medicinales (Anwar et al., 2005; Prabha et al. 2007); leguminosas como el garbanzo verde (Karmegam et al., 1999); gramíneas como el sorgo; plantas aromáticas como la albahaca (Anwar et al., 2005); frutales como el plátano (Cabanas et al., 2005) y la papaya (Acevedo y Pire 2004); plantas ornamentales como geranios (Chand et al., 2007), tagetes (Atiyeh et al., 2002), petunias (Arancon et al., 2008), crisantemos (Hidalgo y Harkess 2002a) y flores de pascua (Hidalgo y Harkess 2002b; Lazcano y Domínguez 2011).

Estos efectos se producen independientemente de los nutrientes aportados y pueden deberse a mecanismos biológicos derivados de la actividad microbiana asociada (Domínguez et al., 2019).

Partiendo de estas premisas, en 2012 iniciamos el actual proyecto «EWINE», en el que se estudia la actividad combinada y sinérgica de las lombrices y los microorganismos durante el vermicompostaje para desarrollar un ciclo integrado que permita convertir los subproductos generados por la industria vinícola en los viñedos y en las bodegas en vermicompost, un excelente que se aplica a los viñedos como tratamiento bioestimulante del suelo y las plantas (Figura 1).



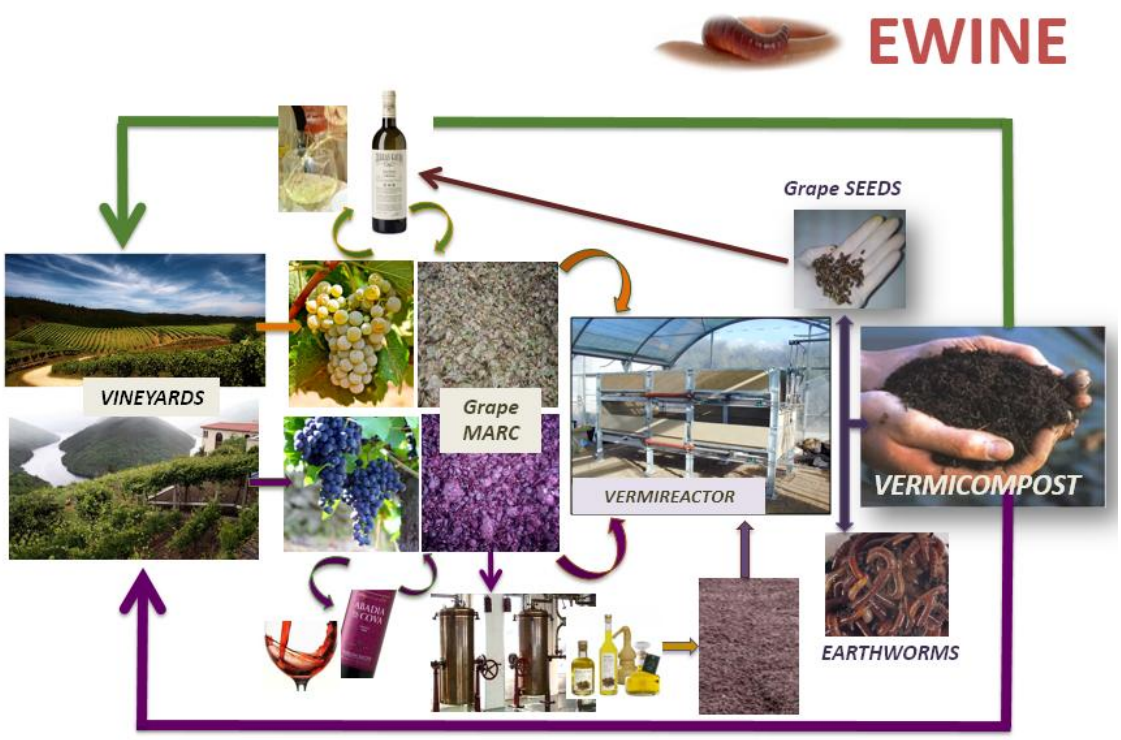


Figura 1. Resumen esquemático del proyecto «EWINE», iniciado en 2012, y diseñado para cerrar un ciclo que convierte orujo o bagazo de uva en vermicompost, que luego se aplica a los viñedos como bioestimulantes para el suelo y las vides, que mejora la salud del suelo y las plantas y finalmente da lugar a vinos más naturales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se aplicó y estudió el vermicompostaje a escala piloto de los subproductos residuales generados en la industria vitivinícola (principalmente bagazo y bagazo destilado de uvas blancas y tintas) con el objetivo de producir un vermicompost de alta calidad que cumpla los requisitos exigidos por la legislación que regula la producción de fertilizantes en general, y la agricultura sostenible, ecológica y orgánica en particular. Se estudiaron los efectos biofertilizantes y biopesticidas del vermicompost en viñedos de dos zonas geográficas diferentes y dos denominaciones de origen distintas.

El orujo de uva crudo y destilado procedente de variedades de vino blanco (*Vitis vinifera* var. Albariño) y tinto (*Vitis vinifera* var. Mencía) se procesó en vermireactores a escala piloto. Para el proceso de vermicompostaje se empleó la lombriz de tierra *Eisenia andrei*, la especie de lombriz más común en el vermicompostaje en todo el mundo.

El proceso dio como resultado un fertilizante orgánico de alta calidad, libre de polifenoles, y semillas de uva. La densidad y estructura de la población de lombrices y la biomasa de lombrices se supervisaron o determinaron mensualmente. Se recogieron periódicamente muestras del orujo de uva procesado y del vermicompost siendo almacenadas a -20 ºC para su posterior análisis.

Dentro de los parámetros fisicoquímicos se determinó la temperatura del bagazo de uva y vermicompost mediante un termómetro digital, así como su humedad mediante el método gravimétrico por pérdida de peso a 105°C durante 24 horas. El contenido de materia orgánica se determinó por pérdida de peso de la muestra seca tras su calcinación a 550 ± 50 ºC durante 4 horas en un horno-mufla. El pH y la conductividad eléctrica se midió luego de la extracción de las muestras con agua destilada en proporción 1:20 (peso fresco: volumen), con un pH-metro y un conductivímetro digital.

Para el análisis del perfil fenólico de las muestras, estas fueron pretratadas mediante molienda, tamizado y posterior secado para ser extraídas mediante disolventes presurizados (PSE, Pressurized Solvent Extraction). Como disolvente de extracción se utilizó la mezcla metanol: agua 63:37, donde los eluatos obtenidos en la extracción se enrasaron a 25 ml con metanol, se filtraron mediante filtros de 0,45 µm y se mantuvieron a -20 ºC hasta el momento de su análisis.

El contenido polifenólico total fue determinando mediante el ensayo de Folin- Ciocalteu para la determinación del índice polifenólico total (IPT) siguiendo el procedimiento descrito por Singleton y Rosi, 1965. Brevemente se mezcló 5 ml de la muestra (extracto PSE) diluida en agua, 100 µl del reactivo Folin & Ciocalteu y 1 ml de una disolución de carbonato sódico al 20%. Luego de 30 min su absorbancia es medida a los 760 nm. Los resultados fueron expresados como equivalentes de ácido gálico ($mgGAE \cdot L^{-1}$).

Para el perfil fenólico individual, todos los extractos obtenidos mediante PSE se analizaron mediante cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) utilizando un equipo Varian Prostar equipado con detector de arreglo de diodos (DAD) y una columna Waters Nova-Pak C18 (3,9 × 150 mm), con tamaño de partícula de 4 µm y poro de 60 Å. Las fases móviles consistieron en A: agua y B: metanol, ambas acidificadas con 1 % de ácido fórmico. El tiempo total de adquisición fue de 45 minutos, con un flujo constante de 1 $mL \cdot min^{-1}$ y temperatura de columna de 50 °C. El gradiente de elución se aplicó de la siguiente manera (H_2O:Metanol: tiempo en min): 95:5 a 0 min, 80:20 a 5 min, 75:25 a 10 min, 75:25 a 25 min, 0:100 a 35 min, regresando a las condiciones iniciales (95:5) a 40 min y manteniéndose hasta 45 min.

También se han estudiado los efectos de las lombrices de tierra en el proceso y los cambios durante el vermicompostaje de parámetros biológicos importantes en las comunidades microbianas del orujo de uva, como su abundancia, composición, estructura, diversidad y actividad. La actividad microbiana se evaluó mediante la respiración, midiendo el consumo de oxígeno con el sistema OxiTop® (WTW, RFA) según la norma DIN ISO 16072. Para ello, se incubaron 5 g de muestra fresca durante 4 días en oscuridad a temperatura ambiente. El O_2 consumido fue proporcional a la caída de presión registrada por el sensor, tras la captura del CO_2 liberado en NaOH. Con estos datos, y considerando la masa y el contenido de sólidos totales y volátiles, se calculó la tasa de respiración.

El vermicompost derivado de las diferentes variedades de vino se aplicó en formulaciones sólidas y líquidas a las vides de los viñedos donde se cosecharon las uvas para elaborar el vino y se obtuvieron los orujos.

Los efectos del vermicompost en el suelo del viñedo y en las vides se han estudiado durante 8 años de cultivo (2014-2022) en viñedos de dos denominaciones de origen diferentes en dos zonas biogeoclimáticas: Rías Baixas, una Denominación de Origen Protegida (DOP) española para vinos situada en el suroeste de Galicia (España) y Ribeira Sacra, una DOP para vinos del sur de la provincia de Lugo y del norte de la provincia de Ourense, Galicia (España).

Para el análisis del desarrollo de los viñedos mediante la aplicación de vermicompost sólido y líquido, se describe el proceso brevemente. Se marcaron un total de 240 cepas de vid, 120 cepas se marcaron como control y no se les aplicó ningún tipo de tratamiento, 60 cepas fueron marcadas y se trataron con una cantidad constante de vermicompost sólido y otras 60 con vermicompost líquido. El tratamiento con vermicompost líquido se realizó en tres periodos diferentes del ciclo vital de la planta (brotación, floración y envero)

Para el análisis de la aplicación de un spray foliar a partir del vermicompost sólido se describe el proceso brevemente. Se marcaron un total de 69 cepas de vid. De ellas, 23 cepas de vid se marcaron como control y no se les aplicó ningún tipo de tratamiento. Otras 23 cepas se marcaron y trataron con spray foliar (obtenido tras un proceso de optimización a partir del vermicompost sólido) y 23 cepas más se marcaron y trataron con el tratamiento fitosanitario normal de la bodega. Los tratamientos se aplicaron a toda la parte aérea de la planta y se realizaron cada 15 días. En cada día de aplicación se realizó una inspección visual de las hojas y las plantas y se recogieron datos de la evolución de infecciones por mildiú en todas las cepas del estudio.

Los experimentos en viñedo se llevaron a cabo en el viñedo comercial de Albariño Terras Gauda, situado en O Rosal, Pontevedra (*Vitis vinifera* Albariño, DOP Rías Baixas), y en el viñedo comercial de Mencía Adegas Moure, situado en A Cova, O Saviñao, Lugo (*Vitis vinifera* Mencía, DOP Ribeira Sacra).

En las bodegas donde se realizaron los experimentos en los viñedos, se elaboró vino a partir de uvas fertilizadas con vermicompost derivado de orujo de uva. Terras Gauda (Albariño) y Adegas Moure (Mencía) elaboraron vinos con uvas procedentes de viñas fertilizadas con vermicompost derivado de orujo de uva, y vinos de control elaborados con uvas procedentes de viñas de la misma parcela experimental pero no tratadas con vermicompost. Por lo demás, ambos vinos se elaboraron siguiendo los mismos procedimientos estándar de las bodegas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Vermicompostaje de orujo o bagazo de uva

El vermicompostaje redujo sustancialmente (entre un 50 y un 70 %) la biomasa del orujo de uva, y el proceso produjo un material rico en nutrientes (Tabla 1), microbiológicamente activo y estabilizado, similar a la turba, que se separa fácilmente de las semillas mediante tamizado. La separación y eliminación de las semillas elimina la fitotoxicidad residual asociada a los polifenoles en el vermicompost.

Las semillas pueden procesarse fácilmente para obtener extractos ricos en polifenoles y aceite de semillas rico en ácidos grasos. Además, el proceso de vermicompostaje produce grandes cantidades de lombrices que pueden procesarse como cebo para peces y como fuente de proteínas para la alimentación animal (Cortés et al., 2020).

La eficacia del vermicompostaje como solución económica y respetuosa con el medio ambiente para el tratamiento y la valorización del orujo de uva crudo y destilado, junto con una caracterización detallada del vermicompost final, incluidas sus propiedades químicas, bioquímicas y microbiológicas, se ha presenta con detalle en varios trabajos publicados por el grupo de investigación GEA de la Universidad de Vigo en España (Almeida et al., 2020; Domínguez et al., 2016, 2017; Gómez-Brandón et al., 2019, 2020, 2021, 2022; Kolbe et al., 2019).

Tabla 1. Caracterización física-química del vermicompost utilizado.

Composición del Suelo	Concentración (g·kg^{-1} peso seco)	Desviación (±)
Materia Orgánica	750	3,4
Carbono	376	1,47
Nitrógeno	29,6	0,13
Fósforo	8,4	0,32
Potasio	11,4	0,65
Calcio	22,5	0,66
Magnesio	3,82	0,04
Azufre	6,06	0,05
Hierro	8,0	0,28
Manganeso	1,75	0,01
Boro	0,0054	0,00011
Molibdeno	0,0248	0,00023
Lignina	323	2,4
Celulosa	58	10,4
Hemicelulosa	30,6	0,54
Polifenoles Totales	12,5	0,70

Efectos de la aplicación del vermicompost de orujo de uva en los viñedos

La fertilización con vermicompost mejoró significativamente la producción de uva, como es evidenciado en el caso de estudio (Figura 2) tanto para la aplicación del vermicompost líquido como sólido. Este mismo patrón se comprobó en las dos denominaciones de origen y en las dos zonas biogeoclimáticas. Hemos recopilado datos de nueve añadas o cosechas entre 2014 y 2022, y aunque los resultados varían en función del año, la región, la variedad de uva y la edad de las plantas, en todos los casos las vides tratadas con vermicompost produjeron significativamente más uva que las vides no tratadas con vermicompost.

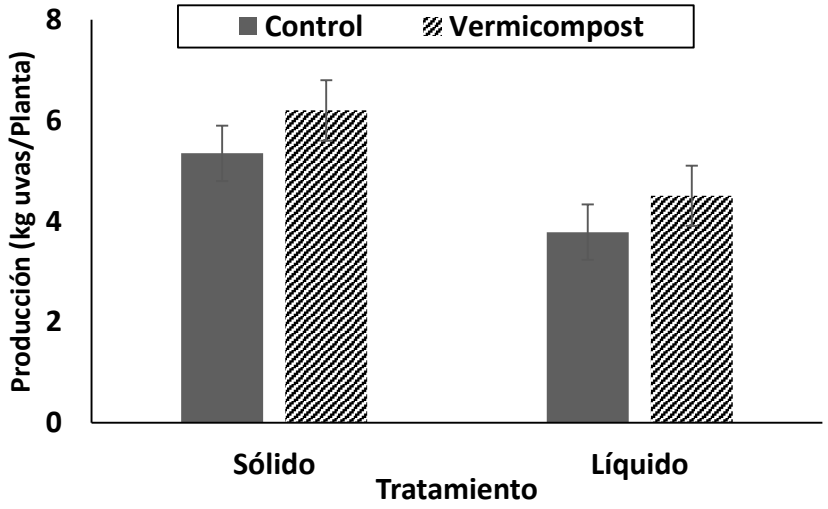


Figura 2. Caso de estudio del efecto de la aplicación del vermicompost sólido y líquido en la producción de uva.

El análisis visual de múltiples cepas de vid a lo largo de distintas cosechas reveló un efecto protector del spray foliar elaborado a partir de vermicompost sólido, actuando como biofertilizante. Durante las etapas de crecimiento de la uva en los viñedos, las cepas sin tratar mostraron un mayor desarrollo de síntomas de infección por mildiu (Figura 3), mientras que el tratamiento con el spray foliar redujo su aparición a niveles comparables a los obtenidos con la aplicación de pesticidas convencionales utilizados por los viticultores.

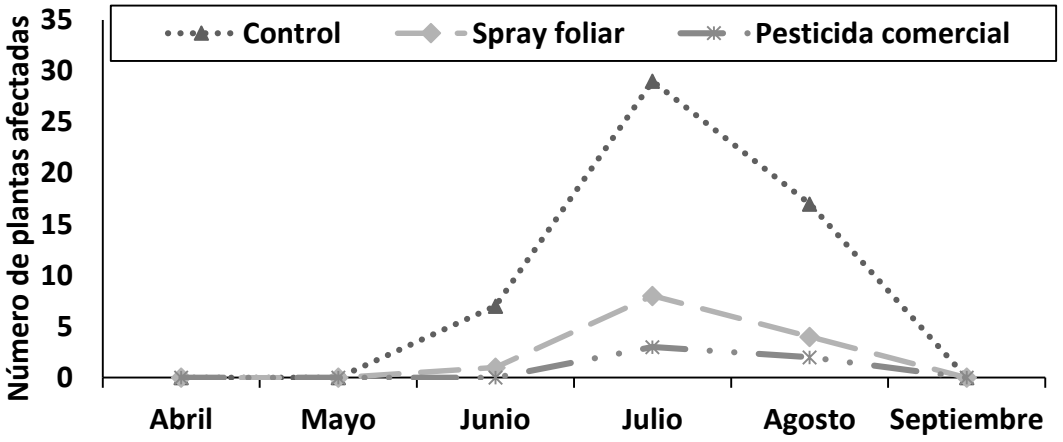


Figura 3. Efecto de la aplicación de los distintos tratamientos fitosanitarios en el número de plantas afectadas por mildiu durante el periodo vegetativo en las cepas de la vid.

Las catas a ciegas realizadas en ambas bodegas revelaron diferencias notables en las propiedades organolépticas (por ejemplo, mayor complejidad, expresión, frescura y equilibrio en general, con mejor intensidad visual y persistencia del sabor), lo que llevó a que el vino elaborado con uvas de las vides tratadas obtuviera mejores calificaciones y críticas.

Utilizamos enfoques metataxonómicos para caracterizar la bacteriota y la micobiota del mosto y el vino terminado de las vides Albariño y Mencía tratadas con vermicompost derivado de orujo de uva y controles (fertilización estándar) durante dos años consecutivos. Encontramos diferencias estadísticamente significativas e importantes en la composición, la estructura y las funciones metabólicas previstas de la microbiota (Rosado et al., 2022a, 2022b).

Nuestros hallazgos sugieren un importante papel beneficioso de la suplementación con vermicompost en los viñedos, mejorando la productividad de la uva y la calidad del vino.

La investigación ha dado lugar a importantes avances en la aplicación de tecnologías de vermicompostaje en el sector vitivinícola.

Las dos bodegas en las que se han realizado los experimentos han construido vermireactores y actualmente procesan todo su orujo mediante vermicompostaje y aplican el vermicompost a los viñedos.

CONCLUSIONES

El vermicompostaje es una alternativa real de economía circular para el aprovechamiento de subproductos de la agricultura y la industria alimenticia que mejora la sostenibilidad de procesos y agroecosistemas, y que mejora la salud del suelo y de las plantas. El producto final del vermicompostaje, conocido como vermicompost o humus de lombriz, aporta una gran diversidad de microorganismos y nutrientes más fácilmente asimilables para las plantas. El vermicompost rico en nutrientes aumentó la capacidad de producción en los viñedos donde fue incorporado, lo que minimiza la necesidad de utilizar fertilizantes sintéticos comerciales.

En este caso particular, esta técnica se ha aplicado con éxito en el marco de una economía circular dentro del sector vitivinícola. Los viñedos comerciales producen un subproducto industrial denominado orujo de uva, que es el residuo resultante de la piel, la pulpa y las semillas de la uva después de su procesamiento para la elaboración de vino. El orujo de uva ya se utiliza como enmienda orgánica del suelo, pero su alta acidez y su contenido en polifenoles fitotóxicos lo hacen inadecuado como fertilizante sin un procesamiento previo. El vermicompostaje del orujo de uva ha creado una solución económica para procesar un subproducto industrial disponible en abundancia. La fertilización con vermicompost no solo mejoró significativamente la producción de uva, sino que las uvas cosechadas y el vino resultante fueron de muy alta calidad.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha recibido financiación del Ministerio de Ciencia, Innovación y universidades del gobierno de España dentro del marco del proyecto de investigación "REBIOVINES_Nuevas técnicas de aplicación e investigación de la actividad bioestimulante del vermicompost procedente de subproductos de la vinificación obtenidos mediante un proceso circular y sostenible - (CPP2023-010797)", y de la Xunta de Galicia, dentro del Programa de consolidación e estructuración de unidades de investigación competitivas. Grupos de Referencia Competitiva (GRC) (ED431C 2022/07).

Todo este trabajo no habría sido posible sin la participación de Hugo Martínez Cordeiro y Alberto Da Silva Sieiro, que durante todos estos años han trabajado activamente en los experimentos de invernadero y de campo, en la recopilación de datos y en el procesamiento y análisis de muestras.

También agradezco a los viticultores de Terras Gauda y Adegas Moure, y en particular a Emilio Canas y Evaristo Rodríguez, por permitirnos acceder a sus viñedos y bodegas y por su colaboración e interés continuos en la aplicación del vermicompostaje en las bodegas a largo plazo dentro del proyecto EWINE.

BIBLIOGRAFÍA

Almeida, N., Seminoti, R., Antoniolli, Z.I., Martínez-Cordeiro, H., Domínguez, J. 2020. Changes in the chemical and biological characteristics of grape marc vermicompost during a two-year production period. Applied Soil Ecology 154, 103587.

Cortés, A., Feijoo, G., Domínguez, J., Lores, M., Moreira, M. 2020. Unraveling the environmental impacts of bioactive compounds and organic amendment from grape marc. Journal of Environmental Management 272, 1-9.

Domínguez, J. 2004. State of the art and new perspectives on vermicomposting research. En: CA Edwards (Ed.) Earthworm Ecology (2nd edition). CRC Press LLC, pp. 401-424.

Domínguez, J. 2023. State-of-the-Art and New Perspectives on Vermicomposting Research: 18 Years of Progress. En: Mupambwa, H.A., Horn, L.N., Mnkeni, P.N.S. (Eds.) Vermicomposting for Sustainable Food Systems in Africa. Sustainability Sciences in Asia and Africa. Springer, Singapore, pp. 27–44.

Domínguez, J., Aira, M., Gómez-Brandón, M. 2010. Vermicomposting: earthworms enhance the work of microbes. En: Heribert Insam, Ingrid Franke-Whittle, Marta Goberna (Eds.) Microbes at work: from wastes to resources. Springer, Berlin Heidelberg, pp. 93-114.

Domínguez, J., Sanchez Hernandez, J.C., Lores, M. 2016. Earthworms and Grape Marc: Simultaneous Production of a High-Quality Biofertilizer and Bioactive-Rich Seeds. En: Antonio Morata and Iris Loira (Eds.), Grape and Wine Biotechnology, Intech Open Science. Rijeka, Croacia, pp. 167-183.

Domínguez, J., Sanchez Hernandez, J.C., Lores, M. 2017. Vermicomposting of Winemaking By-Products. En: Charis M. Galanakis (Ed.), Handbook of Grape Processing By-Products: Sustainable Solutions, Academic Press, Elsevier. London, pp. 55-78.

Domínguez, J, Aira, M, Kolbe, AR, Gómez, M and Pérez Losada, M. 2019. Changes in the composition and function of bacterial communities during vermicomposting may explain the beneficial properties of vermicompost. Scientific Reports 9, 9657.

Gómez-Brandón, M., Lores, M., Insam. H., Domínguez, J. 2019. Strategies for recycling and valorization of grape marc. Critical Reviews in Biotechnology 39, 437-450.

Gómez-Brandón, M., Lores, M., Martínez-Cordeiro, H., Domínguez, J. 2020. Effectiveness of vermicomposting for bioconversion of grape marc derived from red winemaking into a value-added product. Environmental Science and Pollution Research 27, 33438-33445.

Gómez-Brandón, M., Martínez-Cordeiro, H., Domínguez, J. 2021. Changes in the nutrient dynamics and microbiological properties of grape marc in a continuous-feeding vermicomposting system. Waste Management 135, 1-10.

Gómez-Brandón, M., Fornasier, F., de Andrade, N., Domínguez, J. 2022. Influence of earthworms on the microbial properties and extracellular enzyme activities during vermicomposting of raw and distilled grape marc. Journal of Environmental Management 319, 115654.

Gómez-Brandón, M., Lores, M., Domínguez, J. 2023. Recycling and valorization of distilled grape marc through vermicomposting: a pilot-scale study. Journal of Material Cycles and Waste Management 25, 1509-1518.

Kolbe, A.R., Aira, M., Gómez-Brandón, M., Pérez-Losada, M., Domínguez, J. 2019. Bacterial succession and functional diversity during vermicomposting of white grape marc (*Vitis vinifera* v. Albariño). Scientific Reports 9, 7472.

Lazcano, C., Domínguez, J. 2011. The use of vermicompost in sustainable agriculture: impact on plant growth and soil fertility. En: M. Miransari (Ed.) Soil Nutrients. Nova Science Publishers, New York, pp. 230-254.

Organización Internacional de la Viña y el Vino (OIV). *Annual assessment of the world vine and wine sector in 2023*. 2023. Disponible en: oiv.int/sites/default/files/documents/Annual_Assessment_2023_0.pdf

Rosado, D., Ramos-Tapia, I., Crandall, K.A., Pérez-Losada, M., Domínguez, J. 2022a. Grapevine treatment with bagasse vermicompost changes the microbiome of Albariño must and wine and improves wine quality. OENO One 56, 209-220.

Rosado, D., Lores, M., Ramos-Tapia, I., Crandall, K.A., Pérez-Losada, M., Domínguez, J. 2022b Integrated fertilization with bagasse vermicompost changes the microbiome of Mencía must and wine. Fermentation 8, 357.

Singleton, V.L., Rossi, J.A. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. Am. J. Enol. Vitic 16, 144–58.

Tilman, D, Cassman, K.G., Matson, P.A., Naylor, R., Polasky, S. 2002. Agricultural sustainability and intensive production practices. Nature 418, 671–677.

Visconti, F., López, R., Olego, M.Á. 2024. The Health of Vineyard Soils: Towards a Sustainable Viticulture. Horticulturae, 10, 154.



SE-31. Estructura ecológica, valor nutricional y almacenamiento de carbono en sistemas silvopastoriles y convencionales en la región amazónica del Perú
Ecological structure, nutritional value, and carbon storage in silvopastoral and conventional systems in the peruvian amazon region

G Romero Delgado[1]; W Altamirano Gutiérrez [1]; R Zárate Díaz[1]; M Durand Chavez[2]; C Gómez Bravo[1]

[1]Departamento Académico de Nutrición, Facultad de Zootecnia, Universidad Nacional Agraria La Molina – La Molina 15024, Lima, Perú.

[2]Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), Lima, Perú

*Correspondencia a: cagomez@lamolina.edu.pe

RESUMEN

El objetivo del estudio realizado en la región amazónica peruana fue evaluar el efecto del establecimiento de sistemas silvopastoriles (SSP) y contrastarlo con sistemas convencionales de solo pastura (SC) sobre la producción de forraje, el valor nutricional y el almacenamiento de carbono. Inicialmente, se caracterizaron las fincas ganaderas. Luego de esta evaluación, se seleccionaron cuatro fincas para implementar sistemas silvopastoriles en una parcela (aproximadamente 0,5 ha) por agricultor. Estos sistemas combinan *Urochloa brizantha* con *Leucaena leucocephala* y árboles maderables como Bolaina (*Guazuma ulmifolia*), Paliprro (*Iconia barbeyana Cogniaux*), Capirona (*Calycophyllum spruceanum*) y Caoba (*Swietenia macrophylla*). Posteriormente, se evaluó la estructura ecológica, el valor nutricional y el almacenamiento de carbono tanto en las áreas establecidas de SSP como en los potreros SC adyacentes dentro de cada finca (sin intervención), donde *Urochloa brizantha* fue la especie predominante. El sistema silvopastoril multipropósito (SSP) presentó una mayor proporción de especies forrajeras productivas y mayor disponibilidad de forraje, mientras que el sistema silvopastoril multipropósito (SC) mostró una mayor presencia de malezas y suelo desnudo. *Leucaena leucocephala* presentó un contenido de proteína cruda y una digestibilidad in vitro de la materia seca significativamente mayores, junto con un menor contenido de fibra, en comparación con *Urochloa brizantha*, especie presente en ambos sistemas. Además, el sistema silvopastoril multipropósito mostró una tendencia hacia una mayor acumulación de carbono en el suelo.

Palabras clave: *sostenibilidad, ganadería, cambio climático, forrajes*

ABSTRACT

The objective of the study conducted in the Peruvian Amazon region was to evaluate the effect of establishing silvopastoral systems (SSP) and contrast it with conventional pasture-only systems (SC) on forage production, nutritional value, and carbon storage. Initially, livestock farms were characterized. Following this assessment, four farms were selected for implementing silvopastoral systems on one plot (approximately 0.5 ha) per farmer. These systems combine *Urochloa brizantha* with *Leucaena leucocephala* and timber trees including Bolaina (*Guazuma ulmifolia*), Paliperro (*Iconia barbeyana Cogniaux*), Capirona (*Calycophyllum spruceanum*), and Mahogany (*Swietenia macrophylla*). Subsequently, ecological structure, nutritional value, and carbon storage were assessed in both the established SSP areas and adjacent SC paddocks within each farm (without intervention), where Urochloa brizantha was the predominant species. The SSP exhibited a higher proportion of productive forage species and greater forage availability, whereas the SC showed increased presence of weeds and bare soil. *Leucaena leucocephala* displayed significantly higher crude protein content and in vitro dry matter digestibility, along with lower fiber content, compared to *Urochloa brizantha*, a species presents in both systems. Furthermore, the multipurpose silvopastoral system demonstrated a trend towards higher soil carbon accumulation.

Key words: s*ustainability, livestock, climate change, forages*

INTRODUCCIÓN

Uno de los mayores desafíos para la ganadería, especialmente en sistemas de doble propósito, es garantizar una producción suficiente y de calidad adecuada para la alimentación animal. Durante la temporada de verano, la escasa producción y calidad de los pastos ha generado pérdidas en el ganado, una disminución en la producción de leche y una reducción de los ingresos de los productores. Este problema ha impulsado la expansión de áreas ganaderas, lo que ha llevado a la deforestación de grandes extensiones de bosques para crear nuevos potreros, con el fin de contrarrestar la baja productividad de los sistemas convencionales (Casasola et al., 2001) Para abordar esta problemática, se han implementado prácticas de manejo y alimentación como el pastoreo rotativo, el semiconfinamiento y el confinamiento total, donde se complementa la dieta con alimentos balanceados, suplementos líquidos, ensilajes, henos, residuos de cosecha y otros insumos.

Los sistemas silvopastoriles, que integran árboles o arbustos con la ganadería y la producción de pasturas dentro de la misma unidad de tierra, han emergido como una alternativa viable para mejorar la sostenibilidad de la producción ganadera

(Pezo, 1999). Entre sus formas más comunes se encuentran las cercas vivas, los bancos forrajeros, los árboles dispersos en potreros y el pastoreo bajo plantaciones forestales o frutales. Esta diversidad permite a los productores seleccionar configuraciones que se ajusten a sus condiciones agroecológicas y objetivos productivos, promoviendo sistemas más sostenibles y resilientes.

Una de las especies leñosas más empleadas en SSP es *Leucaena leucocephala*, destacada por su alto valor nutricional, elevada producción de biomasa y adaptación a condiciones adversas como sequía o suelos pobres. Esta leguminosa perenne presenta un rebrote vigoroso tras el pastoreo o la poda, y concentra entre 16.3% y 26.6% de proteína cruda, con una digestibilidad in vitro de la materia seca entre 56.3% y 63.4%, superando ampliamente a muchas gramíneas y suplementos comerciales. Estas características la convierten en una aliada estratégica para mejorar la eficiencia de producción de carne y leche en la ganadería tropical. En este estudio se evaluó el desempeño de SSP en comparación con sistemas convencionales (SC), analizando su estructura ecológica, calidad del forraje y almacenamiento de carbono en fincas ganaderas de la Amazonía peruana.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló en el distrito de Cuñumbuqui en la región San Martín, según la descripción de Holdrige, se encuentra dentro de la zona de vida denominada Bosque Seco Tropical (bs-T), la precipitación pluvial en la zona está comprendida entre 1000 a 1200 mm anuales, Se caracteriza por poseer un clima cálido seco, con una estacionalidad muy marcada, donde la escasez de lluvias es muy marcada durante gran parte de los meses del año, siendo ésta una limitante para el desarrollo de cultivos producidos a base de las lluvias (secano). El clima va desde temperaturas que generalmente varía de 21 °C a 34 °C.

Durante el estudio, se llevó a cabo una caracterización de las fincas ganaderas con potencial para el establecimiento de Sistemas silvopastoriles. Posteriormente, se seleccionaron estratégicamente cuatro fincas para la implementación de sistemas silvopastoriles (SSP). En cada finca, se estableció un SSP en una parcela de aproximadamente 0.5 hectáreas, combinando el pasto *Urochloa brizantha* con la leguminosa *Leucaena leucocephala (280 plantas/hectárea)* y árboles maderables de especies nativas como Bolaina (*Guazuma ulmifolia*), Paliperro (*Iconia barbeyana* Cogn.), Capirona (*Calycophyllum spruceanum*) y Caoba, (*Swietenia macrophylla*) con una densidad de 80 árboles por *hectárea*. Además, se realizó una evaluación detallada de la estructura ecológica, el valor nutricional del forraje y el almacenamiento de carbono en las parcelas donde se implementaron los SSP. Los resultados obtenidos en estas áreas se contrastaron directamente con los potreros del sistema convencional (SC) presentes en la misma finca (áreas sin intervención), donde la especie forrajera predominante era *B. brizantha*. en ambos sistemas se evaluaron a 45 días de rebrote en la época lluviosa (marzo 2025).

Estructura ecológica

La estructura de la vegetación se determinó utilizando el método de clasificación de peso seco (T´Mannetje y Haydock, 1963). Este método es empleado para determinar la composición de especies, el cual consiste en observar varios cuadrantes y clasificar las tres especies que aportan más en peso dentro del cuadrante visualmente, generalmente es aplicado para el muestreo en pastizales y arbustos pequeños o comunidades de sotobosque de grandes arbustos y árboles. Para elegir el tamaño óptimo del cuadrante a emplear, se realizaron pruebas preliminares con marcos de diferente tamaño (Despain et al., 1991), optando por el cuadrante de 1 m². El procedimiento consistió, inicialmente en delimitar la ubicación del transecto, tratando de ubicar en un área representativa del potrero, para lo cual se realizaron dos transectos en forma de "X", muestreando en cada uno 10 cuadrantes. En cada cuadrante, se observaron las tres especies vegetales con mayor cantidad de biomasa, estimación que se hizo visualmente a través de la cobertura aérea que presentaba cada especie, a dichas especies con el rendimiento mayor se le asignó el rango 1, a las que seguían en rendimiento se le asignó el rango 2 y de la misma manera para el rango 3. Los datos se registraron por cuadrante en el formato de campo de la clasificación por peso seco. El método consiste en el supuesto que un rango 1 corresponde al 70 por ciento de la composición en dicho cuadrante, el rango 2 a 20 por ciento y rango 3 a un 10 por ciento, las demás especies con bajo rendimiento dentro del cuadrante no se consideraron.

Productividad de biomasa y valor nutricional

Disponibilidad de biomasa (Kg Ms/hectárea/rotación). Para determinar la Disponibilidad de biomasa (Kg MS/hectárea/rotación) del pasto (*U. brizantha*) y la leguminosa (*L. leucocephala*) en los potreros experimentales. El área de muestreo fue de 1 m² para eliminar el efecto del borde (ASRM, 1962). Se obtuvo la muestra por el método de corte y separación (Geenty y Rattray, 1987), el forraje disponible se obtuvo a 45 días de rebrote, el corte del pasto fue a 10 cm del nivel del suelo. el corte en la arbustiva fue a una altura de 60 cm sobre el suelo, separando hojas y peciolos o tallos tiernos que son las partes palatables para el ganado, seguidamente se registraron los pesos y se obtuvo una alícuota o muestra de 600 gramos de cada aforo. De la misma manera, se procedió a con los callejones de *Urocloa*, cortando 03 cuadrantes aleatorios y registrando pesos y convertidos a kilos de materia seca por hectárea (kg MS/ha). Para el pesaje se utilizó una balanza digital OHAUS®, con capacidad de 3000 g y precisión de 0.1 g. Las muestras fueron procesadas en Laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos de la Universidad <nacional Agraria La Molina, secadas a 60 °C durante 48 horas, y luego fueron pasadas por el molino (Wiley®) con tamiz de 1 mm. Se determinó: proteína cruda (PC) por el método Kjeldahl (AOAC, 2016). fibra detergente neutro (FDN) por el método modificado de ANKOM (2005), y digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica (DIVMS) por el método ANKOM (2005).



Proteína cruda (kg/hectárea/rotación). Para determinar la cantidad de proteína cruda por sistemas se utilizó los valores de disponibilidad y proteína cruda de cada especie en los sistemas evaluado.

Almacenamiento de carbono en el suelo

En ambos sistemas ganaderos se analizaron las propiedades físico – químicas del suelo. A dos profundidades (0 – 15 y 15 – 30 cm). Los métodos que se usaron para determinar el análisis de suelo para la investigación de todo el estudio se describen en la Tabla 1. Las propiedades físicas evaluadas fueron la densidad aparente (gr/cm^3).

Tabla 1. Metodologías para el análisis físico - química de suelo

Indicadores Físicos y Químicas	Método de su determinación
Físicos	
Textura del suelo	% arena, limo y arcilla-Hidrómetro
Densidad aparente (g/cm3)	Extracción de suelo no disturba con cilindros de volumen conocido. Secado en estufa a 105°C por 24 horas
Resistencia mecánica	Penetrómetro de suelo de bolsillo
Porosidad total (%)	Calculo con la densidad aparente y densidad de partículas (2.65g/cm3).
Químicos	
Materia orgánica	Método de Walkley y Black
Fraccionamiento de Materia orgánica ácidos húmicos, fúlvicos y huminas para ver la calidad de la M.O.	Método de Walkley y Black
Reacción del suelo (pH)	Medida en el potenciómetro de la suspensión suelo: relación 1:1
Nitrógeno total	% M.O. x 0.045
Fósforo disponible	Método de Olsen modificado. Extracto NaHCO3 0.5 M, pH 8.5
Potasio disponible	Extracción con acetato de amonio (CH3-COONH4) N, pH 7.9
Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)	Saturación con acetato de amonio (CH3-COOOCH4) N; pH 7.0
Ca+2 Mg+2 Na+, K+ cambiables	Reemplazamiento con acetato de amonio; pH 7.0 cuantificación por fotometría de llama y/o absorción atómica.
Al +3 + H+	Método de Yuan. Extracción con KCl, N

Evaluación del Carbono. El almacenamiento o stock de Carbono (t/ha) se determinaron por el método de carbono de Walkey y Black. El fraccionamiento de la materia orgánica del suelo se determinó mediante la extracción en medio alcalino y la separación se realizó en medio acido de fuentes lábiles (ácidos fúlvicos y húmicos) y recalcitrantes (huminas). Las propiedades químicas se analizaron en el Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas y Aguas de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) en Lima, Perú.

Análisis Estadístico

Los resultados obtenidos en cuanto a la disponibilidad de forraje y valores nutricionales (PC, FDN y DIVMS) fueron analizados mediante un diseño completamente al azar, utilizando el procedimiento GLM del software R. Para la comparación de medias, se empleó la prueba de LSD, con un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de esta caracterización inicial revelaron una variabilidad considerable entre las unidades productivas participantes. En promedio, las fincas contaban con 58 ± 24 animales totales, de los cuales 24 ± 11 eran vacas en producción. La extensión total de las fincas es 42 ± 25 hectáreas, destinándose una superficie de 30 ± 19 hectáreas al pastoreo. La producción promedio de leche por vaca al día fue de 6 ± 1.76 litros, lo que refleja sistemas de producción predominantemente extensivos con niveles de productividad moderados.

La disposición para la implementación de sistemas silvopastoriles se manifestó en la asignación de áreas específicas dentro de las fincas para la intervención, con un rango de 0.5 a 0.7 hectáreas por productor. Esta superficie, aunque limitada en una primera instancia, representa el compromiso de los ganaderos por explorar alternativas productivas más sostenibles. La caracterización de las fincas en términos de tamaño del hato, área disponible para pastoreo y niveles de producción de leche proporciona una línea base fundamental para evaluar el impacto futuro de la implementación de los sistemas silvopastoriles en las dimensiones productivas y ambientales de las fincas participantes.

Estructura ecológica

El SSP muestra un porcentaje mayores numéricamente de cobertura de Brachiaria brizantha (aproximadamente el 81± 8.6 %) en comparación con el sistema convencional (alrededor del 77 ± 7.1 %). Sumado al SSP el aporte de *Leucaena leucocephala* y otras especies maderables. En tanto, el sistema convencional presenta una proporción sustancialmente mayor de malas hierbas herbáceas (Arvenses), y de suelo desnudo. Estas observaciones iniciales sugieren una diferencia fundamental en la composición de la vegetación y la gestión de la composición florística entre los dos sistemas (Figura 1).

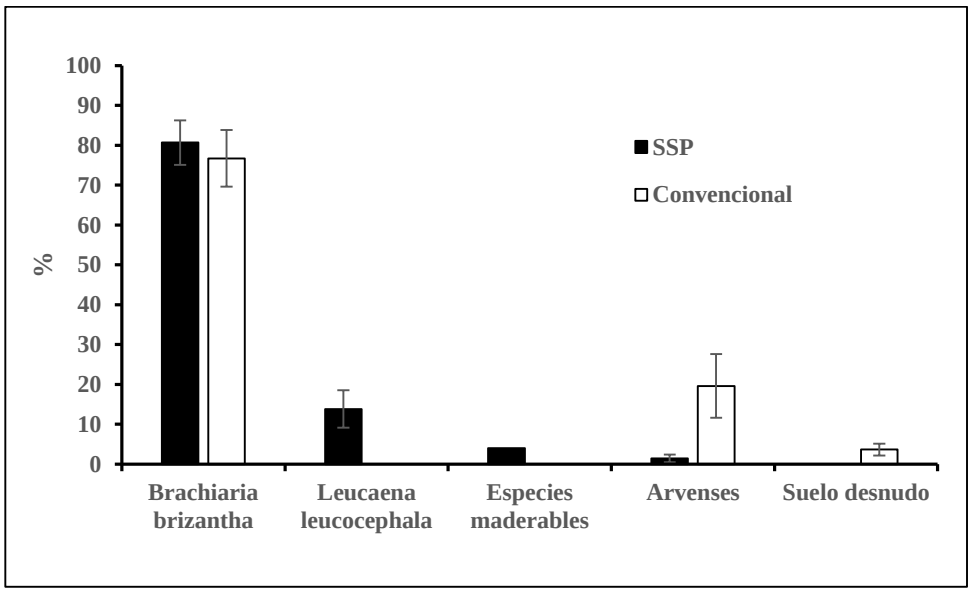


Figura 1. Composición vegetal del sistema de producción en SSP y Convencional.

Estos hallazgos se alinean con investigaciones previas que destacan la capacidad de los sistemas silvopastoriles para mejorar las especies forrajeras deseables e incorporar valiosos componentes arbóreos, mejorando así la productividad general de la tierra y los beneficios ecológicos (Nair et al., 2021; Ibrahim et al., 2010). La menor prevalencia de malas hierbas en el SSP podría atribuirse a los efectos competitivos de los estratos forrajeros y arbóreos establecidos, disminuyendo potencialmente los recursos disponibles para la proliferación de malas hierbas (Jose & Dollinger, 2019). Además, el menor porcentaje de suelo desnudo en el SSP probablemente indica una mejor protección del suelo contra la erosión y una mejor salud del suelo (Montagnini & Nair, 2004).

Productividad de biomasa y valor nutricional

El valor nutricional del forraje reveló que la PC en *Urochloa brizantha* no presento diferencias ($p > 0.05$) en el sistema convencional (SC) y el sistema silvopastoril (SSP). Sin embargo, la *Leucaena leucocephala*, componente exclusivo del SSP, presentó un contenido promedio de proteína cruda significativamente superior (25.2 ± 2.5%) en comparación con el pasto. Respecto a la fibra detergente neutro (FDN), tampoco se observaron diferencias significativas ($p > 0.05$) en *U. brizantha* entre los sistemas. La *L. leucocephala* exhibió un contenido de FDN considerablemente menor (23.7 ± 4.5%). Finalmente, la digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS) en *U. brizantha* mostró una tendencia a ser menor en el SSP, aunque esta diferencia no fue estadísticamente significativa ($p > 0.05$). La *L. leucocephala* presentó una DIVMS ligeramente superior (49.6 ± 4.4%) en comparación con el pasto en ambos sistemas.

Tabla 2. Valor nutricional de la gramínea y leguminosa en los sistemas convencionales y silvopastoriles.

Parámetro	Especie	X̄ ± SE		P-value
		SC	SSP	
Proteína Cruda (%)	*U. brizantha*	3.8 ± 1.0	3.6 ± 0.9	0.7775
	L. leucocephala	-	25.2 ± 2.5	-
FDN (%)	*U. brizantha*	65.3 ± 3.2	67.3 ± 1.9	0.202
	L. leucocephala	-	23.7 ± 4.5	-
DIVMS (%)	*U. brizantha*	46.5 ± 3.1	43.0 ± 2.9	0.0725
	L. leucocephala	-	49.6 ± 4.4	-

SC: Sistema convencional, SSP: sistemas silvopastoriles FDN: Fibra Detergente Neutra, DIVMS: Digestibilidad In Vitro de la Materia Seca. Revelan diferencias entre variables ($p<0.05$).



La inclusión de estos valores nutricionales detallados en el presente informe reviste una importancia fundamental, ya que constituyen la base para la posterior determinación de la productividad vegetal y, crucialmente, para la simulación precisa de las dietas que se ofrecerán al ganado en los diferentes sistemas de producción. Estos datos permitirán una modelación más realista del aporte nutricional de cada componente forrajero y su contribución al balance nutricional de los animales, lo que a su vez es esencial para evaluar la productividad integral de los sistemas silvopastoriles en comparación con los sistemas convencionales.

La disponibilidad de del pasto en los sistemas evaluados (tabla 3) fue alta en SSP en la estación lluviosa, aunque no mostró diferencias significativas (p = 0.0838). Por el contrario, la disponibilidad de follaje en *L. leucocephala* fue 270 kg/ha relativamente alta, comparada con otros estudios en SSP (Sánchez-Santana et al. 2016; Lopez et al. 2019).

Tabla 3. Disponibilidad de Materia seca (Kg/hectárea/rotación) y Proteína cruda (kg PC/hectárea/rotación) en los sistemas evaluados

Disponibilidad		$\bar{X} \pm SE$		P-value
		SC	SSP	
Materia Seca	*U. brizantha*	7491 ± 836	10007 ± 3099	0.0838
	L. leucocephala -		270 ± 127	
	Total	7491 ± 836	10277 ± 3097	0.0593
Proteína Cruda	*U. brizantha*	285 ± 81	324 ± 175	0.6311
	L. leucocephala	-	67 ± 33	
	Total	285 ± 81	392 ± 185	0.2243

SC: Sistema convencional, SSP: sistemas silvopastoriles. Revelan diferencias entre variables (p<0.05)

Los resultados muestran una ventaja numérica en la producción de biomasa total del SSP compuesto por *Urocloa brizantha* asociada con *Leucaena leucocephala*, el cual exhibió un incremento del 37.2 % en la disponibilidad de materia seca (Kg MS/ha/rotación) en comparación con el sistema convencional monocultivo de *Brachiaria* spp. Este aumento sustancial en la producción de forraje concuerda con algunos estudios destacan el potencial de los sistemas silvopastoriles para mejorar la productividad primaria a través de la complementariedad en el uso de recursos (Ibrahim et al., 2011; Murgueitio et al., 2016). La inclusión de *Leucaena leucocephala*, una leguminosa arbustiva con alta capacidad de fijación de nitrógeno atmosférico, probablemente contribuyó a mejorar la fertilidad del suelo y, por ende, el crecimiento del pasto subyacente, tal como lo reportan diversos autores (Sotelo et al., 2018). Esta mayor disponibilidad de biomasa en el sistema silvopastoril sugiere un potencial para soportar una mayor carga animal y, consecuentemente, una mayor productividad animal por unidad de superficie en comparación con los sistemas de pastoreo convencionales en el trópico.

La disponibilidad de PC proveniente de la pastura no presento diferencias significativas (p = 0.6311) en ambos sistemas evaluados. En tanto, La producción total de proteína cruda (kg PC/ha/rotación) en el sistema silvopastoril, se observó un incremento del 37.5% en comparación con el SC. La mayor disponibilidad de proteína en el sistema silvopastoril podría traducirse en una mejora en la calidad de la dieta para el ganado, lo que a su vez podría impactar positivamente en la productividad animal y reducir la necesidad de suplementación proteica externa, contribuyendo a una mayor sostenibilidad del sistema productivo (Murgueitio et al., 2011).

Almacenamiento de carbono en el suelo

En la profundidad del suelo de 0-15 cm, el SSP muestra un almacenamiento medio de SOC más elevado (44 tn/hectárea) en comparación con el sistema convencional (38 tn/hectárea). En la capa más profunda del suelo (15-30 cm), el almacenamiento medio de SOC es también ligeramente superior en el SSP (30 tn/hectárea) en comparación con el sistema convencional (28 tn/hectárea), observándose que no existe diferencias significativas (p>0.05) en ambas profundidades.

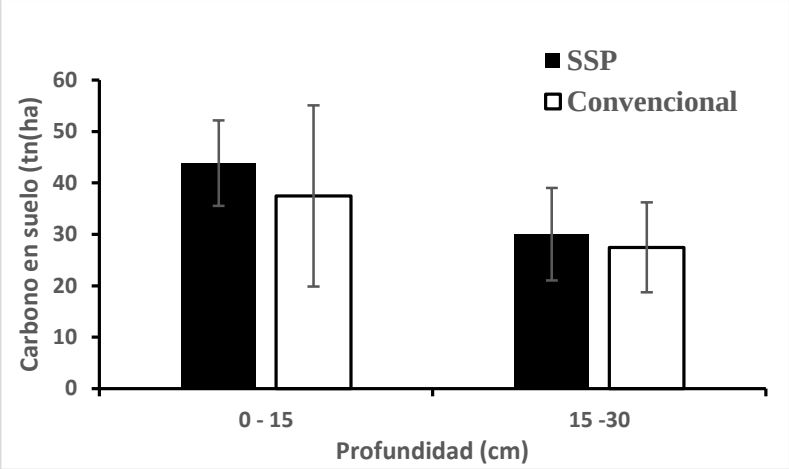


Figura 2. Almacenamiento de carbono en el suelo en Sistemas silvopastoriles y convencionales.

Estos resultados sugieren que no existe una diferencia significativa posiblemente por que se encuentra en el segundo año de establecimiento del sistema, pero con una tendencia hacia una mayor acumulación de SOC en el SSP respecto al SC en ambas profundidades.

La presencia de árboles y la cobertura continúa proporcionada por los pastos en el SSP podrían contribuir a una mayor aportación de carbono a través de la caída de hojarasca y la renovación de las raíces en los horizontes superiores del suelo (Montagnini & Nair, 2004). Aunque la capa más profunda del suelo también muestra un SOC medio ligeramente superior en la SSP, el impacto del sistema de gestión de la tierra parece menos pronunciado a medida que aumenta la profundidad del suelo. Esto podría atribuirse a las tasas de descomposición más lentas y a la menor aportación de materia orgánica a profundidades más bajas (Jobbágy & Jackson, 2000). Para confirmar estas tendencias y dilucidar los mecanismos que impulsan el secuestro de SOC en estos sistemas, es necesario seguir investigando con muestras de mayor tamaño y un seguimiento a más largo plazo.

CONCLUSIONES

En comparación con el sistema convencional (SC), el sistema silvopastoril (SSP) presentó una mayor proporción de especies forrajeras de alto valor productivo, como *Urochloa brizantha* y *Leucaena leucocephala*, mientras que el SC mostró una mayor cobertura de arvenses y áreas con suelo desnudo. La *Leucaena leucocephala*, exclusiva del SSP, destacó por sus superiores características nutricionales, evidenciando niveles significativamente más altos de proteína cruda y digestibilidad in vitro de la materia seca, así como menores contenidos de fibra, en comparación con la *Urochloa brizantha* presente en ambos sistemas. Estos resultados indican una mejora sustancial en la calidad del forraje disponible dentro del SSP. Adicionalmente, a dos años de su establecimiento, el SSP muestra una tendencia positiva hacia una mayor acumulación de carbono en el suelo en ambas profundidades evaluadas, lo que sugiere un aporte relevante en términos de servicios ecosistémicos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo institucional del CGIAR, del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) y de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), así como la colaboración brindada en el marco del proyecto FONTAGRO "Sistemas Silvopastoriles Multipropósito y ganadería familiar en Perú y Colombia", particularmente en la implementación de las actividades de campo y el acompañamiento técnico. El estudio fue financiado por el Programa Nacional de Investigación Científica y Estudios Avanzados – PROCIENCIA en el marco del proyecto ALIANZAS INTERINSTITUCIONALES PARA PROGRAMAS DE DOCTORADO-ETAPA II, "NUTRICIÓN", CONTRATO N° PE501084302-2023- PROCIENCIA-BM.

BIBLIOGRAFÍA

[ANKOM] Ankom Technology Corporation 2005. Operator's manual: technology method 3 - In Vitro True Digestibility using the DAISY INCUBATOR, NY, USA.

[AOAC] Association of Official Analytical Chemis. 2016. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemist. 975.03 Cap. 3, Pág. 5-6, 20th, Edition 2016.

Casasola, F; Ibrahim, M; Harvey, C; Kleinn, C. 2001. Caracterización y productividad de sistemas silvopastoriles tradicionales en Moropotente, Estelí, Nicaragua. Agroforestería en las Américas 8(30):17-20



Despain, D.; Ogden, P. & Smith, E. 1991. Plant frequency sampling for monitoring rangelands. Some methods for monitoring rangelands and other natural area vegetation. Extension Report 9043. University of Arizona, Tucson, AZ.

Geenty K, Rattray P. 1987. The energy requirements of grazing sheep and cattle. Livestock feeding on pasture. New Zealand Society of Animal Production. Occasional Publication 10: 39-53.

Hernández, M., López, S., Jarillo, J., Ortega, E., Pérez, S., Díaz, P., Crosby, M. 2020. Rendimiento y calidad nutritiva del forraje en un sistema silvopastoril intensivo con *Leucaena leucocephala* y *Megathyrsus maximus* cv. Tanzania. Revista Mexicana De Ciencias Pecuarias, 11(1), 53–69. https://doi.org/10.22319/rmcp.v11i1.4565

Ibrahim, M., Ibrahim, A., & Chacón, N. 2010. Silvopastoral systems for improving livestock productivity and sustainability in the Neotropics. *Livestock Science*, *130*(1-3), 179-186.

Ibrahim, M., Ibrahim, T., Chacón, N., Flores, J. G., & Sinclair, F. L. 2011. Carbon sequestration and soil fertility in silvopastoral systems of the humid tropics. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, *141*(4), 333-340.

Jobbágy, E. G., & Jackson, R. B. 2000. The vertical distribution of soil organic carbon and its relation to climate and vegetation. Ecological Applications, *10*(2), 423-436.

Jose, S., & Dollinger, J. 2019. Silvopasture: A sustainable livestock production system. *Agroforestry Systems*, *93*(1), 1-9.

López-Vigoa, O., Lamela-López, L., Sánchez-Santana, T., Olivera-Castro, Y., García-López, R., Herrera-Villafranca, M., & González-Ronquillo, M. 2019. evaluation of the nutritional value of forages in a silvopastoral system.

Montagnini, F., & Nair, P. K. R. 2004. *Carbon sequestration and environmental benefits of agroforestry systems*. Springer Science & Business Media.

Murgueitio, E., Ibrahim, M., & Calle, Z. 2016. The role of silvopastoral systems in climate change mitigation and adaptation. *World Agroforestry*, *9*(1), 122-132.

Murgueitio, E., Ibrahim, M., & Calle, Z. 2011. Los sistemas silvopastoriles y su contribución a la mitigación y adaptación al cambio climático. *Agroforestería en las Américas*, *48*, 27-36.

Nair, P. K. R., Kumar, B. M., & Nair, V. D. 2021. Agroforestry as a climate-smart land-use system. *Climate Change and Agroforestry*, 1-24.

NRC. 2001. *Nutrient requirements of dairy cattle* (7th rev. ed.). National Academies Press.

Pezo, D. 2018. Establecimiento y Manejo de Sistemas Intensivos de Pastoreo Racional. CATIE, Costa Rica, 96. p. 56.

Pezo, D.; Ibrahim, M.; Beer, J. y Camero, L. 1999. Oportunidades para el desarrollo de sistemas silvopastoriles en America Central. Informe Técnico N°44. CATIE, Costa Rica, 46 pp.

Sánchez-Santana, Tania; Esperance-Castañeda, Y.; Lamela-López, L.; López-Vigoa, O. & Benítez-Álvarez 2016 M. Efecto de la suplementación con un preparado de maíz y afrecho de trigo enriquecido con torula, en la ceba de toros en silvopastoreo. Pastos y Forrajes. 39 (4):265-270.

Sotelo, M., Ibrahim, M., Jiménez, F., & Mora, J. 2018. Soil carbon and nitrogen dynamics in silvopastoral systems with different tree densities in the humid tropics of Costa Rica. *Agroforestry Systems*, *92*(4), 987-998.

T' Mannetje, L. & Haydock, K. 1963. The dry-weight-rank method for the botanical analysis of pasture. Wiley online library, 268-275. doi: https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.1963.tb00362.x

186-SE

PA-32. Balance de carbono en arreglos silvopastoriles (SSP) orientados al levante y ceba bovina en una región de bosque seco tropical colombiano
Carbon balance in silvopastoral systems (SPS) for beef cattle production in a tropical dry forest region of Colombia

Gonzalo Villegas[1, 2], Julián Esteban Rivera[1], Julián Chará[1], Rolando Barahona[2], Guillermo Correa[2]

[1]Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria - CIPAV. Carrera 25 No 6-62 Cali, Colombia

[2]Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín

RESUMEN

Debido a la necesidad de satisfacer la demanda alimentaria y reducir los impactos ambientales de la ganadería, como las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), se deben identificar alternativas de producción sostenibles. El objetivo de este estudio fue determinar la captura de carbono, las emisiones de GEI (totales y por unidad de producto) y el balance de carbono, en tres sistemas silvopastoriles (SSP) orientados al levante y ceba bovina en el caribe seco colombiano. Se evaluó un SSP intensivo con arbustos de *Leucaena leucocephala* en alta densidad (>8,000 plantas/ha) y especies maderables (SSPi+M), un SSP intensivo basado en leucaena (SSPi) y un sistema de pasturas con árboles dispersos (ADP). Las emisiones de GEI fueron analizadas por medio de un análisis de ciclo de vida (ACV) y estimadas según IPCC 2019 (Tier 2) y factores de emisión recopilados de la literatura, a partir de información de campo. La captura de carbono se determinó mediante mediciones directas. Se encontró que el metano por fermentación entérica representó entre el 83.8 y el 88.9% del GEI emitido, y las emisiones totales oscilaron entre 5.76 y 7.98 t de CO_2eq/ha/año con cargas animales entre 2.7 a 3.7 UGG/ha, mientras que la captura de carbono varió entre 2.07 y 8.32 t de CO_2eq/ha/año, influenciada por la biomasa aérea y subterránea de árboles y arbustos. Las intensidades de emisión, a partir de los GEI generados y las capturas de carbono, estuvieron entre -2.58 y 8.31 kg de CO_2 eq/kg de peso vivo ganado, lo cual evidencia que algunos SSP pueden ser sumideros de carbono pues capturan más carbono que el que emiten en CO_2 eq. Estos resultados destacan el potencial de los SSP para reducir la huella de carbono de la ganadería en zonas tropicales, especialmente en aquellos con una alta densidad arbórea y manejo adecuado.

Palabras clave: *biomasa aérea, captura de carbono, ganado de engorde, GEI, mitigación*

ABSTRACT

In response to the growing need to meet food demand while minimizing the environmental impacts of cattle farming—particularly greenhouse gas (GHG) emissions—it is essential to identify and evaluate sustainable production alternatives. The objective of this study was to determine carbon sequestration, GHG emissions (total and per unit of product), and carbon balance in three silvopastoral systems (SPS) for beef cattle rearing and finishing in the dry Caribbean region of Colombia. An intensive SPS with high-density of *Leucaena leucocephala* shrubs (>8,000 plants/ha) and timber species (iSPS+T), an intensive SPS based on leucaena (iSPS), and a pasture system with scattered trees (STS) were evaluated. GHG emissions were analyzed using a life cycle assessment (LCA) and estimated following the IPCC 2019 (Tier 2) recommendations and emission factors compiled from the literature, based on real field data, and carbon sequestration was determined through direct *in situ* measurements. It was found that methane from enteric fermentation accounted for between 83.8% and 88.9% of GHG emissions, and total emissions ranged from 5.76 to 7.98 t CO_2 eq/ha/year with stocking rates between 2.7 and 3.7 LU/ha, while carbon sequestration varied between 2.07 and 8.32 t CO_2 eq/ha/year, influenced by the above-ground and below-ground biomass of trees and shrubs. Emissions intensities, based on GHG emissions and carbon sequestration, ranged from -2.58 to 8.31 kg CO_2 eq/kg of live weight, demonstrating that some iSPSs can be carbon sinks as they sequester more carbon than they emit in CO_2 eq. These results highlight the potential of iSPSs to reduce the carbon footprint of livestock farming in tropical areas, especially those with high tree density and proper management.

Key words: *above-ground biomass, beef cattle, carbon sequestration, GHG, mitigation*





SE-33. Balance de carbono en sistemas ganaderos regenerativos del Chaco paraguayo: un análisis exploratorio

Vega, A[1].; Sanabria, J. P[2].; Benegas, L[1]; Sepúlveda, C[1].

[1]Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE)

[2]Asociación de Agropecuaria de Agua Dulce, Paraguay

RESUMEN

Los sistemas ganaderos en la región semiárida del Chaco paraguayo juegan un rol clave tanto en la economía como en la dinámica ecológica del territorio. Este estudio presenta una evaluación exploratoria de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y del balance de carbono en tres estancias ganaderas gestionadas bajo el enfoque de pastoreo rotativo intensivo regenerativo (PRIR), ubicadas en Agua Dulce, Alto Paraguay. Si bien el número de establecimientos evaluados fue limitado, los sitios analizados abarcaron más de 20.000 hectáreas de las cuales el 62% son representadas por bosques y cercas vivas y se sitúan en un paisaje edafoclimático homogéneo, representativo de unas 600.000 hectáreas de fincas asociadas a la Asociación de Productores de Agua Dulce (APAD). Por ello, los resultados ofrecen información valiosa para comprender mejor la dinámica de emisiones y remociones de carbono en paisajes dominados por la Ganadería en el Chaco. Las emisiones de GEI se estimaron utilizando la herramienta GEI-CATIE conforme a las metodologías de los Niveles I y II del IPCC. Las reservas de carbono en la biomasa aérea y en los suelos (0–30 cm) se evaluaron mediante muestreo de campo y modelos alométricos. Los resultados exploratorios indican que las tres estancias APAD, Don Celso y La Conquista lograron balances netos de carbono positivos (-738,20; -16257,98 y -40608,28 t CO_2e $año^{-1}$, respectivamente), permitiendo compensar sus emisiones a través del aporte del capital natural y del suelo (10 y 90% de las remosiones de carbono respectivamente). Estos balances positivos se asociaron con altos niveles de COS, especialmente en sistemas silvopastoriles y de integración forestal, lo que apunta a posibles mejoras en la estructura, fertilidad y resiliencia del suelo. Los hallazgos destacan la importancia del COS como un indicador práctico de restauración de la salud del suelo en sistemas silvopastoriles, y resaltan los co-beneficios del pastoreo regenerativo en la mitigación del cambio climático. Se recomienda ampliar el alcance geográfico y temporal de los monitoreos, incorporar indicadores biológicos de salud del suelo y fortalecer el seguimiento de la metodología utilizada en más regiones de Paraguay para afinar y validar estos resultados iniciales.

Palabras clave: *salud del suelo, pastoreo regenerativo, balance de carbono, carbono orgánico del suelo, gases de efecto invernadero*

INTRODUCCIÓN

El sector ganadero constituye una de las principales actividades económicas del Paraguay, aportando el 12,1% al Producto Interno Bruto (PIB) nacional (BCP, 2024) y empleando al 17% de la población económicamente activa. En el ámbito internacional, el país se posiciona como el décimo exportador mundial de carne bovina (REDIEX, 2021), con una producción de 540.000 toneladas en 2024 (Comisión de Carne de la ARP, 2024). Las exportaciones de carne representan el 74,74% de los ingresos por exportaciones del país (BCP, 2024), lo que refleja su rol estratégico en la economía nacional.

No obstante, el crecimiento del sector ha estado acompañado por la expansión de la frontera agrícola, especialmente en ecosistemas sensibles como el Chaco. Actualmente, el 66% de los sistemas productivos son de tipo extensivo, lo que conlleva un uso intensivo del suelo y presión sobre la cobertura boscosa, que se mantiene en un 44,3% a nivel nacional (MADES, 2021).

En términos ambientales, Paraguay representa solo el 0,1% de las emisiones globales de gases de efecto invernadero (GEI) (MADES, 2023). A pesar de ello, estudios recientes indican que un 40% de los sistemas ganaderos captura más GEI de los que emite, y un 50% adicional compensa entre el 65% y el 90% de sus emisiones (Breuer et al., 2023).

La implementación de prácticas de manejo sostenible, como el Pastoreo Rotativo y Regenerativo (PRIR), representa una oportunidad para mejorar la eficiencia productiva y reducir el impacto climático del sector, contribuyendo a una ganadería resiliente y compatible con los compromisos ambientales del país.

Con base a lo anterior y a las necesidades de mejorar el sector ganadero e el Chaco Paraguayo, se dio la oportunidad de desarrollar una pasantía por parte de un técnico en CATIE, específicamente con la Unidad de Ganadería y Manejo del Ambiente (GAMMA) quién actualmente trabaja con fincas ganaderas de Agua Dulce asociadas a la Asociación de Productores de Agua Dulce, con el fin de desarrollar capacidades en diferentes temas como intensificación sostenible de la ganadería, buenas prácticas ganaderas y metodologías para la estimación del balance de carbono el cual contempla las emisiones de gases de efecto invernadero y capturar carbono. Este aprendizaje permitirá al técnico en conjunto con el apoyo de la Unidad de Ganadería del CATIE aportar información clave a las acciones que ya se vienen realizando por parte del sector ganadero de Paraguay hacia la transformación de fincas ganaderas más sostenibles y amigables con el ambiente y a contribuir con los compromisos ambientales nacionales.

188-SE

METODOLOGÍA

Para la selección de fincas se tomaron en cuenta 3 fincas ganaderas en la zona de Agua Dulce. Siendo representativas de la zona e inmersas dentro de la Asociación Agropecuaria de Agua Dulce. Se realizaron visitas a las fincas para realizar los monitoreos tanto de recolección de información sobre el manejo de los animales como de muestreos de árboles y suelo en campo. Inicialmente, el técnico realizó una planificación de visitas para el levantamiento de la información en las 3 fincas para la generación de una línea base. Se hizo una revisión de la información colectada en campo y se validó con representantes de la Asociación Agropecuaria de Agua Dulce.

Se recolectaron datos de las variables más relevantes para los cálculos de GEI en fincas ganaderas como área geográfica (ámbito geográfico aplicado, clima, suelo), área (ha) de usos de suelo presentes en las fincas, variables asociadas a las emisiones (producción lechera, cantidad y calidad de la leche según análisis de las empresas lácteas que reciben el producto o muestras enviadas a laboratorio), características del bovino, (raza, cantidad, peso de los animales), carga animal, pasturas y suplementos utilizados, así como sus características nutricionales (porcentaje de digestibilidad, proteína cruda, fibra detergente neutro y energía metabolizable de los suplementos, esto a través de literatura secundaria o muestras enviadas al laboratorio), kg de materia seca consumida por animal, energía eléctrica utilizada en la finca, uso de fertilizantes nitrogenados y estiércol aplicado en los diferentes usos de suelo, combustible utilizado dentro y fuera de la finca como el diésel y gasolina, porcentaje de digestibilidad ingesta bruta, coeficiente Ym y factores de emisión del país. Además, se evaluaron variables para la captura de carbono como muestreos de densidad aparente, análisis de suelos para la determinación del carbono orgánico del suelo y muestreos en diferentes usos de suelo para el cálculo del carbono presente en la biomasa aérea, así como la cantidad de árboles/ha.

Análisis de las emisiones de GEI

Los datos recolectados fueron organizados y analizados en una base de datos la cual fue utilizada como fuente principal para abordar los objetivos de este trabajo. Los análisis fueron presentados de dos formas: las emisiones totales generadas por sistemas de producción identificados (t CO2e/finca/año y t CO2e/ha/año) y de manera unitaria por unidad animal (t CO2e/UA/año) o por unidad de producto (kg CO2e/kg leche o t CO2e/kg carne vendida), Así como t C/finca/año y t C/ha/año).

Herramienta seleccionada para la estimación de las emisiones de GEI

Las emisiones de GEI fueron estimadas con la herramienta de cálculo local (Herramienta GEI-CATIE), en el cual se contemplaron solamente las emisiones generadas dentro de las fincas: se incluyeron las emisiones producidas por los animales en los procesos digestivos, manejo de estiércol, utilización de fertilizantes, uso de combustibles fósiles y consumo de electricidad para suplir agua o procesos de preparación de suplemento, así como del producto principal.

Límites del trabajo

El análisis de las emisiones se trabajó con dos de las aproximaciones generadas por el Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC], (2006) que son el "Tier I" y el Tier II". Para este trabajo solo se tomó en cuenta las emisiones directas generadas en la finca y no fuera de la finca (indirectas).

En la estimación de las emisiones, se tomaron en cuenta las principales fuentes de emisión de GEI en los sistemas ganaderos (Composición del hato -estado fisiológico y producción, Consumo y calidad nutritiva de los alimentos, uso de combustibles fósiles, electricidad, uso de fertilizantes nitrogenados y gestión del estiércol).

Principales emisiones consideradas del Alcance 1.

Emisiones de CO2 procedentes de la utilización de combustibles fósiles para el funcionamiento de equipos y maquinarias dentro de la finca.

Emisiones de CO2 procedentes de la utilización de la energía eléctrica.

Emisiones de N2O procedentes de la aplicación de fertilizantes sintéticos en pasturas y bancos de forraje, pesticidas, así como cultivos generados dentro de la finca.

Principales emisiones consideradas del Alcance 2.

Emisiones de CH4 procedentes de la fermentación entérica por categoría de ganado.

Emisiones de CH4 procedentes del manejo del estiércol sólidos y líquidos.

Emisiones de N2O procedentes del manejo del estiércol sólidos y líquidos.

Variables consideradas

Se identificaron las variables de mayor peso a la hora de estimar las emisiones, teniendo en cuenta lo siguiente:





Características del hato. Cantidad, raza de animales, peso vivo.

Productividad. Venta de animales, ganancia diaria de peso.

Usos de suelo. Se estableció el área en usos productivos y otros usos. Además de la caracterización de los forrajes disponibles en especial las especies de pastos que se manejan en la finca. Sistema de manejo como periodos de descanso/ocupación y carga animal.

Características de la dieta alimentaria: uno de los procesos de mayor sensibilidad en la cuantificación de GEI en los sistemas ganaderos es la caracterización de la dieta. De este análisis, se determinó el porcentaje de digestibilidad (%DIVMS) y el porcentaje de proteína cruda (%PC) de la dieta. Se caracterizó la dieta con la mayor precisión posible, las variables %DIVMS y % PC son decisivas para una correcta cuantificación de emisiones dentro de la finca, los datos de DIVMS y de PC de los alimentos utilizados en las fincas se obtuvieron de información secundaria de trabajos realizados en la zona o en otras zonas similares en México.

Características de insumos. Dentro de la finca, se desarrollan distintas actividades que dependen de los insumos externos que la finca necesita para su correcto funcionamiento. En este sentido, se prestó prioridad a los fertilizantes nitrogenados, consumo de combustibles fósiles y se estimó también las emisiones de transporte, así como almacenamiento de los fertilizantes en la finca.

Manejo de pasturas. Debido a la baja disponibilidad de forraje en la pastura durante el periodo de verano algunos productores disminuyen el número de bovinos con relación al periodo anterior, mientras que otros conservan la misma estructura en época lluviosa como época seca. Esta situación afecta directamente los niveles de GEI debido a la calidad de la pastura que cambia entre épocas, ya que la pastura es la base de la alimentación en las fincas del presente proyecto.

La estimación de las emisiones de GEI siguió la recomendación del IPCC, la cual considera los siguientes componentes para la ganadería:

Emisiones de N_2O por fertilizantes nitrogenados y pesticidas

Para la cantidad de nitrógeno y pesticida aplicado a los potreros y otros sistemas forrajeros se consideró los siguientes factores de emisión: 0.01 kg N_2O/kg N para fertilizantes con urea y nitrogenados y 6.3 KgCO2e/Kg producto para pesticidas (Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 2019). Se utilizaron las concentraciones de N en cada uno de los fertilizantes.

Para la obtención del N2O, se utilizó el factor de conversión de 0.01 que es el porcentaje de nitrógeno que se volatiliza a la atmósfera multiplicado por la cantidad de nitrógeno aplicado al sistema, el resultado obtenido son las emisiones de óxido nitroso salientes del sistema y para pasarlo a unidades de CO2e se multiplica por el potencial de calentamiento global del N2O que es de 273, así se obtienen las emisiones por este tipo de fuente.

Emisiones de CO_2 por combustibles fósiles

Los combustibles fósiles utilizados en el manejo de las fincas ganaderas, tal como el uso de bombas de motor, guadañas(desmalezadoras), motosierras, tractores, maquinarias pesadas (motoniveladora, topadora y retroexcavadoras), vehículos livianos y camiones transportadores de ganado. Los factores de emisión utilizados fueron de 2,6765 y 2,1706 kg CO_2e/l de diésel y gasolina, respectivamente (MADES, 2022). Para el consumo de leña, se empleó el factor de emisión de 112 t/TJ (SNE, 2012).

Emisiones de CO_2 por electricidad

Se cuantificó el consumo total de electricidad en las fincas, el cual fue convertido a emisiones de GEI empleando un factor de 0,38 t CO_2e/MWh (MINEM, 2019).

Emisiones de CH_4 procedentes de la fermentación entérica

Los rumiantes por su sistema digestivo tan complejo son fuente potencial de emisiones de CH_4 lo que está relacionado directamente con el valor nutritivo de la dieta. El metano se produce en los rumiantes como subproducto de la fermentación entérica, un proceso digestivo en el cual los microorganismos descomponen los carbohidratos en moléculas simples para la absorción en el flujo sanguíneo. La cantidad de metano que se libera va a depender del tipo de tracto digestivo, la edad, el peso del animal, la calidad y cantidad del alimento digerido (IPCC, 2006).

Factor de emisión de CH4 por fermentación entérica de una categoría de ganado:

$$EF = \left[\frac{GE * \left(\frac{Y_m}{100}\right) * 365}{55{,}65}\right]$$

Donde:

EF: Factor de emisión (kg CH4/cabeza/año)

GE: Ingesta de energía bruta (MJ/cabeza/año)

Ym: Factor de conversión en metano, porcentaje de la energía bruta del alimento convertida en metano. El factor 55,65 (MJ/kg CH4) es el contenido de energía del metano (Cuadro 1).

Cuadro 1. Factores de conversión de CH4 para vacunos/búfalos (Ym).

Categoría de ganado	Y_m[b]
Vacunos alimentados a corral [a]	3,0 ± 1,0%
Lecheras (vacunos y búfalos) y su progenie	6,5 ± 1,0%
Otros vacunos y búfalos que se alimentan fundamentalmente con desechos y subproductos agrícolas de baja calidad	6,5 ± 1,0%
Otros vacunos o búfalos – en pastoreo	6,5 ± 1,0%

Fuente: IPCC (2006)

Emisiones de N_2O por gestión del estiércol

Las emisiones del N_2O están relacionadas con el volumen de heces y orina (sólidos y líquidos), producidos por el bovino. Dependiendo del manejo al estiércol, en el caso de los animales cuyo estiércol no se somete a ningún tipo de manejo, se queda en el campo (animales que pastorean libre, alimentación con forraje). Según directrices del IPCC (2006), se denomina este manejo "praderas y pastizales"; este es un sistema que se da dentro de las categorías de suelo agrícola del IPCC, ya que las emisiones van directamente al suelo; sin embargo, se utiliza la misma metodología para el cálculo.

Tasas de excreción de sólidos volátiles

Los sólidos volátiles (VS) constituyen el material orgánico del estiércol del animal y consisten en fracciones tanto biodegradables como no biodegradables (IPCC, 2006).

$$VS = \left[GE * 1 - \left(\frac{DE\%}{100}\right) + (UE * GE)\right] * \left[\left(\frac{1 - CENIZA}{18{,}45}\right)\right]$$

Donde:

VS: Excreción de sólidos volátiles por día con base en materia orgánica seca (kg VS/día)

GE: Ingesta de energía bruta (MJ/cabeza/año)

DE%: Digestibilidad del alimento en porcentaje (p. ej., 60%)

(UE*GE): Energía urinaria expresada como fracción de la GE. Habitualmente, se puede considerar una excreción de energía urinaria de 0,04 GE para la mayoría de los rumiantes (reducir a 0,02 para rumiantes alimentados con 85% o más de grano en la dieta o para porcinos). Utilizar valores específicos del país si se dispone de ellos.

CENIZA: Contenido de ceniza del estiércol calculado como fracción de la ingesta alimentaria de materia seca (p. ej., 0,08 para vacunos). Utilizar valores específicos del país si se dispone de estos.

18,45: Factor de conversión para GE de la dieta por kg de materia seca (MJ/kg). Este valor es relativamente constante en toda una gama de forrajes y de alimentos basados en granos que consume regularmente el ganado.

Intensidad de las emisiones

Los indicadores funcionales utilizados para la estimación de la presión ambiental del sistema doble propósito en relación con la emisión de GEI fueron para carne.

$$kg\ CO_2e/kg\ carne = \Sigma CO_2e\ (t)/\ carne\ vendida$$

Donde:

kg CO2e/kg leche: emisiones de kg CO2e por cada litro de leche producida

ΣCO2e (t): sumatorias de las emisiones del alcance 1 y 2

Para estimar las emisiones producidas por kg de carne, se tomó en cuenta el total de carne vendida por la finca en un período de un año, básicamente por la venta de animales como terneros al destete, novillos, novillas, vacas de descarte, toros.



Almacenamiento y fijación de carbono en biomasa arriba del suelo

Para el estudio de almacenamiento de carbono y fijación de carbono se incluyeron tres usos de suelo que fueron seleccionados y validados con los técnicos de la APAD y visitas a las zonas (Cuadro 2).

Cuadro 2. Usos de suelo seleccionados para el análisis de carbono en finca ganaderas en las áreas del estudio.

No.	Usos del suelo	Descripción
1	Árboles dispersos en potreros	Potreros de diferentes tamaños de acuerdo al sistema de pastoreo. Que pueden variar desde 5 hectáreas hasta 100 hectáreas, por reglamentación los potreros no pueden superar 100 hectáreas Y la producción es con pasto mejorado bien manejado (más de 80% de cobertura de pasto), en este caso con pastos mejorados adaptados a las condiciones climáticas adversas de la zona del Chaco seco. Con presencia de al menos 5 árboles por hectárea (DAP >10 cm), o 6% de cobertura del potrero. En Paraguay, la Ley Forestal permite el cambio de uso de suelo para habilitación de pasturas pero dejando un 25% de la superficie total de la propiedad como reserva forestal.
2	Cortinas rompevientos	Áreas de protección de potreros, separan potreros, protegen a los animales y al suelo, actuando como barreras naturales. La ley Forestal obliga a mantener 100 metros de ancho franjas de bosques que actúan como cortinas o cortavientos entre potreros habilitados.
3	Bosques secundarios	Áreas consideradas de protección o reservas entre potreros. Son reservas de bosques obligatorias que se dejan por Ley. Bosques con alturas mayores de 5 m.

Muestreo de Biomasa aérea

Se refiere a toda la biomasa presente sobre el suelo y en los árboles. Los componentes muestreados fueron: árboles presentes en los diferentes usos de suelo. Además, se indagó sobre el Historia de uso de la tierra (edad, años de pastoreo, usos anteriores de la tierra), estado del suelo (degradado, compactado, etc.) y tipo de suelo (clase de suelo). manejo de la carga animal, manejo de fertilización, uso de fuego, entre otros.

Para el cálculo de la biomasa presentes en árboles dispersos en potreros se instalaron parcelas circulares de 18 m de radio (1000 m2), las cuales fueron georreferenciadas en el centro de cada parcela. Los árboles dentro de la parcela fueron identificados y medidos.

Para las cortinas rompevientos, se establecieron parcelas de 1000 m2 de 50x20 m longitud, también fueron georreferenciadas y fueron medidos e identificados los árboles presentes.

Para los usos de bosque se establecieron parcelas de 1000 m2 de 50x20 m longitud, también fueron georreferenciadas y fueron medidos e identificados los árboles presentes.

Para el cálculo de la biomasa se utilizaron ecuaciones alométricas para bosques tropicales y cortinas rompevientos (Chave et ál. 2014), para árboles dispersos en potreros (Ruiz, 2002).

Para el cálculo de la fracción de carbono de la biomasa se utilizó el factor recomendado por IPCC, (2006) de 0.5 y posteriormente se utilizó el factor de 3.67 para la obtención del carbono equivalente (CO2e).

Muestreo de Árboles

En cada parcela se contabilizaron e identificaron todos los árboles con diámetro a la altura del pecho (DAP) mayor a 10 cm. Para cada árbol se midieron las variables dasométricas como es el diámetro a la altura del pecho (DAP), altura total (m), densidad de madera (g/cm3) y cada individuo fue identificado con una placa. Para las especies de difícil identificación se tomó una muestra para ser identificada posteriormente con el apoyo de un especialista. Con base a las tasas de crecimiento de los árboles identificados se procedió al cálculo de la edad para estimar el almacenamiento de carbono por año de cada árbol.

Estimación del carbono orgánico en el suelo (COS)

El COS se determinó mediante el procedimiento de combustión húmeda (Walkley y Black 1934). En cada repetición el COS fue determinado a una profundidad (25-30 cm) y la densidad aparente fue determinada por el método del cilindro (Forsythe 1975), tomando una muestra de suelo por calicata (30 x30 cm). Para el cálculo del Carbono Orgánico del suelo, se estimó de acuerdo con la metodología sugerida por IPCC, 2006 de Silvicultura, suelos agrícolas y pastizales.

$$COS = \%MO * Pm * da * 10000$$

Donde;

COS = Carbono orgánico en el suelo (ton/ha)

%MO = Concentración de materia orgánica en el suelo

Pm = Profundidad del suelo (m)

da = Densidad Aparente (ton/ m3)

Para poder obtener el carbono orgánico en el suelo se requirió realizar un análisis de suelos para la obtención del porcentaje de materia orgánica presente en el suelo de los potreros evaluados.

Supuestos y limitaciones

Aunque la gran parte de la información colectada en este estudio se obtuvo mediante encuestas a los productores, existen algunos supuestos y limitantes que es necesario aclarar:

Todos los animales pastorean por igual en todos los sistemas de uso de la tierra en cada finca.

El análisis de las emisiones de GEI empieza en la producción ganadera en la finca y finaliza en la producción de carne dentro de la misma finca.

Las emisiones generadas por kilogramo de carne provienen de la dinámica de las ventas.

El hato varía durante época, por lo que se toma en cuenta el inventario de cada época.

Una unidad animal corresponde a 450 kg.

Los niveles de potencial de calentamiento (horizonte 100 años) corresponden a los recomendados por el IPCC (2021) que fueron CO2=1, CH4=27.2 y N2O= 273.

Los datos de digestibilidad y proteína de los alimentos fueron obtenidos a partir de trabajos realizados en las regiones o por revisión secundaria, además de datos proporcionados por las cooperativas de carne en la región.

RESULTADOS

Características generales de fincas ganaderas

En el cuadro 3 se mencionan algunas características presentes en las fincas en cuanto a ubicación, tipo de sistemas de producción utilizados y buenas prácticas implementadas en estos sistemas de producción.

Cuadro 1. Características de las fincas evaluadas.

Finca	Características de los establecimientos ganaderos evaluados
Sede APAD	La sede de APAD está ubicada sobre la Ruta 16, en la localidad de Agua Dulce de la Santa María, en el departamento de Alto Paraguay, distrito de Bahía Negra, en el Chaco paraguayo. Su principal actividad es la producción de carne vacuna de engorde, tanto de machos como de hembras mayores de dos años. Se implementa un sistema de Pastoreo Rotativo Intensivo Regenerativo (PRIR) sobre pasturas mejoradas de *Gatton panic*, como parte de las buenas prácticas agrícolas adoptadas en la finca mejorando la producción de biomasa a partir de una buena regeneración del suelo. La alimentación es basada 100% pastoreo con uso de minerales y bloques multinutricionales. Asimismo, APAD promueve la planificación y gestión sostenible del uso del suelo entre sus socios, fomentando prácticas que contribuyen a la conservación de los recursos naturales. En cuanto al manejo del agua, se lleva a cabo una gestión sostenible mediante la captación de agua de lluvia y el aprovechamiento de agua dulce subterránea. Además de sus actividades productivas, la sede de APAD también sirve como espacio para ferias ganaderas y eventos de carácter social y comunitario.
Don Celso	La finca de don Celso está ubicada sobre la Ruta 16, en la localidad de Agua Dulce de la Santa María, departamento de Alto Paraguay, distrito de Bahía Negra, en la región del Chaco paraguayo. Su actividad principal es la producción de carne vacuna de ciclo completo enfocado a la cría, desarrollo y engorde, presenta pasturas mejoradas de *Gatton panic* sobre la cual práctica la implementación del sistema de Pastoreo Rotativo Intensivo Regenerativo (PRIR), la alimentación es basada 100% pastoreo con uso de minerales y bloques multinutricionales. El establecimiento adopta prácticas orientadas a la sostenibilidad, incluyendo la implementación de Buenas Prácticas Ganaderas (BPG) y una gestión eficiente y responsable del recurso hídrico como la captación de agua de lluvia y agua subterránea de buena calidad, extraída mediante pozos. Uno de los principales desafíos del establecimiento es la disponibilidad de agua en época seca, ya que enfrenta periodos de sequía extrema que afectan la cantidad y calidad del forraje disponible. No obstante, el acceso al agua para

	el consumo animal no se ve comprometido, gracias a la existencia de pozos y fuentes naturales las cuales se mantienen incluso durante las temporadas más secas.
La Conquista	La finca La Conquista está ubicada sobre la Ruta 16, en la localidad de Agua Dulce de la Santa María, departamento de Alto Paraguay, distrito de Bahía Negra, en la región del Chaco paraguayo. Su principal actividad es la producción de carne vacuna de ciclo completo, con un enfoque en las etapas de cría, desarrollo y engorde. La producción se realiza sobre pasturas mejoradas de *Gatton panic*, mediante la implementación del sistema PRIR (Pastoreo Rotativo Intensivo Regenerativo), lo que permite un manejo más eficiente y sostenible del recurso forrajero y principalmente del suelo, la alimentación es basada 100% pastoreo con uso de minerales, bloques multinutricionales, silos. La Conquista adopta prácticas de producción sostenible, aplicando Buenas Prácticas Ganaderas (BPG) y promoviendo una gestión responsable de los recursos naturales. El recurso más limitante para el establecimiento es el agua, ya que enfrenta periodos de sequía extrema que reducen la cantidad y calidad del forraje disponible. Sin embargo, el consumo de agua por parte del ganado no se ve afectado, debido a la disponibilidad de pozos con aguas de buena calidad.

En cuanto al hato ganadero las fincas de ciclo completo (Celso y la Conquista) poseen una cantidad considerable de animales en comparación con la finca de APAD (Cuadro 4). La composición diversa del hato refleja que los objetivos de los productores están orientados a generar diferentes ingresos en el año, lo que garantiza cierta sostenibilidad de las fincas. Además, la diversidad y los cruces de diferentes razas en las fincas demuestran que el enfoque de producción es cárnico, las razas o cruces más comunes son: Angus, brahman, nelore, y cruces entre estos. Las fincas presentan en promedio una carga animal de 1.4 UA/ha con un total de unidades animales promedio de 2579.17 UA.

Cuadro 2. Inventario animal de las fincas evaluadas.

Categoría animal	Inventario animal		
	APAD	Celso	La Conquista
V. Prod. Cría		2095	1000
Novillas +2 años	155		600
Novillas 1-2 años		245	50
Novillos +2 años	156		13
Novillos 1-2 años		46	570
Terneras		464	600
Terneros		464	300
Toros		95	2000
Caballos	2	125	32
Total	**313**	**3534**	**5165**

Entre los usos de suelo presentes en las fincas, el uso con mayor área fue el de bosques representando en promedio un 53% del área total de las fincas, con un aporte del 8% en cortinas rompevientos para el caso de las fincas de Celso y la Conquista, con un enfoque de conservación por parte de los productores ganaderos, ya que el promedio de áreas destinadas a la protección (bosques y cortinas rompevientos) es de un rango de 100 a 6900 ha. Las áreas de pastos representan un promedio de 39% del área total (Cuadro 5).

Las fincas presentan un área promedio de 6705.5 ha, indicando que son unidades de producción con áreas representativas de la zona, que se destinan en su mayoría a la actividad ganadera.

Cuadro 3. Áreas de los diferentes usos de suelo identificados en las fincas evaluadas.

Usos de suelo	APAD	Celso	La Conquista
Pasturas Degradada			900
Pasturas Mejoradas	101	3176	3300
Cercas vivas		721	900
Bosque	100	4018,5	6900
Área productiva	101	3176	4200
Total Área (ha)	201	7915,5	12000

Emisiones de GEI

Las emisiones de GEI en sistemas de producción ganaderos dependen grandemente de las características del hato y de su tipo de alimentación (Yunga, 2020). En este sentido, los hallazgos en estos establecimientos confirman estos hechos, debido a que, al tener mayor área de forrajeras, probablemente los animales tienen más opciones de seleccionar alimentos de mayor calidad, por lo cual se puede reducir las emisiones de metano (Gutiérrez & Mendieta, 2022). Por otro lado, es natural que al tener más animales se incrementen las emisiones.

Las emisiones producto de los animales, principalmente el metano de la fermentación entérica fue la mayor responsable de estas emisiones, contribuyendo con el 96.12% de estas, lo cual coincide con muchos autores (Molina-Rivera et al., 2019, Tongwane & Moeletsi, 2021, Uddin et al., 2021)., seguido de las emisiones por uso de combustibles con un 3.35% y en menor proporción el estiércol representando un 0.53% de las emisiones (Figura 1). De las tres fincas evaluadas, la finca la Conquista fue la que generó mayores emisiones por fermentación entérica debido a que poseen un mayor número de animales, no obstante, la finca de Celso tuvo una mayor emisión por uso de combustibles en comparación con los otros establecimientos, sin embargo, presentó la menor emisión por área siendo más eficiente (Cuadro 6). Las fincas no presentan emisiones por uso de energía ya que poseen energías limpias como paneles solares para el uso de cercas eléctricas y alumbrado de la finca, además, no presentan emisiones por uso de fertilizantes ya que no utilizan fertilizantes químicos debido al uso de la práctica de PRIR que implementan.

Cuadro 4. Resultados de estimación de emisiones por fuente en fincas evaluadas.

Emisiones por Fuente de emisión en t CO2e/año	APAD	Celso	La Conquista
Fermentación Entérica	353,22	5859,08	9501,30
Estiércol	1,46	37,40	58,01
Fertilización			
Combustibles	22,09	179,08	118,45
Energía			
Total	376,78	6075,56	9677,76
Por área (t CO2e/ha/año)	3,73	1,91	2,3

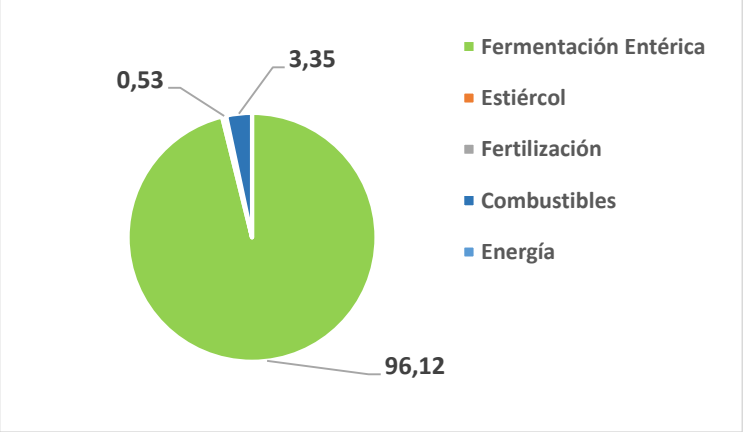


Figura 1. Promedio de porcentaje de emisiones por fuente de emisión en fincas evaluadas.

Intensidad de emisiones

Respecto a la huella de carbono por unidad de producto, se encontró que las fincas presentan una venta total anual de carne de 1,174,550 kg, del cual el 72,2% proviene de la finca la Conquista y un 19.7% y 8.1% de las fincas de Celso y APAD respectivamente. De acuerdo con esta dinámica de ventas las fincas presentan una intensidad de emisiones promedio d 13.88 kg CO2e/kg Carne, siendo la finca de APAD la más eficiente ambientalmente al generar menos emisiones por unidad de producto (Cuadro 7). Sin embargo, la intensidad de emisiones de las otras fincas evaluadas se encuentra en rangos aceptables en comparación con fincas que realizan un manejo tradicional.

Cuadro 5. Resultado de intensidad de emisiones por finca evaluada.

Intensidad de emisiones	APAD	Celso	La Conquista
kg CO2e/kg Carne	3,97	26,26	11,41

Almacenamiento y fijación de carbono

Entre los usos del suelo predominantes en las fincas ganaderas evaluadas, se observó un almacenamiento de carbono en biomasa aérea que varió entre 0.33 y 1.24 tCO_2e/ha/año (Cuadro 8). El mayor valor se registró en los bosques continuos, lo cual se explica por la presencia de árboles con mayores diámetros a la altura del pecho (DAP), mayor altura y una densidad arbórea superior (293 árboles/ha). Sin embargo, la finca de Celso presentó un mayor almacenamiento de carbono en árboles dispersos en potreros, en comparación con las demás fincas. Esto se debe a que cuenta con una mayor densidad



de árboles en esas áreas (70 árboles/ha), superando significativamente a las fincas APAD (7 árboles/ha) y La Conquista (19 árboles/ha), además de que los árboles tienen DAP mayores a 10 cm.

En cuanto al carbono en el suelo, se registró un almacenamiento que varió entre 5.79 y 11.58 tCO_2e/ha/año. La finca La Conquista presentó el mayor almacenamiento anual, lo cual se atribuye a su mayor área productiva y al mayor contenido de materia orgánica en sus suelos (1.48%), en comparación con las otras fincas evaluadas (1.3% y 0.74%). Estos resultados destacan la importancia de incorporar materia orgánica al suelo, ya que esta práctica favorece una mayor capacidad de captura y almacenamiento de carbono (Cuadro 8).

Cuadro 6. Almacenamiento de carbono en biomasa aérea y suelo de los distintos usos de suelo presentes en las fincas evaluadas.

Carbono aéreo (t CO2e/finca/año)	APAD	Celso	La Conquista
Árboles dispersos en potreros	2,29	516,88	87,33
Bosques continuos	85,58	3232,22	1489,41
Cortinas rompevientos		199,43	83,98
Total general	87,87	3948,54	1660,73
Carbono aéreo (t CO2e/ha/año)			
Árboles dispersos en potreros	0,02	0,16	0,02
Bosques continuos	0,86	0,80	0,22
Cortinas rompevientos		0,28	0,09
Total general	0,88	1,24	0,33
Carbono en suelo			
t CO2e/finca/año	1027,11	18385,00	48625,31
t CO2e/ha/año	10,17	5,79	11,58
t C/ha/año	2,77	1,58	3,15

Balance de carbono

En este estudio, todas las fincas evaluadas presentaron un balance de carbono negativo (Cuadro 9), lo que demuestra su capacidad para compensar las emisiones generadas por la actividad ganadera. Este resultado se debe, en gran parte, al adecuado manejo de las pasturas mediante el Pastoreo Rotativo Intensivo Regenerativo (PRIR), así como a la conservación de bosques y cortinas rompevientos.

Cabe destacar que, según la legislación nacional, las fincas dedicadas a la ganadería deben conservar al menos un 25% de su superficie como Reserva Legal de Bosque. Además, aquellas ubicadas dentro de zonas de influencia como la Reserva de la Biosfera deben destinar un 25% adicional, alcanzando así un 50% de cobertura boscosa total. Estas condiciones se cumplen en las fincas evaluadas.

De esta manera, por cada kilogramo de carne producido, se logra una fijación neta de carbono atmosférico, lo que evidencia el potencial de estos sistemas ganaderos para contribuir a la mitigación del cambio climático.

Cuadro 7. Balance de carbono de las fincas evaluadas.

	APAD	Celso	La Conquista
Emisiones GEI (tCO2e/año)	376,78	6075,56	9677,76
Captura C (tCO2e/año)	1114,98	22333,54	50286,04
Balance (tCO2e/año)	**-738,20**	**-16257,98**	**-40608,28**

SILVOPAT – 2025 | ICA | ISBN: 978-959-7171-88-1 | Cu-ID: https://cu-id.com/book/978-959-7171-88-1

CONCLUSIONES

Una de las estrategias para reducir las emisiones por fermentación entérica en la ganadería es el uso de biotecnologías, como la aplicación de enzimas exógenas que mejoran la digestibilidad del alimento, o de inhibidores de la metanogénesis, junto con una adecuada gestión de la alimentación (Aguilera et al., 2020).

La ganadería sostenible que incluya árboles y arbustos nativos, trae consigo otros beneficios que no solo contribuyen a mitigar el cambio climático sino también al aumento de la biodiversidad, a la reforestación y valor agregado a los productos como la carne proveniente de esta actividad y que a su vez fortalecen la economía familiar y cooperativa (Ruíz et al., 2021).

Asimismo, la implementación de sistemas silvopastoriles (SSP) en estos sistemas de producción han demostrado resultados positivos en muchos estudios en cuanto a la fijación de carbono, superando incluso las emisiones generadas. En este sentido, el establecimiento planificado y racional de sistemas integrados que asocian cultivos, ganadería y bosque permite incrementar tanto los rendimientos productivos como los beneficios ambientales (Alexandre et al., 2021).

Los hallazgos en este estudio dan las bases para las orientaciones a nivel de políticas y técnicas para promover fincas ganaderas más amigables con el medio ambiente, al fijar netamente una mayor cantidad de CO2 atmosférico. Además, se destaca la importancia del COS como un indicador práctico de restauración de la salud del suelo en sistemas silvopastoriles, y resaltan los co-beneficios del pastoreo regenerativo en la mitigación del cambio climático.

BIBLIOGRAFÍA

Aguilera, E., Piñero, P., Infante Amate, J., González de Molina, M., Lassaletta, L., & Sanz Cobeña, A. (2020). Emisiones de gases de efecto invernadero en el sistema agroalimentario y huella de carbono de la alimentación en España. Real Academia de Ingeniería. ISBN: 978-84-95662-77-4.

Alexandre, G., Cheval, A., Perrette, J. Apotout, M., Diman, J. L., Larade, A., & Vinglassalon, A. (2021). Livestock activities in agroforestry systems in Guadeloupe: systems of production and functions. Agroforest System, 95: 1445–1458. https://doi.org/10.1007/s10457-021-00651-5

Banco Central del Paraguay. (Estimaciones del PIB – Diciembre de 2024). Obtenido de https://www.bcp.gov.py/revision-de-la-proyeccion-pib-i373

Camero, L.A. (2020). Fijación de carbono en un sistema silvopastoril (Erythrina berteroana Urban y Brachiaria brizantha CV Toledo) de una explotación lechera en la Región Huetar Norte de Costa Rica. Revista AgroInnovación en el Trópico Húmedo 2(2): 19-26. DOI: 10.18860/rath.v2i2.5194

Comisión de Carne – Asociación Rural del Paraguay. 2024. Boletín semanal informativo No. 540. https://www.arp.org.py/images/ima2022/Boletin_Semanal_Informativo_540.pdf

Chave, J., C. Andalo, S. Brown, M.A. Cairns, J.Q. Chambers, D. Eamus, H. Folster, F. Fromard, N. Higuchi, T. Kira, J.P. Lescure, B.W. Nelson, H. Ogawa, H. Puig, B. Riera & T. Yamakura. 2005. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. Oecologia 145: 87-99. Oecologia 145: 87-99.

Gutiérrez, C.C. & Mendieta, B. G. (2022). Sistemas silvopastoriles: una alternativa para la ganadería bovina sostenible. La Calera, 22(38): 1-10.

Intergovernmental Panel on Climate Change. [IPCC]. (2006). Guidelines for national greenhouse gas inventories. Institute for global environmental strategies (IGES), Tokio, Japón. https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/

IPCC. 2019. 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Chapter 11: N2O emissions from managed soils, and CO2 emissions from lime and urea application. Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva, Switzerland. Disponible en https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/index.html

MADES-DNCC/PNUD-FMAM. 2021. Tercer Informe Bienal de Actualización sobre Cambio Climático ante la CMNUCC. Proyecto IBA3. Asunción, Py. 452 p.

MADES/PNUD/FMAM.2023. Cuarta Comunicación Nacional de Paraguay a la CMNUCC. Proyecto CCN e IBA3. Asunción, Py. 511 p.

Molina – Rivera, M., Olea, R., Galindo, F. A., & Arriaga, C. M. (2019). Análisis de ciclo de vida de tres sistemas ganaderos tropicales en Campeche, México: caso de estudio. Tropical and Subtropical Agroecosystems, 22: 127-141.

Red de Importaciones y exportaciones (REDIEX), 2021. Sector carnes y derivados. Paraguay. https://www.rediex.gov.py/wp-content/uploads/2023/07/ESP_CARNES-Y-DERIVADOS.pdf

Ruiz, A. 2002. Fijación y almacenamiento de carbono en sistemas silvopastoriles y competividad económica en Matiguás, Nicaragua. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 111p



Ruíz, N., Carrera, F., Villalobos, R., & Durán, L. (2021). Sistematización de la contribución de los bosques modelo al cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE, Turrialba, Costa Rica. ISBN 978-9977-57-752-4

Tongwane, M. & Moeletsi, M. (2021). Provincial cattle carbon emissions from enteric fermentation and manure management in South Africa. Environmental Research 195: 110833. https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.110833

Uddin, M. E., Aguirre-Villegas, H. A., Larson, R. A., Wattiaux, M. A. (2021). Carbon footprint of milk from Holstein and Jersey cows fed low or high forage diet with alfalfa silage or corn silage as the main forage source. Journal of Cleaner Production, 298: 126720. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126720

Walkley, A & IA Black. 1934. An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Sci. 37: 29-38.

Yunga, S. A. (2020). Análisis comparativo del cálculo de huella de carbono por litro de leche producido, entre pequeños y medianos productores que emplean prácticas ganaderas convencionales y pequeños y medianos productores que emplean prácticas de ganadería climáticamente inteligente. [Tesis de Maestría en Cambio Climático y Negociación Ambiental, Universidad Andina Simón Bolivar]. Quito, Ecuador.

SE-34. Biomass production and carbon accumulation of *Eucalyptus urograndis* in an intensive silvopastoral system in southeastern Brazil

Helena Ansanello Koury and Ciro Abbud Righi

Escola Superior de Ensino "Luiz de Queiroz" – USP/ESALQ

*Correspondencia a: helenaakoury@gmail.com

INTRODUCTION

Silvopastoral systems (SPS) are increasingly recognized as essential strategies for climate-smart livestock production, delivering ecosystem services such as carbon sequestration, biodiversity conservation, and microclimate regulation. Globally, livestock systems are responsible for approximately 14–15% of greenhouse gas (GHG) emissions (Gerber et al., 2013). In Brazil, degraded pastures can emit up to 1.8 t CO_2 eq per animal unit (AU) per year (Cerri et al., 2016). Well-managed SPS can counteract this pattern by improving land use efficiency, sustainability, and long-term viability for producers.

OBJECTIVES

This study aimed to estimate the aboveground biomass and carbon stocks of Eucalyptus urograndis trees in an intensive silvopastoral system (iSPS), highlighting their contributions to ecosystem services and climate change mitigation.

MATERIALS AND METHODS

The study was conducted at Fazenda Itapuã (22°16'31"S; 49°26'12"W), São Paulo, Brazil, with a Cwa climate and annual rainfall of 1,623 mm. The experimental design compared a 6-ha iSPS to a conventional pasture system. The iSPS included 333 Eucalyptus urograndis (clone I144) trees arranged in 21 rows. All trees had diameter at breast height (DBH) measured, and 112 had total height recorded. Equivalent DBH (DAP_eq) was calculated for multistem trees. Aboveground biomass was estimated using the model: BT = 0.0359 × (DBH² × H)^0.9644. Carbon stocks were estimated as 50% of the total dry biomass.

RESULTS AND DISCUSSION

The 112 sampled trees accumulated 7,134 kg of aboveground biomass, equivalent to 3,567 kg of carbon, with a mean of 1.765 t C/ha. Extrapolated to the full 6-ha iSPS area, the tree component stored approximately 10.6 t C. These values align with reported sequestration rates for silvopastoral systems, ranging from 5.5–6.9 t C/ha/year (Petersen et al., 2018). Treeless pastures often store 43% less carbon (Feliciano et al., 2021). Integrated eucalyptus systems may accumulate 2.14 Mg C/ha in 27 months—equivalent to 7.83 Mg CO_2 eq/ha—offsetting emissions from ~2.08 AU/ha (Sanquetta et al., 2021).

Over 53 months post-planting, trees in this study accumulated 10.6 t C, with an annual average of 2.4 t C/ha/year or 8.8 t CO_2 eq/ha/year. This sequestration exceeds the emissions of extensive cattle systems in Brazil, which range from 1.8 to 3.5 t CO_2 eq/ha/year (Dias et al., 2021). These findings demonstrate the early and significant climate mitigation benefits of iSPS. Beyond environmental services, such systems enhance economic returns, improve animal comfort, and increase resilience in pasture-based livestock production.

BIBLIOGRAPHY

Cerri, C.E.P. et al. (2016). Greenhouse gas emissions from pasture and crop systems in Brazil. Agricultural Systems, 143, 66–73.

Dias, L.C. et al. (2021). Carbon footprint of beef cattle in Brazil. Science of the Total Environment, 755, 142543.

Feliciano, D. et al. (2021). Carbon stocks and sequestration in silvopastoral systems: a global synthesis. Agriculture, Ecosystems & Environment, 319, 107606.

Gerber, P.J. et al. (2013). Tackling climate change through livestock. FAO. Petersen, R. et al. (2018). Climate-smart livestock systems in Latin America. World Bank Technical Report.

Sanquetta, C.R. et al. (2021). Growth, production and carbon stock of eucalyptus in livestock-forest systems. Embrapa Proceedings.





SE-35. Carbono retenido mediante análisis dasométricos en sistemas silvopastoriles en áreas de intervención del proyecto Cienpinos en viñales
Carbon sequestered through dasometric analysis in silvopastoral systems in the Cienpinos project intervention areas in Viñales

Beatriz Rodriguez-Alfaro[1], Isyoel Urrutia-Hernández[2], Arnaldo F. Álvarez-Brito[3], Alicia Mercadet-Portillo[3], Tania Sánchez-Santana[4], Yoeslin Urrutia Hernández[2], Yosvany Fleitas-Camacho[1]

[1]Instituto de Investigaciones Agroforestales. La Habana. Estación Experimental Agro-Forestal Viñales. Pinar del Río, Cuba, Email. beatrizrodriguezalfaro@gmail.com

[2]Universidad de Pinar del Río Hermanos Saíz Montes de Oca. Centro Universitario Municipal Viñales. Pinar del Río, Cuba, Email. isyoel.urrutia@upr.edu.cu y yoeslinu@gmail.com

[3]Instituto de Investigaciones Agroforestales. Calle 174, no. 1723, e/17B y 17C, Siboney, Playa, La Habana, Cuba, Email. arnaldoalvarezbriito@gmail.com y mercadet49@gmail.com

[4]Estación Experimental de Pastos y Forrajes. Indio Hatuey, Universidad de Matanzas. España República. Perico, Matanzas, Cuba. Email. tania@ihatuey.cu

RESUMEN

El presente estudio se desarrolló con el objetivo de cuantificar las retenciones de carbono en relación a las variables dasométricas, en parcelas de muestreo permanentes (PMP) en sistemas silvopastoriles con cerdos criollos, donde la especie predominante es el encino, utilizando parcelas de muestreo permanentes en el área de trabajo de intervención del proyecto internacional CIENPINOS "Gobernanza climática municipal y producción agroforestal sostenible de alimentos con bajas emisiones y adaptadas al cambio climático" con una extensión de 500 ha en cada una de las áreas evaluadas en el sitio de intervención. Se establecieron cinco parcelas de muestreo permanentes con dimensión de 20 x 25 m (500 m^2), debidamente georreferenciadas, evaluando la cantidad de árboles, especies, altura, diámetro a altura del pecho y grosor de la corteza. Se calcularon los volúmenes totales de madera con el sistema LPT V-2.00 como base para el cálculo de las retenciones de carbono, calculando las existencias de carbono en el año 2024 con el sistema SUMFOR v-5.02, permitiendo el establecimiento de planes de manejo para incrementar los niveles de captura CO_2, registrando un total de carbono retenido que osciló entre 90,58 t/ha y 106,99 t/ha en las áreas de intervención de los sistemas silvopastoriles, aspecto de suma importancia ecológica para su conservación.

Palabras clave: *carbono retenido, sistemas silvopastoriles, sumideros de carbono*

ABSTRACT

The present study was developed with the objective of quantifying the retentions of carbon in relation to the variable dasométricas, in permanent sampling parcels (PMP) in systems silvopastoriles with Creole pigs, where the predominant species is the encino, using permanent sampling parcels in the workspace of intervention of the international project CIENPINOS "municipal climatic Gobernanza and production sustainable agroforestal of allowances with low emissions and adapted to the climatic change" with an extension of 500 there is in each one of the areas evaluated in the intervention place. Five permanent sampling parcels settled down with dimension of 20 x 25 m (500 m2), properly georreferenciadas, evaluating the quantity of trees, species, height, diameter to height of the chest and grosor of the bark. The wooden total volumes were calculated with the system LPT V-2.00 like base for the calculation of the retentions of carbon, calculating the existences of carbon in the year 2024 with the system SUMFOR v-5.02, allowing the establishment of handling plans to increase the capture levels CO_2, registering a total of retained carbon that oscillated between 90,58 t/ha and 106,99 t/ha in the areas of intervention of the systems silvopastoriles, aspect of supreme ecological importance for their conservation.

Key words: *retained carbon, systems silvopastoriles, drains of carbon*

INTRODUCCIÓN

El cambio climático es uno de los mayores desafíos ambientales del siglo XXI, impulsado principalmente por el aumento de las concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera, especialmente el dióxido de carbono (CO_2). En este contexto, los sistemas silvopastoriles (SSP) emergen como una estrategia clave para la mitigación climática, al integrar árboles, pastos y ganado en un modelo de producción agropecuaria sostenible que promueve el **secuestro de carbono** en la biomasa arbórea y el suelo.

El carbono perdido o ganado por ellos constituye un resultado de actividades tales como la forestación, reforestación o deforestación; el clima afecta el crecimiento de estos, su estructura y función (Bravo *et al*, 2008).

La captura y las existencias de carbono en los bosques dependen de diferentes elementos ecológicos como temperatura, precipitación, humedad, radiación solar, tipo y contenido de nutrientes del suelo, régimen de disturbios, estado sucesional, especie vegetal, posición topográfica e impactos humanos de cada zona, entre otros (Quinto, 2023).

Por ello, es necesario potenciar y favorecer el papel de los ecosistemas en la retención de carbono porque, la pérdida de ellos constituye uno de los elementos causantes del cambio climático, de cuyas manifestaciones no escapa país alguno y que en el ámbito local se manifiesta en los cada vez más prolongados períodos de sequías, el aumento de la temperatura media anual y el impacto más frecuente de intensos ciclones tropicales. Los ecosistemas forestales contienen grandes cantidades de carbono almacenado en biomasa viva, muerta y en el suelo (Post *et al.*, 1982; (Ordóñez-Díaz y Masera, 2001), lo que hace necesario el monitoreo de las coberturas forestales a corto y largo plazo para registrar información sobre el comportamiento del carbono (Retana-Chinchilla *et al.*, 2019).

Las evaluaciones dasométricas, que miden la estructura y el crecimiento de los árboles, son una herramienta clave para estimar la cantidad de carbono almacenado en los bosques. Estos datos permiten calcular la biomasa forestal y, por ende, el carbono que se puede almacenar. Al realizar intervenciones en áreas específicas como reforestación o manejo forestal sostenible, es crucial medir como estas acciones afectan tanto la estructura del bosque como su capacidad para almacenar carbono. El manejo de los bosques (naturales o artificiales) ofrece la oportunidad de mitigar, en parte, sobre las causas del cambio climático provocado por las emisiones de gases efecto invernadero (GEI) a que los arboles pueden absorber CO_2 de la atmosfera mediante la fotosíntesis (Ciesla 1996; Márquez, 2000).

Datos del Servicio Estatal Forestal del municipio de Viñales, en la provincia de Pinar del Río declaran un patrimonio forestal de 49 219,0 ha y de ellas 32 936,5 ha son de bosque natural que actúan como sumidero de grandes cantidades de CO_2.

El objetivo planteado fue evaluar las retenciones de carbono en relación a las variables dasométricas en los sistemas silvopastoriles con cerdo bellotero, donde la especie predominante es el encino, permitiendo el establecimiento de planes de manejo para incrementar los niveles de captura de CO_2, contribuyendo atenuar el cambio climático, y por ende, a elevar la calidad de vida y la salud de los organismos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se ubicó en comunidades vegetales de pino-encino en la Unidad Empresarial de Base Agroforestal Viñales que se encuentra en el municipio Viñales perteneciente a la Empresa Agroforestal La Palma en la Cordillera de Guaniguanico, específicamente en áreas de encinares naturales categorizados como Bosques para la protección de la fauna (República de Cuba, 1998), municipio, donde se encuentra 57 % de los encinares naturales de la provincia (Servicio Estatal Forestal, 2021). La precipitación promedio anual del área de estudio fue de 1 765 mm, la temperatura promedio anual de 25 °C. Presenta una temperatura máxima de 28,8 °C y una mínima de 19,5 °C. Según Hernández (2003), los suelos en donde se realizó el estudio se clasifican como Alíticos, con pH ácido, esqueléticos y con bajos porcentajes de materia orgánica, destacándose en ellos el alto contenido de aluminio y el contenido de arcilla es mayor en el subsuelo que en el suelo superficial.

Las mediciones se realizaron durante el año 2024, en tres áreas de trabajo (La Majagua, Los Jazmines y Los Cayos San Felipe) con superficies de 500 ha respectivamente. Con respecto a la dimensión de las parcelas para el desarrollo del muestreo en este caso las evaluaciones fueron realizadas empleando un muestreo aleatorio proporcional al área con parcelas permanentes de muestreo (PMP) de 20 x 25 m (500 m^2) a razón de una cada 100 ha y estimar a partir de ellas, los valores correspondientes a toda el área forestal existente (tabla 1).

Tabla 1. Número de PPM que fueron establecidas en cada medición por AT.

Área de trabajo	Superficie (ha)	Tipo de bosque	Formación	Categoría	Total de parcelas
Los Jazmines	500	Natural	Pino-encino	Productor	5
La Majagua	500	Natural	Pino-encino	Productor	5
Los Cayos San Felipe	500	Natural	Pino-encino	Productor	5

Se realizó un trabajo de gabinete mediante el cual se estableció la ubicación de cada una de las PMP en el área de trabajo, asignándole secuencialmente un número que mantendrán durante la ejecución de las evaluaciones, empleando las coordenadas correspondientes al centro de cada PMP y con un GPS, se ubicaron en el AT (tabla 2).

Tabla 2. Georreferenciación de las parcelas establecidas en cada AT.

AT	Parcela	Norte	Oeste
Los Jazmines	1	22^0 33' 12,10"	83º 45' 32,80"
Los Jazmines	2	22^0 54' 35,43"	83^0 77' 56 72"
Los Jazmines	3	22° 33' 24,26"	83° 50' 20 29"
Los Jazmines	4	22° 59' 31,29"	83° 84' 19,00"
Los Jazmines	5	22º 35´ 12,00"	83º 43´ 49,00"
La Majagua	1	22^0 34' 37,40"	83^0 41' 48,40"
La Majagua	2	22^0 33' 44,52"	83^0 49' 59.33"
La Majagua	3	22° 34' 51,00"	83° 40' 35,50"
La Majagua	4	22° 34' 51,10"	83° 40' 35,50"
La Majagua	5	22° 57' 00,42"	83° 67' 74,15"
Los Cayos San Felipe	1	22^0 31' 12,10"	83^0 45' 32,80"
Los Cayos San Felipe	2	22^0 54' 35,43"	83^0 77' 56,72"
Los Cayos San Felipe	3	22^0 55' 37,66"	83^0 76' 59,44"
Los Cayos San Felipe	4	22° 32' 45,50"	83°47' 04,60"
Los Cayos San Felipe	5	22^0 55' 19,66"	83^0 78' 17,52"

Se midieron para todos los árboles de las parcelas las variables: grosor de corteza (±0,1 mm), diámetro normal del fuste (a partir de 6,0 cm de diámetro a 1,30 m del suelo; ±0,1 cm) y altura total (±0,5 m) para calcular el volumen según lo establecido por la Norma Ramal 595 del Ministerio de la Agricultura (MINAG, 1982). Los volúmenes calculados en las parcelas permitieron estimar el volumen promedio de madera en pie para cada año, el rendimiento anual y el incremento corriente anual (ICA) del área de estudio. A partir de la superficie del área y de los volúmenes por año, fue calculada la retención de carbono.

El modelo usado por SUMFOR para calcular las existencias de carbono en el bosque (Mercadet *et al.*, 2021) incluye:

Carbono en la biomasa: CB = V x DB x FEB x RAS x CC

Carbono en la necromasa: CN = 18,2 S

Carbono en el suelo: CS = 123 S

Donde:

V – volumen total de la especie o formación natural, calculado por LPT.

DB – densidad básica de la especie o promedio de la formación natural (ponderado por la abundancia de las especies que la componen).

FEB – factor de expansión de la biomasa.

RAS – relación entre biomasa aérea y subterránea.

CC – coeficiente de carbono.

S – superficie ocupada por la especie o formación.

SUMFOR permite evaluar simultáneamente 176 especies y 16 formaciones naturales, calculando la existencia de carbono general, por especie, formación y categoría en tC/ha (para facilitar las comparaciones), así como la distribución relativa del carbono por depósito (biomasa, necromasa y suelo) en cada tipo de bosque (artificial y natural).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de las evaluaciones dendrométricas de las áreas de intervención del proyecto CIENPINOS en el 2024 se presentan a continuación:

Los Jazmines

Al analizar las variables dendrométricas en el sitio de intervención se aprecia que el volumen total es de 23 454 m^3/ha (tabla 3) en bosques donde predomina el encino, explotados principalmente para el pastoreo intensivo del cerdo criollo, los cuales constituyen importantes sumideros de carbono al concentrarse más del 80 % de estos bosques en el municipio de Viñales.

Esta información es de especial importancia en la actualidad, debido a la necesidad de conocer los montos de C capturado por los bosques naturales.

La distribución volumétrica del área de trabajo indica que la mayor cantidad de árboles están representados en la clase diamétrica de 6-10 cm indicador que demuestra que la comunidad vegetal debido a su fragmentación ha garantizado la permanencia de encinares en estado juvenil a diferencia de la presencia del número de árboles correspondiente a la clase diamétrica mayor a 30 cm, lo que incide en el almacenamiento de C y en el empleo del área, destinada a la producción de madera. De acuerdo con lo referido con Schulze *et al*. (2000). La capacidad de los ecosistemas forestales para almacenar C en forma de biomasa aérea varía en función de la composición florística, la edad y la densidad de población de cada estrato por comunidad. La determinación de esta capacidad constituye un reto cuando se trata de evaluar el potencial de sistemas forestales, naturales, alterados o inducidos por el hombre.

Tabla 3. Informe dendrométrico

Variable			Valor	Error (%)
a) Resultados promedio del área de trabajo				
Grosor de corteza, mm			1,21	19,06
Diámetro ≥ 6 cm			10,88	3,09
Altura total, m			6,49	7,80
Volumen total, m^3			23 454	24,27
b) Resultados por hectárea				
Área basal, m^2/ha			15,23	22,78
Volumen con corteza, m^3/ha			46,91	24,27
Volumen sin corteza, m^3/ha			45,21	24,08
Volumen de corteza, m^3/ha			1,70	29,80
Cantidad árboles, árb./ha			1 228	14,59
c) Distribución volumétrica del área de trabajo				
Clase diamétrica (cm)	**Cantidad de árboles**	**Error (%)**	**Vol. cc (m^3)**	**Error (%)**
6,0-10,0	366 000	16,68	3 822	17,67
10,1-15,0	154 000	19,22	5 556	28,97
15,1-20,0	60 000	21,08	5 214	32,18
20,1-25,0	24 000	28,26	4 010	35,03
25,1-30,0	8 000	46,77	1 950	46,24
> 30,0	2 000	100,00	2 902	100,00



La Majagua

Los valores obtenidos de las variables dendrométricas monitoreadas para el área de estudio en la comunidad vegetal del bosque natural de pino-encino en la zona de la Majagua con una altura promedio de 6,52 m, un diámetro de 11,45 cm , grosor de la corteza de 5,07 mm y un volumen total de 28 533 m^3/ha, permitieron determinar el valor del carbono retenido de 98,08 t/ha (tabla 4). Uno de los servicios ecosistémicos más importantes proporcionados por los bosques es el almacenamiento de carbono, es decir, "*la captura y el almacenamiento a largo plazo de dióxido de carbono, que constituye el principal motor del cambio climático*". (CODIS,2017)

Tabla 4. Informe dendrométrico.

Variable			Valor	Error (%)
a) Resultados promedio del área de trabajo				
Grosor de corteza, mm			5,07	31,77
Diámetro ≥ 6 cm			11,45	7,41
Altura total, m			6,52	4,41
Volumen total, m^3			28 533	28,49
b) Resultados por hectárea				
Área basal, m^2/ha			19,80	28,15
Volumen con corteza, m^3/ha			57,07	28,49
Volumen sin corteza, m^3/ha			51,41	34,07
Volumen de corteza, m^3/ha			5,65	27,70
Cantidad árboles, árb./ha			1.164	5,84
c) Distribución volumétrica del área de trabajo				
Clase diamétrica (cm)	**Cantidad de árboles**	**Error (%)**	**Vol. cc (m^3)**	**Error (%)**
6,0-10,0	356 000	8,02	3 701	10,38
10,1-15,0	136 000	17,49	4 461	24,92
15,1-20,0	54 000	23,86	4 272	21,56
20,1-25,0	10 000	31,62	1 392	40,08
25,1-30,0	4 000	61,24	562	90,06
> 30,0	22 000	59,96	14 145	61,38

Los Cayos

La distribucion volumétrica por clase diamétrica como se muestra en la tabla 5, la mayor cantidad de árboles en el área corresponden a la clase diamétrica de 6-10 cm con un total de 410 árboles representando el 60,74 % de la comunidad vegetal con predominio de la especie arbórea *Quercus cubana*, lo que compremete la producciòn de madera . El promedio general de la concentración de carbono total en la biomasa aérea de las especies del bosque de pino-encino fue de 49,56 %, cifra muy cercana al 50 % de carbono citado por diversos autores (IPCC *et al.*, 1995; Brown, 1997; Birdsey y Heath, 2001) para convertir la biomasa de los bosques en carbono almacenado.

Los resultados de la distribución por depósito en las áreas de intervención del proyecto muestran que el mayor porcentaje lo alcanza el suelo oscilando de un 43 % a un 51 % (tabla 6) dado a que las áreas de bosques, son naturales y está cubierta en casi su totalidad la superficie, lo que permite mantener protegido el suelo, además de las prácticas de manejo que se establecen a los encinares, los cuales su finalidad principal está condicionada para la cría extensiva de cerdos en

su medio natural. Es notorio destacar que existe relación directa con la biomasa donde en la zona de intervención de Los Cayos corresponde el mayor número de árboles por hectárea comparados con las demás áreas de trabajo, donde los bosques tienen capacidad para almacenar y capturar carbono, por lo que con un manejo sustentable podría contribuir a la mitigación del cambio climático global. Las prácticas de manejo forestal inadecuadas hacen que las zonas forestales sean una fuente de emisión de CO_2 a la atmósfera (Canadell y Raupach, 2008; Putz *et al.*, 2008; Skutsch y McCall, 2012). Cuando ello ocurre en donde se extrae madera, se limita su potencial para alcanzar balances positivos en las estimaciones de carbono (Griscom *et al.,* 2009). Por el contrario, si el aprovechamiento es adecuado, además de producir madera se reducirían sus emisiones de CO_2 a la atmósfera y se capturaría carbono (IPCC, 2007).

Tabla 5. Informe dendrométrico.

Variable			**Valor**	**Error (%)**
a) Resultados promedio del área de trabajo				
Grosor de corteza, mm			2,57	50,06
Diámetro ≥ 6 cm			10,65	2,44
Altura total, m			7,40	6,11
Volumen total, m³			34 581	28,67
b) Resultados por hectárea				
Área basal, m²/ha			18,97	20,37
Volumen con corteza, m³/ha			69,16	28,67
Volumen sin corteza, m³/ha			64,67	26,38
Volumen de corteza, m³/ha			4,49	62,03
Cantidad árboles, árb./ha			1 350	7,76
c) Distribución volumétrica del área de trabajo				
Clase diamétrica (cm)	**Cantidad de árboles**	**Error (%)**	**Vol. cc (m³)**	**Error (%)**
6,0-10,0	410 000	12,03	4.530	6,23
10,1-15,0	197 500	5,61	7.814	8,14
15,1-20,0	47 500	21,70	4.713	19,75
20,1-25,0	10 000	57,74	1.812	62,46
25,1-30,0	5 000	100,00	1.291	100,00
> 30,0	5 000	57,74	14.421	78,77

Tabla 6. Representación de los resultados de la distribución por depósito en las áreas de intervención del proyecto.

Depósito	**Jazmines**	**Majagua**	**Los Cayos**
En la biomasa	38,67	43,35	48,07
En la necromasa	9,45	8,72	8,00
En el suelo	51,89	47,92	43,93





Teniendo en cuenta el rol de estos bosques en la mitigación del cambio climático, los cuales regulan las concentraciones de dióxido de carbono (CO_2) en la atmósfera, mediante su captura, almacenamiento y fijación en la biomasa y el suelo, tal y como lo indica Rodríguez-Larramendi *et al*. (2016) es importante establecer una estrategia de manejo de conservación de los mismos.

En la tabla 7 se muestran los valores de retención de carbono de las áreas de intervención del proyecto apreciándose en la zona de Los Cayos el mayor valor obtenido de carbono con 106,99 t/ha dado al número de árboles por hectárea, que fue superior a las demás áreas evaluadas y a la densidad de la comunidad vegetal asociado al manejo que se establece. Por lo que la magnitud de este fenómeno destaca la importancia del manejo adecuado de los ecosistemas forestales como un enfoque alternativo adecuado para compensar las crecientes emisiones de CO_2 antropogénico en la atmósfera, según Sheinbaum y Masera (2000). Por esta razón, es de vital importancia medir los flujos y los reservorios de C.

Tabla 7. Retención de carbono de las áreas de intervención del proyecto.

Lugar	Superficie (ha)	Cantidad de parcelas	Volumen cc (m^3)	Error volumen (m^3)	Error volumen (%)	Carbono (t/ha)
La Majagua	500	5	28 532,53	± 8 128,86	28,49	98,08
Los Cayos	500	5	34 580,83	± 9 913,74	28,67	106,99
Los Jazmines	500	5	23 453,74	± 5 692,04	24,27	90,58

Estos bosques "son considerados como un importante depósito de carbono si se tiene en cuenta que ocupan más del 80 % en la provincia, cuya permanencia en el ecosistema depende en gran medida de que no se manifiesten fenómenos naturales y antropogénicos; por lo que se hace necesario emprender estrategias para su conservación y manejo.

CONCLUSIONES

Las áreas de bosques naturales de pino-encino de los sistemas silvopastoriles con cerdo criollo evaluadas contribuyen a la mitigación del cambio climático al alcanzar la condición de sumideros de carbono.

Se registró un total de carbono retenido que osciló entre 90,58 t/ha y 106,99 t/ha en las áreas de intervención de los sistemas silvopastoriles, aspecto de suma importancia ecológica para su conservación, lo cual podría usarse como línea base para establecer un plan de manejo sostenible.

Los resultados del balance de carbono entre evaluaciones periódicas con resultados satisfactorios en los sistemas silvopastoriles crean las bases para que la Empresa Agroforestal La Palma pueda acceder a un sistema nacional de pago por servicios ambientales (PSA).

BIBLIOGRAFÍA

Birdsey, R. & L. Heath. 2001. Forest Inventory Data, Models, and Assumptions for Monitoring Carbon Flux. In: R. Lal and R. F. Follett, eds. *Soil carbon sequestration and greenhouse effect*. No. 57. Madison, USA: Soil Science Society of America, Inc. p. 125-135.

Bravo, F.; LeMay, Valerie & Jandl, R. 2008. *Managing forest ecosystems: The challenge of climate change*. Switzerland: Springer International Publishing.

Brown, Sandra. 1997. *Estimating biomass and biomass change of tropical forests: a primer*. FAO Forestry Paper 134. Rome: FAO. http://www.fao.org/docrep/w4095e/w4095e00.htm https://books.google.com.cu/books?id=uv-ISezvitwC&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false.

Canadell, J. G. & Raupach, M. R. 2008. Managing forests for climate change mitigation. *Science*. 320 (5882):1456-1457. DOI: https://doi.org/10.1126/science.1155458.

Ciesla, WM. 1996. *Cambio climático, bosques y ordenación forestal: una visión de conjunto*. Estudio FAO Montes 126. Roma: FAO. https://distritoforestal.es/images/cambioclimaticob034849mbp.pdf.

CORDIS. 2017. Linking tree and belowground biodiversity to forest Ecosystem function. CORDIS, Comisión Europea. https://cordis.Europa.eu/article/id/205986-the-link-between-carbon-sequestration-and-biodiversity/es

Griscom, B.; Ganz, D.; Virgilio, N.; Price, F.; Hayward, J.; Corte, R… & Stanley, B. 2009. The hidden frontier of forest degradation. Review of the science, policy and practice of reducing degradation emissions. Arlington, USA: The Nature Conservancy.
https://www.conservationgateway.org/Documents/The%20Hidden%20Frontier%20of%20Forest%20Degradation.pdf.

Hernández, A.; Ascanio, M. O.; Carrera, R. A. & Morales, B. N. 2003. *Nuevos aportes a la clasificación genética de los suelos en el ámbito nacional e internacional.* La Habana: Instituto de Suelos, Ministerio de la Agricultura, AGRINFOR.

IPCC. 2007. Climate Change 2007. The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Solomon, S., Qin, D. Manning, M. Chen, Z. Marquis, M. Averyt, K.B.; Tignor, M. and Miller, H. L., eds. Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press; New York. https://www.ipcc.ch/report/ar4/wg1/.

IPCC; UNEP; OECD; International Energy Agency & WMO. 1995. Greenhouse gas inventory reference manual: IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 3. Bracknell, United Kingdom: Intergovernmental Panel on Climate Change. http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs1.htm v.3.

Márquez, Lilian, Ed. 2000. *Elementos técnicos para inventarios de carbono en uso del suelo*. Guatemala: Fundación Solar. https://www.academia.edu/608349/Elementos_t%C3%A9cnicos_para_inventarios_de_carbono_en_uso_de_suelo.

Mercadet-Portillo, Alicia J.; Álvarez-Brito, A. & Ajete-Hernández, Arlety. 2021. La mitigación del cambio climático por el sector forestal cubano. La Habana: Instituto de Investigaciones Agroforestales.

MINAG. 1982. Norma Ramal 595. Tratamientos silviculturales. Coníferas y Latifolias. Raleos en plantaciones y bosques naturales. Ministerio de la Agricultura.

Ordóñez-Díaz, J. A. B. & O. Masera. 2001. La captura de carbono ante el cambio climático. *Madera y Bosques*. 7 (1):3-12. https://www.redalyc.org/pdf/617/61770102.pdf.

Post, W. M.; Emanuel, W. R.; Zinke, P. J. & Stangenberger, A. G. 1982. Soil carbon pools and world life zones. *Nature.* 298:156-159. DOI: https://doi.org/10.1038/298156a0.

Putz, F. E.; Zuidema, P. A.; Pinard, Michelle A.; Boot, R. G. A.; Sayer, J. A.; Sheil, D… & Vanclay, J. K. 2008. Improved tropical forest management for carbon retention. *PLOS Biology*. 6 (7):e166. DOI: https://doi.org/10.1371/journal.pbio.0060166.

Quinto-Mosquera, H., Ed. 2023. El papel de los bosques del Pacífico Colombiano en la mitigación del cambio climático global. Colombia: Editorial Universidad Tecnológica del Chocó "Diego Luis Córdoba". https://utch.edu.co/nueva/images/Ivestigacion_Vicerrectoria/EL-PAPEL-DE-LOS-BOSQUES-FINAL-NOV_30-2023.pdf.

República de Cuba. (1998). Ley 85: Ley Forestal. Asamblea Nacional del Poder Popular, Ciudad de La Habana, Cuba. 18 p.

Retana-Chinchilla, L..; Méndez-Cartín Ana L.; Sánchez-Toruño H.; Montero-Flores W.; Barquero-Elizondo, Ana I. & Hernández-Sánchez, L. G. 2019. Estimación de la biomasa y carbono almacenado en un bosque primario intervenido de la zona protectora "El Rodeo", Costa Rica. *Revista cubana de ciencias forestales*. 7 (3):341-353. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2310-34692019000300341&lng=es.

Rodríguez-Larramendi, L. A.; Guevara-Hernández, F.; Reyes-Muro, L.; Ovando-Cruz, J.; Nahed-Toral, J.; Prado-López, M. & Campos Saldaña, Rady A. 2016. Estimación de biomasa y carbono almacenado en bosques comunitarios de la región Frailesca de Chiapas, México. *Revista mexicana de ciencias forestales*. 7 (37):77-94. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11322016000500077&lng=es&tlng=es.

Servicio Estatal Forestal. 2021. *Encinares existentes en la provincia de Pinar del Río. Dinámica 2016*. Pinar del Río, Cuba: Servicio Estatal Forestal.

Schulze, E. D.; Wirth, C. & Heimann, M. 2000. Managing forests after Kyoto. *Science*. 289 (5487):2058-2059. DOI: https://doi.org/10.1126/science.289.5487.2058.9.

Sheinbaum, Claudia & Masera, O. 2000. Mitigating carbon emissions while advancing national development priorities: The case of mexico. *Climatic Change.* 47:259-282. https://doi.org/10.1023/A:1005610923555.

Skutsch, M. and M. K. McCall. 2012. The role of community forest management in REDD+. *Unasylva*. 63 (239):51-56. https://www.fao.org/4/i2890e/i2890e.pdf.





SE-36. Evaluación del secuestro de carbono orgánico de suelo en dos sistemas: silvopastoril y pastizal
Evaluation of soil organic carbon sequestration in two systems: Silvopastoral and grassland

Wendy Mercedes Ramírez Suárez[1*]*; Saray Sánchez Cárdenas*[1] *y Yoansy García Ortega*[2]

[1]Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, Universidad de Matanzas, Ministerio de Educación Superior Central España Republicana CP 44280, Matanzas, Cuba

[2]Universidad Agraria del Ecuador Av. 25 de Julio, Guayaquil 090104, Ecuador

*Correspondencia a: wendy.ramirez@ihatuey.cu, wendy241021@gmail.com

ABSTRACT

To evaluate soil organic carbon sequestration in two systems: silvopastoral and grassland, this research was conducted in areas of the Indio Hatuey Pasture and Forage Experimental Station. In the silvopastoral system, three paddocks were evaluated with a floristic composition consisting of *Leucaena leucocephala* (Lam.) cv. CNIA-250 and natural grasses, paddock 4 composed of *Leucaena leucocephala* (Lam.) cv. Peru and *Megathyrsus maximus* Jacq, and paddock 2 with *Leucaena leucocephala* cv. Cunningham, and *Megathyrsus maximus*; in the grassland system, three paddocks were evaluated with a composition of *Megathyrsus maximus* Jacq. Soil carbon sequestered (SOC) was determined at a depth of 0-15 cm and 15-30 cm. The silvopastoral system showed the highest values of sequestered carbon at a depth of 0-15 cm, with 52.09 t ha^{-1} and did not present significant differences with the values found at a depth of 15-30 cm in this same system, but it did differ significantly with the values obtained in the pasture, which presented values of 41.81 t ha^{-1} (0-15 cm) and 38.73 t ha^{-1} (15-30 cm). The results confirm that silvopastoral systems have a greater capacity to store carbon than pastures, mainly due to their greater input of biomass, which improves the physical properties of the soil and provides greater protection against erosion. When evaluating soil organic carbon sequestration, it is essential to highlight the input of different sources of organic matter to the soil and their stabilization mechanisms.

Key words*: mitigation, climate change, organic matter, livestock agroecosystems*

Palabras clave: *mitigación, cambio climático, materia orgánica, agroecosistemas ganaderos*

INTRODUCCIÓN

El cambio climático es uno de los problemas más graves que enfrenta la humanidad, en este sentido se han desarrollado numerosos esfuerzos internacionales para el enfrentamiento de este fenómeno. Según Minasny *et al*. (2023) el secuestro del carbono orgánico del suelo (COS) es una de las opciones claves para la mitigación del cambio climático ya que trae consigo numerosos cobeneficios que posibilitan el incremento de la productividad de los agroecosistemas y de los servicios ecosistémicos.

El término secuestro de COS se refiere al proceso de transferencia de CO_2 desde la atmósfera hacia el suelo a través de residuos vegetales y otros materiales orgánicos que se almacenan o retienen con un tiempo de residencia medio, largo, para que no se vuelva a emitir a la atmósfera. (Lal *et al*., 2015).

Se estima que el suelo es capaz de almacenar 1 505 Pg de CO a 1 metro de profundidad y la tasa promedio global de secuestro de carbono con la adopción de buenas prácticas de manejo que garanticen los mecanismos de protección del COS varía entre 0,05-1 Mg C ha^{-1} $año^{-1}$ (Lal, 2018). Una vez almacenado el CO en el suelo debe lograr estabilidad para resistir cambio y/o pérdidas estos mecanismos de estabilización del COS dependen de factores bióticos, abióticos y de gestión que determinan la eficacia de estabilización del carbono en el suelo.

Por su parte la ganadería es una actividad cuestionada debido fundamentalmente a las emisiones de gases de efecto invernadero que genera, sin embargo, existen opciones tecnológicas capaces de mitigar los efectos del cambio climático, tal es el caso de los sistemas silvopastoriles (SSP) que según Yadav *et al.* (2019) proporcionan múltiples servicios ecosistémicos, dentro de los que se destaca el secuestro de carbono. Almacenar carbono orgánico en el suelo contribuye a mitigar el calentamiento global además de incrementar la fertilidad, lo que significa mayor capacidad para producir biomasa.

Teniendo en cuenta lo anteriormente planteado el objetivo de esta investigación fue evaluar el secuestro de carbono orgánico del suelo en dos sistemas: silvopastoril y pastizal.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

El estudio se realizó en la Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey la cual está ubicada en el municipio de Perico, de la provincia Matanzas (22°50'12,26" N 81°02'25,99" W) a una altitud de 19 msnm.

Caracterización edafoclimática del área experimental

El suelo donde se realizó la investigación se clasifica como Ferralítico Rojo (Hernández *et al.*, 2015), de topografía plana, el cual predomina en el 15 % (aproximadamente) de la superficie del país.

El clima se caracteriza por dos períodos bien definidos: período lluvioso (PLL) de mayo a octubre, y período poco lluvioso (PPLL) de noviembre a abril. En los últimos cinco años la temperatura promedio anual de la zona fue de 24,38 ºC, los meses más cálidos fueron julio y agosto con una temperatura promedio de 26,6 ºC y 26,7 ºC, respectivamente; y enero, el más frío con 20,3 ºC. La humedad relativa promedio anual fue de 80,6 %, con el mayor valor promedio en octubre (86,4 %) y el menor en abril (72,4 %). La suma de los promedios de la precipitación anual fue de 1 456,4 mm, para un promedio de 121,4 mm de lluvia por año; el mes de septiembre fue el más lluvioso (288,9 mm) y febrero, el menos lluvioso (solo 17,9 mm).

Procedimiento experimental

Se evaluaron tres cuartones en silvopastoreo, cada cuartón tiene una extensión de una hectárea. El cuartón 5 tenía una composición florística conformada por *Leucanea leucocephala* (Lam.) cv. CNIA-250 y pastos naturales, el cuartón 4 estuvo compuesto por *Leucaena leucocephala* (Lam.) cv. Perú y *Megathyrsus maximus* Jacq, y el cuartón 2 estaba con *Leucaena leucocephala* cv. Cunninghan, y *Megathyrsus maximus*. La carga global con la que fue manejada este sistema fue de 1,8 UGM/ha. Las áreas tienen más de 15 años en explotación.

En el sistema de pastizal se evaluaron 3 cuartones con una composición de *Megathyrsus maximus* Jacq, manejado con una carga global de 1,5 UGM/ha. Esta área tiene 12 años de explotación y en el momento de la evaluación llevaba seis meses de reposo.

Los muestreos se realizaron en cada área en cinco puntos, se evaluaron a dos profundidades de 0-15 cm y de 15-30 cm

El contenido de carbono secuestrado en el suelo se calculó mediante la siguiente ecuación (FAO, 2017):

$$COS = \% Cs \times Da \times Prof$$

Donde COS (t ha^{-1} C): Carbono secuestrado en el suelo

% Cs: contenido de carbono orgánico del suelo, determinado en el laboratorio por el método de combustión húmeda de Walkley & Black (1934)

Da (g cm^{-3}): Densidad aparente del suelo, determinada por el método del cilindro de volumen conocido (Forsythe, 1980).

Prof (cm): Es la profundidad de muestreo

Análisis estadístico

Para determinar si existen diferencias significativas entre los agroecosistemas en estudio se comprobó el cumplimiento de los supuestos de distribución normal (Shapiro Wilks). y homocedasticidad (prueba de Levene). Se utilizó el paquete estadístico Infostat (2001). Para determinar las diferencias de las medias se empleó la dócima de comparación de rangos múltiples de Duncan, con un nivel de significación de $p<0,05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 1 se muestra el comportamiento del carbono almacenado en cada agroecosistema en estudio y para cada profundidad evaluada. Los resultados demuestran que las áreas del sistema silvopastoril almacenan significativamente más carbono orgánico del suelo en comparación con el área de pastizal donde no existe la presencia de árboles.

Tabla 1. Carbono almacenado en el suelo (t ha^{-1})

Sistema		Pastizal	Silvopastoril
Profundidad (cm)	0-15	41,81[b]	52,09[c]
	15-30	38,73[a]	50,07[c]

Error: 7.48

Letras distintas indican diferencias significativas(p<=0.05)(Duncan,1955)

Estos resultados son superiores a los encontrados por Lok *et al*. (2013) quienes evaluaron el carbono almacenado en el suelo de tres sistemas ganaderos tropicales en explotación con ganado vacuno durante tres años y encontraron valores entre 20,0 y 25,9 t ha^{-1} en el sistema silvopastoril; entre 20,0 y 22,6 t ha^{-1}en un sistema con mezcla de leguminosas y entre 15 y 22 t ha^{-1} en un pastizal, para la profundidad de 0-15cm. Estos autores reportaron que la mayor acumulación de COS se encontró en los primeros 15 cm de profundidad al igual que los resultados de la presente investigación.

Los mayores valores se obtuvieron en el sistema silvopastoril en la profundidad de 0-15 cm sin diferencias significativas con los valores encontrados en la profundidad de 15-30 cm en este, mismo sistema, pero con diferencias significativas respecto al pastizal en las dos profundidades estudiadas. Estos resultados coinciden con varios estudios desarrollados en ecosistemas tropicales, Contreras *et al*. (2020) reportaron valores entre 60,6 y 65,1 t ha^{-1} de COS en sistemas silvopastoriles de Colombia mientras que los pastizales sólo alcanzaron 38,3 t ha^{-1}; lo que representa una acumulación de carbono que es entre 58,2 y 69,9 % superior en los sistemas silvopastoriles comparada con el sistema tradicional de producción ganadera basada solo en pastos.

En el sistema silvopastoril no existió diferencias significativas entre el carbono acumulado en ambas profundidades, lo que pudiera estar relacionado con la cantidad de raíces de los árboles, en este sentido Zuluaga *et al.* (2023) destacan el papel de los árboles que al desarrollar una mayor biomasa radical facilitan una mayor captura de carbono.

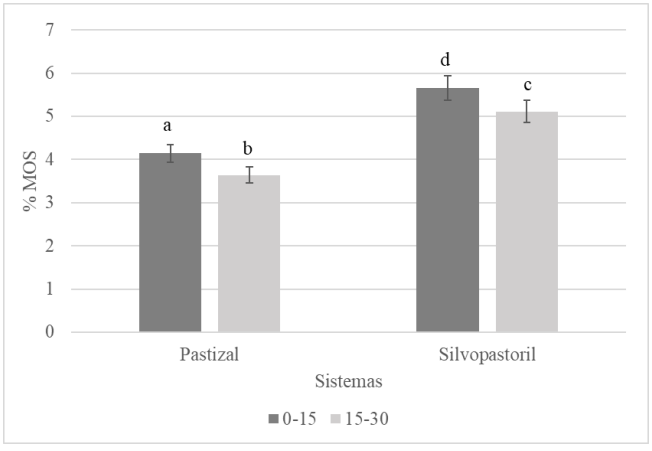
Al respecto Singh *et al*. (2020) plantean que los cultivos con raíces profundas tienen mayores reservas totales de carbono en el suelo y más carbono en las fracciones pequeñas (≤ 53 µm) lo que indica la naturaleza recalcitrante del C, lo que implica un beneficio para el ecosistema de reducir las posibilidades de liberación de carbono del suelo a la atmósfera

Además, la presencia de los árboles en los SSP, debido a la acción de las raíces que penetran más profundo se reduce la compactación del suelo y la densidad aparente lo que favorece la infiltración del agua y la actividad microbiana que estabiliza el carbono (Contreras *et al*., 2020).

Por su parte en el sistema de pastizal se aprecia una disminución del COS en la profundidad, se estima que el 70 % aproximadamente del COS se concentra en los primeros 30 cm del suelo con valores decrecientes a mayor profundidad, lo que se debe a que la mayoría de las raíces finas y la actividad microbiana se concentra en capas superficiales (Contreras *et al*., 2020). Además, la densidad aparente del suelo suele aumentar con la profundidad, reduciendo la porosidad y la acumulación de materia orgánica (Li *et al*., 2019).

Según Tiwari *et al*. (2023), entre los procesos que contribuyen a la retención de la materia orgánica en el suelo es fundamental comprender el proceso de humificación como uno de los principales mecanismos para secuestrar carbono.

Los valores del carbono almacenado disminuyeron con el incremento de la profundidad en cada uno de los agroecosistemas lo que coincide con el comportamiento de la materia orgánica del suelo (MOS) (figura 1). La distribución vertical de la materia orgánica del suelo sigue un patrón exponencial decreciente, esto es un aspecto fundamental para comprender el proceso de almacenamiento de carbono en el suelo, la variación de la MOS con la profundidad refleja la compleja interacción que existe entre los aportes de carbono orgánico, los procesos de descomposición y los mecanismos de estabilización, lo cual tiene implicaciones directas en la productividad de los agroecosistemas (Franzluebbers, 2010)



Error: 0,10

Letras distintas indican diferencias significativas(p<=0.05) (Duncan,1955)

Figura 1. Contenido de materia orgánica del suelo en cada agroecosistema evaluado

Los resultados muestran que existen diferencias significativas entre los valores de la MOS en los sistemas y las profundidades estudiadas, siguiendo el gradiente Silvopastopril 0-15>Silvopastoril 15-30>Pastizal 0-15>Pastizal 15-30. En la capa más superficial del suelo es donde mayor acumulación de carbono orgánico se encuentra debido principalmente a la entrada de residuos vegetales y excreta de los animales, además de los exudados radiculares que hacen aportes continuos de carbono. Los pastizales sin árboles son más susceptibles a la erosión del suelo y el pastoreo intensivo, que aceleran la pérdida de COS.

La acumulación de formas estables de C en el suelo depende de diversos factores y procesos, muchos de los cuales involucran la composición química de la MO y sus interacciones con otros constituyentes del suelo. Los procesos que rigen el almacenamiento de carbono en el suelo son altamente complejos e interrelacionados, por lo que es fundamental destacar la importancia de la calidad o madurez de la materia orgánica, entendida como el grado en que la estructura molecular de la materia orgánica del suelo difiere de la de los compuestos originales de la biomasa. Esta dimensión de la calidad a menudo supera la cantidad total de carbono ya que determina su estabilidad a largo plazo ante futuros cambios ambientales (Almendros y González, 2025)

CONCLUSIONES

Los resultados confirman que los sistemas silvopastoriles tienen mayor capacidad para almacenar carbono que los pastizales, debido fundamentalmente a que presentan una mayor entrada de biomasa, lo que mejora las propiedades físicas del suelo y brinda mayor protección contra la erosión.

Cuando se evalúa el secuestro de carbono orgánico del suelo es fundamental destacar la entrada de distintas fuentes de materia orgánica al suelo y sus mecanismos de estabilización.

BIBLIOGRAFÍA

Almendros, G & González, J.A. 2025. Soil organic carbon sequestration Mechanisms and the Chemical Nature of soil organic Matter- A Review. *Sustainability*, 17 (15): 6689.

Contreras, J.L., Martínez, J., Cadenas, J. & Falla, C. 2020. Evaluación del carbono acumulado en el suelo n sistemas silvopastoriles del Caribe colombiano. *Agronomía Costarricense*. 44 (1): 29-41

Franzluebbers, A.J. 2010. Depth distribution of soil organic carbon as a signature of soil quality. 19th World Congress of soil Science

Hernández, A.; Pérez, J.; Bosch, D.& Castro, N. 2015. Clasificación de los suelos de Cuba. Mayabeque. Cuba.Edicionas INCA, 93p.

Lal, R. 2018. Digging deeper: A holistic perspective of factors affecting soil organic carbon sequestration in agroecosystems. Global Change Biology. 24 (8): 3285-3301

Lal, R.; Negassa, W.& Lorenz, K. 2015. Carbon sequestration in soil. *Current Opinión in Enviromental Sustainability*, 15: 79-86

Li, M. Han, X., Du,S. & Li, L.J. 2019. Profile stock of soil organic carbon and distribution in croplands of Northeast China. *Catena*. 174, 258-292.

Lok, S., Fraga, S., Noida, A. & García, M. 2013. Almacenamiento de carbono en el suelo de tres sistemas ganaderos tropicales en explotación con ganado vacuno. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 47 (1), 75-82

Minasny, B.; McBratney, A.B.; Arrouays, D.; Chabbi, A.; Field,D.J; Kopitteke, P.M. *et al*. 2023. Soil carbon sequestration: much more tan a climate solution. *Environmental science & technology*. 57 (48), 19094-19098.

Singh, P., Naresh, R.K., Kumar, Y., Deep, S. & Navsare, R.I. 2020. Variability in soil agreagattionand Depth distribution of agregate associated Organic Carbon fraction relevance to different agricultural practices in Agroe-ecosystems of North-West India: A review. Int. J. Curr.Microbiol. App. Sci. 9 (9): 2780-2800.

Tiwari, J., Ramanathan, A.; Bauddh, K. & Korstad, J. 2023. Humic substances: Structure, funtion and benefits for agroecosystems-A review. *Pedosphere*, 3: 237-249

Yadav, A.; Gendley, M.K.; Sahu, J.; Kumar, P.; chndraker, K. & Dubey,A. 2019. Silvopastoral Systems: A prototipe of livestock agroforesty. *The Pharma Innovation Journal*. 8 (2): 76-82

Zulaga, L., Caballero, A. R., Arias, J.A., Rivera, M., Garay G.A., & Mujica, J.E. 2023. Carbono almacenado en árboles y producción de forraje de dos sistemas silvopastoriles en el Caribe seco colombiano. *Livestock Research for rural Development*. 37 (1)





EQUIDAD, RESILIENCIA Y DESARROLLO RURAL

COORDINADORES:
Dr. C. Dayleni Fortes González. Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba
MSc. Saray Díaz Barrios. Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba
MSc. Andrés Raúl Hernández Montesino. Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba

2025
SILVOPAT

ISBN: 978-959-7171-88-1
Cu-ID: https://cu-id.com/book/978-959-7171-88-1



TABLA DE CONTENIDO

DR-01. Los problemas demográficos en el desarrollo rural social-comunitario sostenible: importancia para las comunidades ganaderas ...2

DR-02. La seguridad en el desarrollo rural social-comunitario: importancia para la ganadería cubana 7

DR-03. Los sistemas agroforestales en el desarrollo científico, técnico y social de Cuba 13

DR-04. Percepciones, actitudes, tradiciones campesinas y sostenibilidad social de fincas diversificadas con ganado vacuno en Camagüey, Cuba 20

DR-05. EPAM y CAPacc: Estrategia sobre reproducción cultural como componente de la sosteniblidad agraria en Mayabeque....25

DR-06. Propuesta de pautas para la gestión de comunicación para el desarrollo y el cambio social en el proyecto de desarrollo local económico productivo con enfoque en el agro-turismo "El Batey de San Pedro" en Corralillo, Villa Clara 29

DR-07. Buenas prácticas comunicativas del Proyecto internacional: "Modelos pilotos, horizontales y sostenibles, de gestión del conocimiento y transferencia de tecnología en Agroecología" 33

DR-8. Impacto social en la transformación de sabanas nativas a pasturas mejoradas y/o sistemas silvopastoriles....35

DR-01. Los problemas demográficos en el desarrollo rural social-comunitario sostenible: importancia para las comunidades ganaderas

Demographic problems in sustainable social-community rural development: importance for Cuban livestock communities

L. Díaz Fariñas[1] y Z. Medina Valdés[2]*

[1]Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales-Programa Cuba (FLACSO-Cuba), Universidad de La Habana, Cuba. https://orcid.org/0000-0002-5794-4681

[2]Facultad de Economía, Universidad de La Habana, Cuba. Calle L # 353 e/ 21 y 23, Vedado, Plaza de la Revolución, La Habana, http://orcid.org/0000-0002-3236-0858

*Correspondencia a: liboriodelpueblo@gmail.com

RESUMEN

El trabajo está orientado a difundir la concepción del desarrollo rural social-comunitario sostenible y sus dimensiones fundamentales. Desde la crítica de la economía política, los autores analizan las cuestiones esenciales del desarrollo rural, para una propuesta alternativa a la lógica del capital y la centralización estatista. La sociología de las ausencias y las emergencias y la geografía crítica, propician una mirada distinta del territorio. Se analizan las cuestiones generales y esenciales de la población rural cubana, para su incorporación en una propuesta somera de políticas públicas. La población rural muestra comportamientos locales que marcan su heterogeneidad. Se concluye que no se deben concebir políticas públicas de talla única para la ruralidad; el diseño de políticas depende del territorio "vivido", habitado y su relación con las condiciones naturales, la actividad económica y el desarrollo socioeconómico alcanzado. Los estudios recientes muestran que en las condiciones actuales no hay remplazo para la población rural. Lo que requiere de innovación en el ámbito económico, social, y ambiental para el desarrollo de los territorios rurales. Ello debe concretarse en políticas públicas concebidas desde la totalidad; en esta mirada puede ser útil la concepción del desarrollo rural social-comunitario sostenible como guía para la transformación.

Palabras clave*: comunidad, género, población, territorio, socialismo*

ABSTRACT

This work aims to spread the concept of sustainable social-community rural development and its fundamental dimensions. From a critique of political economy, the authors analyze essential issues of rural development for an alternative proposal to the logic of capital and statist centralization. The sociology of absences and emergencies and critical geography foster a different perspective on the territory. General and essential issues of the Cuban rural population are analyzed for their incorporation into a brief public policy proposal. The rural population displays local behaviors that mark its heterogeneity. It is concluded that one-size-fits-all public policies for rural areas should not be designed; policy design depends on the "lived" and inhabited territory and its relationship with natural conditions, economic activity, and the socioeconomic development achieved. Recent studies show that under current conditions, there is no replacement for the rural population. This requires innovation in the economic, social, and environmental spheres for the development of rural territories. This must be realized in public policies conceived from the totality of the population. In this regard, the concept of sustainable social-community rural development can be useful as a guide for transformation.

Keywords: *community, gender, population, territory, socialism*

INTRODUCCIÓN

El principal problema del entorno rural cubano se encuentra ligado a la propiedad y gestión de la tierra, cuestión recurrente desde que se iniciara en 1959 un proceso de reforma agraria de inicios de la Revolución. Su solución plantea el desafío de realizar una verdadera *revolución agraria* —actualmente se discute el Anteproyecto de Posesión, Gestión y Uso del Suelo, pero no adquiere tal carácter (ANPP, 2025). En las condiciones presentes, una transformación de tal calado demanda descolonizar el campo, en lo que se refiere al desmontaje definitivo del sistema de plantación y sus formas de regulación, despatriarcalizar las relaciones sociales, y emprender la desenajenación de las relaciones laborales y de propiedad, en favor de formas de socialización más liberadoras. Ni el desarrollo del capitalismo dependiente ni la distribución burocrática transfigurada en socialismo pueden resolver este desafío con un saldo favorable a la emancipación.

El desarrollo rural en Cuba confronta problemas acuciantes para la nación; entre ellos, la soberanía y seguridad alimentaria, la situación demográfica, la desigualdad social y la identidad. No podrían resolverse sin un apropiado estudio de la sociedad rural cubana desde la totalidad, la interdisciplinariedad y basado en el análisis sistémico y esencial de las relaciones agrarias.

En lo respectivo al problema alimenticio, no se podría plantear su solución desde el horizonte estratégico de la soberanía alimentaria, sin atender el problema productivo, dependiente a su vez de las relaciones de renta en el campo. En el campo cubano labora cerca de un 18% de la población económicamente activa, pero las inversiones públicas decaen



desde el 2014, para un 2,7% en 2023, lo cual se traduce en bajos niveles científico-técnicos. Por otro lado, cerca del 90% de los alimentos son producidos por cooperativas, usufructuarios y privados, aunque gestionan de conjunto el 67% de las tierras cultivables (Arias Guevara y Leyva Remón, s.f.). Con ello se evidencia un problema de productividad del sector estatal en el campo, así como la retención latifundiaria de tierras ociosas en sus manos.

El problema demográfico se encuentra muy afectado por las migraciones, la escasez de mano de obra y el envejecimiento poblacional. La migración de fuerza de trabajo predominantemente joven acentúa el envejecimiento en el campo. Además, la estructura laboral rural tiene ofertas de empleo en sectores no agro-productivos —asociados al capital comercial—, que también resultan atractivos a la población joven. Como resultado, este envejecimiento afecta en especial a las fuerzas productivas. Por otro lado, los bajos índices de natalidad, insuficientes para el crecimiento natural, cuentan con la paradoja de un incremento del embarazo adolescente, sobre todo en zonas rurales (ONEI, 2022).

Esto, a su vez, está relacionado con el incremento de las desigualdades que, además de su carácter socio-clasista, poseen un fuerte componente geográfico. La revolución cubana de 1959 representó una notable mejora en la vida de la población rural. En términos de servicios básicos, aunque se constata un índice de electrificación del 96,2%, aún el 25,3% de la población rural no tiene acceso al agua potable (Hidalgo, 2019). En cuanto a las viviendas, en el campo se concentran el 71% de las casas con techo de madera y guano, el 58% con piso de tierra y el 72% con paredes de tabla y palma. Además, se ha constatado una tendencia a la reducción de servicios esenciales como la salud y la educación en las zonas rurales (Hidalgo, 2019). El siguiente extracto refleja la situación del campo en cuanto a otros servicios básicos:

En el 2021, en las zonas rurales se identificó, para una población de 2 573 583 habitantes, la disponibilidad de 2 hogares maternos, 12 hogares de ancianos, 4 casas de abuelos, 7 centros de enseñanza especial y 25 círculos infantiles. (Hidalgo, 2019, p. 21). En la actualidad la población rural alcanza los 2 447 292 habitantes, con una pérdida neta de 126 291, sin que en ese lapsus de tiempo se hayan producido políticas públicas efectivas para esta transformación. La política para la ruralidad es a la que tuvimos acceso es un agregado de acciones sectoriales que están más influidas por las "buenas intenciones" que por un estudio profundo de las causas y condiciones que gravitan sobre esta población, cuya estabilidad y crecimiento es importante para los destinos de la nación y para un desarrollo socioeconómico sostenible y sustentable.

El reflejo más fehaciente de esta realidad, significa que el fuerte componente campesino y rural de la cultura cubana se encuentra en franca extinción, solo hay que ver la portada del *Anuario Estadístico de Cuba. Población 2024* para darnos cuenta de la falta de precepción del asunto ¿Es un problema de equidad o de franca desigualdad? Varias estructuras de discriminación social se articulan, tanto en la relación de la sociedad nacional con su componente rural, como a lo interno de la vida en el campo. Como resultado, ha cambiado la relación cultural entre lo rural y lo campesino, así como su significación para la nación cubana. Este proceso de transformación del orden simbólico a escala nacional puede conducir a la perpetuación de estructuras altamente enajenantes. Por ello, es un desafío del que no puede sustraerse una política que pretenda la reforma integral del campo cubano.

A partir de lo anterior, el objetivo fundamental del trabajo es esbozar el concepto de desarrollo rural social-comunitario sostenible, sus principales dimensiones e implicaciones de política, como alternativa para el desarrollo rural en las condiciones de Cuba, en el caso particular de esta presentación los problemas demográficos de la ruralidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las ideas presentadas se sustentan en el materialismo dialéctico y su método de investigación. A través del **análisis y la síntesis** se avanza en una visión crítica de los enfoques sobre el desarrollo rural, en función de presentar una propuesta alternativa a la prevaleciente en la literatura sobre el tema, fundamentalmente de corto neoclásico, así como a las ideas del marxismo dogmático; **lo general y lo particular** constituyen la base de los planteamientos del trabajo, pues se analizan los elementos esenciales, generales, del desarrollo rural, haciendo abstracción de sus particularidades en los diferentes territorios. Se realiza un análisis cualitativo, desde la crítica de la Economía Política que permite analizar el desarrollo rural como síntesis de relaciones sociales de producción dominantes, transversales al plano sectorial y territorial, que expresan el desarrollo de las fuerzas productivas en espacios geográficos y socioeconómicos particulares, por oposición a lo urbano. En este caso se sumerge en la población rural, y sus principales dinámicas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El desarrollo rural social-comunitario asume desde la complejidad del desarrollo y desde un enfoque de totalidad los múltiples problemas que afectan la sociedad rural y sobre los que hay que actuar al unísono si de **innovación** en su sentido amplio se trata. Entre estos, los graves problemas demográficos, sectoriales, la prevalencia del cambio climático, la concentración del mercado en empresas líderes (monopolización) que afecta sustancialmente a los que trabajan en las condiciones peores. Además, presupone un amplio espectro de ciencia multidisciplinar y transdisciplinar y de integración de conocimiento que permita superar el fetichismo de la 4ta Revolución Industrial y usarla adecuadamente para acometer los cambios tecnológicos necesarios para enfrenar sobre todo el despoblamiento rural, el envejecimiento de la población, la desmotivación de los jóvenes y el cambio climático. Ello contiene, por supuesto, los importantes esfuerzos para aumentar la producción y productividad del trabajo y la eliminación de la creciente brecha entre agronegocios y gran número de pequeños productores agrícolas, lo que se incluye en la realidad cubana con sus matices (Díaz y Díaz, 2021).

Entonces, el desarrollo rural que se propone en este trabajo es distinto de la modernización capitalista y del socialista preconcebido hasta hoy. Es una apuesta de Cambio *estructural de alcance local, sectorial y nacional*. Internacionalmente -a lo que no escapa Cuba-, la actividad económica en las zonas rurales está guiada por criterios de rentabilidad, dominada por relaciones monopólicas y transfiguradas actualmente en la Economía Verde. Está signada por una distribución y apropiación de los resultados determinada por la monopolización de los principales avances tecnológicos y recursos naturales necesarios para el proceso productivo. Lo anterior, se expresa en brechas de desarrollo, reprimarización, transfiguradas en las nuevas tecnologías y una nueva integración hegemónica al capital financiero -que incluye las familias-; ello es expresión de las contradicciones del capitalismo manifiestas, entre otras cuestiones, en inseguridad alimentaria, pobreza, pobreza extrema, a lo que no escapa nuestra realidad y que precisa de no poca innovación social.

El modelo socialista cubano ha generado históricamente grandes tenciones dentro del espectro rural, que tienen su naturaliza en no entender suficientemente el alcance de las relaciones de clase e intraclase. Unos usos desmedidos de la política sobre el real conocimiento de las condiciones de clase han entronizado fenómenos como la confusión teórica de la identificación de economía campesina con economía capitalista, a lo que se une la identificación de la economía familiar con atraso, la dispersión rural como un problema, entre otros. A ello se une que en la política agraria cubana se ha enfatizado en la extracción política del plusproducto social, lacerando los derechos de propiedad en sí mismos de los productores y sobre los resultados del trabajo esto es muy particularmente visible para el productor ganadero, quien es más que formalmente dueño de uno de sus principales medios de producción: el rebaño (Díaz, 2024).

A nivel internacional, y desde el enfoque del desarrollo humano y sostenible, la solución y el reconocimiento de estos estigmas nacidos del fatalismo geográfico neoclásico y la planificación social de los socialismos europeos se convierten en una alternativa para el desarrollo rural; esto es particularmente importante para la actividad ganadera y su desarrollo en sistema silvopastoriles, y otros formas de ganadería, donde el contenido tecnológico, el social y el ambiental guardan un estrecha relación en la conformación de nuevos territorios vividos, el desarrollo social y la necesaria protección del medioambiente. Esto le da una connotación singular al desarrollo humano y sostenible para Cuba y la posibilidad de desarrollo de ambientes seguros y felices, propios del deber ser de una sociedad socialista.

En ese sentido, se propone la siguiente definición de desarrollo rural para Cuba. El **desarrollo rural social-comunitario sostenible** es el proceso de trasformación socioeconómica de un espacio geográfico históricamente construido de acuerdo a las condiciones naturales, el suelo, el clima y la interacción social de los hombres con este. Es un acto consciente de metamorfosis del territorio habitado, de construcción política, socioeconómica, técnica, ambiental y cultural. Promueve políticas públicas intersectoriales, en el ámbito económico, financiero, demográfico, científico técnico, comunicacional, de acceso a servicios básicos de salud, vivienda, educación, electrificación, recreación, vialidad, transporte y de protección ambiental. Esta se realiza fundamentalmente en espacios de producción agrícola y ganaderos, a la vez que promueve nuevos sectores económicos determinados por el desarrollo económico y social en función de la creación de una nueva cultura de relación humana.

La heterogeneidad territorial, la población rural y las políticas públicas

La Dra. Luisa Iñiguez Rojas ha venido insistiendo por años en la particularidad que tienen en Cuba los territorios rurales, marcada esta por una **amplia heterogeneidad** que recrea, según su consideración, dos formas de concebir y estudiar los territorios. Al respecto Íñiguez (2019) señala, por un lado, aquel territorio definido por la división política administrativa y por otro, el territorio "vivido"; este último no es más que el lugar donde las personas desarrollan la vida, el habitad incluida la producción material. Como la propia autora señala, en muchos casos empresas agropecuarias conformadas de acuerdo a condiciones naturales transcienden varios municipios, lo que implica que en los términos actuales la responsabilidad sobre estos recae en más de una demarcación administrativa quedando en muchos casos, en "tierra de nadie". Por otra parte, muchos territorios "vividos" sufren ese problema, en relación con las personas, por la existencia de sistemas de intereses distintos a los de la cabecera municipal; por lo que ello crea zonas "opacas" en la atención de las personas afectadas por el conflicto existente entre el territorio administrativo y el territorio habitado, y su reflejo en las políticas locales acrecentando las desigualdades y la inequidad (Íñiguez, 2014).

Según ONEI (2025), la población cubana actual presenta una ligera superioridad de mujeres con respecto a los hombres, así la población cubana está comprendida por 9 901 988 habitantes, de ellos son hombres 4 889 609 y mujeres 5 012 379; pero esta relación tiene otro comportamiento en las zonas rurales, puesto que la población rural está compuesta por 2 447 292 habitantes de ellos son hombres 1 305 198 y mujeres 1 142 094 lo que supone una mayor presencia masculina en los campos. Ello requiere de estudios profundos a realizar desde las relaciones de género; la mayoría de los estudios están enfatizando en las brechas de género, en especial los problemas de las mujeres, la violencia contra está y otros problemas sociales que hacen que estás abandonen los espacios rurales, su participación política, entre otros consustanciales.

En estos momentos se emprenden estudios que van más allá de esta dirección y empiezan a entender también los problemas de las masculinidades. Más allá del reconocimiento de las relaciones patriarcales en la conformación de la sociedad rural, una pregunta sería ¿qué sucede con los hombres en la sociedad rural cubana? O también, ¿las mujeres abandonan la ruralidad producto de la movilidad social ascendente y, por tanto, es un producto del desarrollo? También podría especularse, ¿están los hombres mejor preparados que las mujeres para enfrentar la crisis y asumir roles tradicionales ante la permanencia de esta? También podríamos preguntarnos si en el enfrentamiento a la crisis persiste una estrategia familiar como tendencia que podría resumirse en "esto no es para mi hija, ella merece algo mejor que yo", y, por tanto, las féminas forman parte de las estrategias familiares de enfrentamiento a la crisis en un entorno marcado por avances notables en la educación y otros; mientras los hombres son percibidos como la resistencia a la





crisis desde lo tradicional. Estas y otros preguntas hay que formularlas antes de acometer políticas públicas que tiendan a agravar la crisis de la sociedad rural y hacerlas regresivas en el ámbito social.

En municipios ganaderos tradicionales como Guáimaro en la provincia de Camagüey, la diferencia entre hombres y mujeres es de 1090 (ONEI, 2025). En la inmensa mayoría de los municipios rurales con mayor población rural esta diferencia es creciente. Ello implica políticas públicas de fomento a la permanencia de la mujer y el mejoramiento de su posición en la estructura social; la creación de condiciones de desarrollo más allá de las tradicionales, que tomen en consideración el acceso a la tierra de las mujeres; el desarrollo de una política para la vivienda rural, "más allá del fibrocemento o la lámina de cinc"; la profundización y ampliación de la seguridad, incluyendo la seguridad económica, la energética, cívica entre otras, en un marco más general que se visualice en términos de progreso en oposición a las necesidades básicas. Pero también, entender el problema en un ámbito más amplio de las desigualdades, porque en definitiva los hombres rurales no son responsables ni del patriarcado, ni de las formas económicas preexistentes y son al igual que las mujeres víctimas de desigualdades económicas, sociales y culturales, solo que no son tan evidentes como las anteriores, y al igual necesitan de políticas públicas.

Ello pasa por reconocer lo rural con sus especificidades y no como tradicionalmente se viene realizando como opuesto a lo urbano, sino como una comunidad con sus particularidades, su cultura material y social propia que la definen como tal. Implica especialmente revertir en el imaginario colectivo la identificación de este escenario como atraso. Significa especialmente, reconocer que puede ser un espacio de satisfacción personal, comunal y social; es dejar de mirar el campo como ese lugar de extracción de recursos naturales, especialmente para la producción de alimentos, sino como un espacio para el desarrollo socioeconómico humano y sostenible.

Algunas de las urgencias de la política pública

- Reconocer dentro del fundo de tierra aquella que es estrictamente para uso estatal para el desarrollo de empresas que operan en gran escala; lo que permitiría con carácter duradero allegar la tierra a las familias y las comunidades para viabilizar, como establece la Primera Ley de Reforma Agraria, la economía familiar-cooperativa y comunal. En este empeño es esencial identificar políticas para el acceso a la tierra a la mujer rural.
- Identificar la concepción el desarrollo rural social-comunitario sostenible como fundamento para el fomento de políticas públicas en el ámbito de la ruralidad, en tanto este enfatiza en un par dialéctico que produce y reproduce riquezas y personas.
- Concebir una política pública intersectorial en materia: demográfica, productiva, financiera, tecnológica, energética, de vivienda y hábitat, de producción y reproducción social que opera a nivel territorial, en la pequeña y mediana escala, para el desarrollo de una economía popular que genere una base propia para la acumulación y el desarrollo.
- Desarrollar la banca para el financiamiento del desarrollo rural, que combine las características de una banca de segundo piso con una de carácter comercial.
- Reconocer la propiedad de los resultados del trabajo y del plus producto social, sobre la base del principio enarbolado en la Primera Ley de Reforma Agraria de que «la tierra es de quien la trabaja»
- Superar el carácter agrícola y ganadero de la producción rural, hacia un desarrollo multisectorial (turismo, minería, servicios ambientales, manufacturas, servicios financieros, artesanías, etc.)
- Desarrollar una política migratoria que facilite, el retorno de nuestros connacionales a los campos de Cuba, que incluya sus descendientes y otros extranjeros deseables a través de una política migratoria selectiva. Solo recordar que somos un país hijo de migrantes.
- Repensar las relaciones internacionales en materia agraria. Además de mirar al Oriente, requiere una mirada crítica al Sur, especialmente a Latinoamérica y el Caribe. Implica una nueva mirada hacia los Estados Unidos. Precisa una relación intensa y desprejuiciada con la migración, los migrantes y la comunidad cubana en el exterior, por su capacidad de captar fuentes de capital, saberes y nuevos relacionamientos que ensanchan la frontera de Cuba, puestos al servicio de la nación y su socialismo.
- Reconocer el carácter social de la producción encaminada a la satisfacción de las necesidades humanas sobre la base de nuevas formas solidarias de distribución, distintas de la enajenación del capital, y el anacronismo de la distribución estatal, injustas ambas formas por naturaleza (apropiación privada-apropiación política).

CONCLUSIONES

Para lograr un proceso de innovación social que enrumbe los destinos del campo cubano se necesita de un esfuerzo de ciencia gigantesco, posible en las condiciones actuales, en que la ciencia es reconocida cada vez más como un factor esencial del desarrollo y por la voluntad de quienes quieren acometerlo.

En las condiciones actuales del país, el reemplazo de la población rural cubana tal y cómo transcurre de "forma natural" es una quimera; se necesita de políticas públicas efectivas para su enfrentamiento y, sobre todo, debe ser reconocido como un problema de alta significación para la seguridad nacional.

No será tarea fácil; siguiendo a Fidel en su genial concepto de *Revolución*, tomamos la idea de que para el logro de este empeño se necesita *enfrentar poderosas fuerzas en el ámbito nacional y local* que nos permita *cambiar todo lo que deba ser cambiado* en el mundo rural cubano, parte insoslayable del alma genuina de la nación cubana.

BIBLIOGRAFÍA

Arias Guevara, M. y A. Leyva Remón. 2017. "Los estudios rurales en Cuba. Reflexiones sobre la estructura social y los cambios en la agenda de investigación". Revista Universidad de La Habana, 283, pp. 243-258.

Asamblea Nacional del Poder Popular (2025) Ley de propiedad, posesión y uso de la tierra. Disponible en: http://media.cubadebate.cu/wp-content/uploads/2025/03/ANTEPROYECTO-LEY-DE-PROPIEDAD-POSESION-Y-USO-DE-LA-TIERRA.pdf

Díaz, L. 2024. "A sesenta y cinco años de la Reforma Agraria en Cuba: la socialización del campesino", Revista Economía y Desarrollo, Vol. 168, No.2, Universidad de La Habana, Cuba. Disponible en http://scielo.sld.cu/pdf/eyd/v168n2/0252-8584-eyd-168-02-e6.pdf

Díaz, L. y D. Díaz. 2021. "¿Déficit de producción de alimentos en Cuba o la diatriba entre desarrollo agrícola y desarrollo rural?" Economía y Desarrollo, 166, No. 1. Disponible en http://scielo.sld.cu/pdf/eyd/v166n1/0252-8584-eyd-166-01-e3.pdf.

Hidalgo, V. 2019. "La dimensión rural de las desigualdades: estado actual de las investigaciones en el período 2008-2018". Estudios del Desarrollo Social: Cuba y América Latina, 8. Disponible en: https://scispace.com/pdf/la-dimension-rural-de-las-desigualdades-estado-actual-de-las-ty8yeoltt3.pdf

Iñiguez, L. 2019. Dinámicas de la población rural de Cuba. La ampliación de la heterogeneidad de los territorios rurales de Cuba. Revista Temas, No. 98, abril-junio.

Iñiguez, L 2014. ¿De quién son los territorios? En Pérez, E. y R. Torres (Comp.) Miradas a la Economía Cubana V, Editorial Caminos, pp.43-56. La Habana

ONEI. 2022. Anuario Demográfico de Cuba 2021. La Habana: Centro de Estudios de Población y Desarrollo.

ONEI. 2025. *Anuario estadístico de Cuba 2024. Población*. Disponible en https://www.onei.gob.cu/sites/default/files/publicaciones/2025-07/03-poblacion_aec2024_0.pdf





DR-02. La seguridad en el desarrollo rural social-comunitario: importancia para la ganadería cubana

Security in social-community rural development: importance for Cuban livestock farming

L. Díaz Fariñas[1*] *y Z. Medina Valdés*[2]

[1.] Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales-Programa Cuba (FLACSO-Cuba), Universidad de La Habana, Cuba. https://orcid.org/0000-0002-5794-4681

[2.] Facultad de Economía, Universidad de La Habana, Cuba. Calle L # 353 e/ 21 y 23, Vedado, Plaza de la Revolución, La Habana. http://orcid.org/0000-0002-3236-0858

*Correspondencia a: liboriodelpueblo@gmail.com

RESUMEN

Los autores presentan el concepto de desarrollo rural social-comunitario sostenible, como alternativa para el desarrollo rural en las condiciones de Cuba. A partir de la recepción crítica del paradigma del desarrollo humano y sostenible, el trabajo centra su atención en la seguridad como dimensión del desarrollo para las comunidades ganaderas del país. Destaca la importancia de la seguridad para el desarrollo de una ganadería moderna basada en sistemas silvopastoriles y otras técnicas agroecológicas, con vistas a hacer sostenibles a las comunidades dedicadas a esta actividad productiva. En este caso, la seguridad ha sido circunscrita en Cuba al control ganadero fundamentalmente, y la seguridad alimentaria, olvidando otros importantes aspectos de vital importancia para el desarrollo económico y social. Una sociedad socialista debe poner su centro en la creación de nuevas relaciones de propiedad y apropiación, donde los nuevos sujetos socialistas se liberen de la enajenación y la cosificación del trabajo, y el Estado desarrolle un nuevo contrato social que ponga fin a la extracción política del plusproducto social producido por los hombres y mujeres del sector. Las conclusiones resaltan la necesidad de una mirada integradora, de los espacios rurales; la propuesta de desarrollo rural social-comunitario apunta hacia esa dirección. En el entorno cubano, sería importante ampliar el espectro de la seguridad; las dimensiones de la seguridad humana, promovidas por el PNUD en su enfoque de desarrollo humano, tienen particular y profunda relevancia, en el entorno ganadero.

Palabras clave: *desarrollo humano, desarrollo sostenible, comunidad, desenajenación, justicia social.*

ABSTRACT

The authors present the concept of sustainable social-community rural development as an alternative for rural development in Cuban conditions. Based on a critical reception of the human and sustainable development paradigm, this paper focuses on the security as a dimension of development for the country's livestock farming communities. It emphasizes the importance of security for the development of modern livestock farming based on sylvopastoral systems and other agro ecological techniques, with a view to make the communities dedicated to this productive activity sustainable. In this case, security in Cuba has been limited primarily to livestock control and food security, neglecting other important aspects of vital importance for economic and social development. A socialist society must focus on the creation of new relations of ownership and appropriation where new socialist subjects are free from the alienation and reification of labor, and the State develops a new social contract that puts an end to the political extraction of the social surplus produced by the men and women of the sector. The conclusions highlight the need for an integrative approach to rural areas; the proposal for social-community rural development points in that direction. In Cuban context, it would be important to broaden the scope of security; the dimensions of human security, promoted by the UNDP in its human development approach, are particularly and profoundly relevant in the livestock sector.

Keywords: *human development, sustainable development, community, disalienation, social justice.*

INTRODUCCIÓN

El principal problema del entorno rural cubano se encuentra ligado a la tierra, cuestión pendiente de la reforma agraria de inicios de la Revolución y del resto de las reformas impulsadas. Su solución plantea el desafío de realizar una verdadera *revolución agraria* —actualmente se discute el Anteproyecto de Posesión, Gestión y Uso del Suelo, pero no adquiere tal carácter (ANPP, 2025). En las condiciones presentes, una transformación de tal calado demanda descolonizar el campo, en lo que se refiere al desmontaje definitivo del sistema de plantación y sus formas de regulación, despatriarcalizar las relaciones sociales, y emprender la desenajenación de las relaciones laborales y de propiedad, en favor de formas de socialización más liberadora. Ni el desarrollo del capitalismo dependiente ni la distribución burocrática transfigurada en socialismo pueden resolver este desafío con un saldo favorable a la emancipación. Esta problemática alcanza a los productores ganaderos quienes producen en un contexto de inseguridad manifiesta, tanto por el lado de las políticas públicas como por una oleada de vandalismo, bandidismo, hurto y sacrificio del ganado que lacera con creces sus derechos de propiedad sobre el ganado —principal medio de producción- haciendo insostenible la vida en muchas comunidades que padecen de inseguridad económica, inseguridad política, inseguridad personal, inseguridad jurídica, que se sintetizan en la inseguridad ciudadana. Todas ellas son muestra de un creciente debilitamiento institucional que ya no se corresponde con los nuevos objetivos de desarrollo trazados en la reforma constitucional y refrendados en la Constitución de 2019, como expresión de un nuevo contrato social en desarrollo.

El desarrollo rural en Cuba confronta problemas acuciantes para la nación; entre ellos, la soberanía y seguridad alimentaria, la situación demográfica, la desigualdad social y la identidad. No podrían resolverse sin un apropiado estudio de la sociedad rural cubana desde la totalidad, la interdisciplinariedad y basado en el análisis sistémico y esencial de las relaciones agrarias. A ello no escapa la seguridad que ha sido considerada por el paradigma del desarrollo humano y sostenible como una de las seis grandes dimensiones en las que se debe trabajar para alcanzar tal desarrollo. Para Cuba un país que padece una economía de guerra esta dimensión adquiere una notable incidencia, puesto que el país está en el epicentro de una geopolítica imperialista que trata de frustrar su proyecto; la creciente hostilidad de las redes de desinformación y otras cuestiones gravitan acrecentando los problemas de la sociedad rural, la cual se encuentra en peores condiciones para enfrentar la envestida imperialista, incluida paradójicamente la inseguridad alimentaria.

En relación directa con esta situación, la inseguridad está acompañada del problema demográfico, afectado por las migraciones, la escasez de mano de obra y el envejecimiento poblacional. La migración de fuerza de trabajo predominantemente joven acentúa el envejecimiento en el campo. Además, la estructura laboral rural tiene ofertas de empleo en sectores no agro-productivos —asociados al capital comercial—, que también resultan atractivos a la población joven. Como resultado, este envejecimiento afecta en especial a las fuerzas productivas. Por otro lado, los bajos índices de natalidad, insuficientes para el crecimiento natural, cuentan con la paradoja de un incremento del embarazo adolescente, sobre todo en zonas rurales (ONEI, 2022). En no pocos casos esta situación demográfica se encuentra en estrecha relación con flujos de migración interna de personas en condiciones de vulnerabilidad, y parte de ella incide directamente en delitos violentos sobre la propiedad, y otros que tienen su naturaleza en las desigualdades socioeconómicas que se acrecientan con el nuevo modelo de desarrollo en construcción desde el fin del socialismo histórico; las inequidades latentes se sintetizan en un índice de Gini muy elevado, que según información extraoficial supera el 0.45, como concreción de una polarización social evidente.

Esto, a su vez, está relacionado con el incremento de las desigualdades que, además de su carácter socio-clasista, poseen un fuerte componente geográfico. La revolución cubana de 1959 representó una notable mejora en la vida de la población rural. En términos de servicios básicos, aunque se constata un índice de electrificación del 96,2%, aún el 25,3% de la población rural no tiene acceso al agua potable (Hidalgo, 2019) y manifiesto en un déficit de servicio eléctrico en los últimos años, haciendo muy precario este servicio en las zonas rurales, resultando en un deterioro de la equidad social y consolidando las ya notables diferencias entre el campo y la ciudad. En cuanto a las viviendas, en el campo se concentran el 71% de las casas con techo de madera y guano, el 58% con piso de tierra y el 72% con paredes de tabla y palma. Además, se ha constatado una tendencia a la reducción de servicios esenciales como la salud y la educación en las zonas rurales (Hidalgo, 2019). El siguiente extracto refleja la situación del campo en cuanto a otros servicios básicos.

En el 2021, en las zonas rurales se identificó, para una población de 2 573 583 habitantes, la disponibilidad de 2 hogares maternos, 12 hogares de ancianos, 4 casas de abuelos, 7 centros de enseñanza especial y 25 círculos infantiles (Hidalgo, 2019, p. 21).

Por último, el fuerte componente campesino y rural de la cultura cubana se encuentra en franca extinción. Varias estructuras de discriminación social se articulan, tanto en la relación de la sociedad nacional con su componente rural, como a lo interno de la vida en el campo. Como resultado, ha cambiado la relación cultural entre lo rural y lo campesino, así como su significación para la nación cubana. Este proceso de transformación del orden simbólico a escala nacional puede conducir a la perpetuación de estructuras altamente enajenantes. Por ello, es un desafío del que no puede sustraerse una política que pretenda la reforma integral del campo cubano. La ganadería no escapa a ello, solo basta observar el desuso entre los ganaderos de sombreros de guano y otras indumentarias tradicionales, que son sustituidos en el mejor de los casos, por la vestimenta típica del ranchero norteamericano, especialmente su sombrero.

A partir de lo anterior, el objetivo fundamental del trabajo es esbozar el concepto de desarrollo rural social-comunitario sostenible, enfocado en la dimensión seguridad dentro de este paradigma en construcción, y centrado en este caso en la actividad ganadera fundamentalmente.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las ideas presentadas se sustentan en el materialismo dialéctico y su método de investigación. A través del **análisis y la síntesis** se avanza en una visión crítica de los enfoques sobre el desarrollo rural, en función de presentar una propuesta alternativa a la prevaleciente en la literatura sobre el tema, fundamentalmente de corte neoclásico, así como a las ideas del marxismo dogmático; **lo general y lo particular** constituyen la base de los planteamientos del trabajo, pues se analizan los elementos esenciales, generales, del desarrollo rural, haciendo abstracción de sus particularidades en los diferentes territorios. Se realiza un análisis cualitativo, desde la crítica de la Economía Política que permite analizar el desarrollo rural como síntesis de relaciones sociales de producción dominantes, transversales al plano sectorial y territorial, que expresan el desarrollo de las fuerzas productivas en espacios geográficos y socioeconómicos particulares, por oposición a lo urbano. A su vez se usa elementos de la geografía crítica y de la sociología para la interpretación de un nuevo paradigma socialista en las relaciones agrarias con base en el territorio. Asimismo, a partir de la interpretación crítica de las teorías del desarrollo humano y sostenible, se sintetizan ideas que reconocen la seguridad humana como un aspecto fundamental para la implementación del desarrollo rural, especialmente en relación a la actividad ganadera.





RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El trabajo propone una alternativa al enfoque neoclásico prevaleciente en las ciencias económicas, en general, y específicamente, en lo que refiere al desarrollo rural. Ello significa superar la visión sectorial que lo circunscribe al desarrollo agrícola; desconstruir la idea de la tierra concebida únicamente como un factor de producción; enfrentar visiones como el fatalismo geográfico, información y equilibrio perfectos, así como la libre movilidad de factores; hacer una apropiación crítica de los conceptos vinculados al desarrollo humano y sostenible (en todas sus dimensiones) y al desarrollo territorial.

Para Cuba, se requiere superar la visión de la propiedad socialista únicamente como propiedad estatal reconociendo otras formas de propiedad socialista en el proceso de socialización (familiar, cooperativa y comunal). Urge trascender el tratamiento de la ruralidad basado en el enfoque de *Necesidades Básicas* y potenciar el desarrollo humano en toda su complejidad, desde una perspectiva crítica al enfoque neoclásico y al socialista estatista. Implica superar la apología del desarrollo local; reconocer el papel de la renta diferencial del suelo en las brechas territoriales existentes y la necesidad de políticas diferenciadas parar un desarrollo rural armónico con el desarrollo nacional (Díaz, 2024).

Por el lado de nuestra realidad, implica la superación del determinismo euro soviético expresado en una ortodoxia que se identifica con el marxismo, pero que para nada lo es. Ello significa desterrar la apología por encima de la ciencia, comprender y aprehender que estatismo no es socialismo, sino ante todo un complejo proceso de nueva cooperación entre las personas en contra de la lógica del capital. Requiere superar la visión patrimonial de la propiedad socialista reconocida únicamente como propiedad estatal —esa visión patrimonial desconoce el concepto marxista de propiedad como relación social y restringe los derechos a la apropiación de los productores de la parte sustancial del valor creado manifestándose esta como extracción política del plusproducto social. Esta situación se manifiesta con más agudeza con los productores ganaderos quienes históricamente les han sido vulnerados sus derechos de propiedad sobre el ganado, su consumo, el precio de sus producciones, con políticas públicas que, en nombre del socialismo, han tratado con muy poco éxito de remontar la pérdida de la masa ganadera y el control ganadero, convirtiéndose estas en medidas odiosas para los productores ganaderos y la población en general.

Es muy necesario y urgente trascender el tratamiento de los problemas sociales de la ruralidad basado en el enfoque de *Necesidades Básicas* como medidor del desarrollo y del bienestar humano, y potenciar al ser humano, su felicidad, su progreso por encima de constructos ideo políticos que poco han aportado no solo a la producción de alimentos eficientemente, sino también al desarrollo social; por el contrario, han contribuido a la pauperización de la sociedad cubana rural, a la descampesinización y el despoblamiento rural con un influjo tremendo para con el resto de la sociedad.

También se requiere superar la visión apologética del desarrollo local. Se debe reconocer que en las disparidades del desarrollo influye la renta diferencial del suelo; lo cual requiere políticas para superar brechas y lograr un desarrollo rural armónico con el desarrollo nacional. Se ha de descartar la visión de que los pobres gestionan su propia pobreza, la cual desconoce el carácter consciente del acto de transformación social, y que en no pocos casos se convierte en una «trampa de pobreza». Ello implica hacer una apropiación crítica consciente de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y sus falacias; su cumplimiento «ayuda» al desarrollo, pero no es sinónimo de ello (Pérez y Medina, 2023).

Todo lo anterior es particularmente importante para los productores ganaderos, quienes, salvo excepciones, trabajan en el país en las tierras peores, con una renta muy baja. Por ello, los autores de esta ponencia celebran los logros de las ciencias agropecuarias que tienen que ver con nuevos métodos científicos que pueden hacer mucho más eficiente y económicamente viable la ganadería en las condiciones tropicales, pero que se encuentra aún lejos de ser un verdadero proceso de apropiación social del conocimiento, en especial la relevancia que pueden tener los sistemas silvopastoriles en ello.

El desarrollo rural social-comunitario, que se propone, asume desde la complejidad del desarrollo y desde un enfoque de totalidad, los múltiples problemas que afectan la sociedad rural y sobre los que hay que actuar al unísono, si de innovación en su sentido amplio se trata. Entre estos, destacan los graves problemas demográficos, sectoriales, la prevalencia del cambio climático, la concentración del mercado en empresas líderes (monopolización) que afecta sustancialmente a los que trabajan en las condiciones peores, a los que se suman los graves problemas de seguridad, que padecen las comunidades rurales cubanas y, sobre todo, los ganaderos. Además, presupone un amplio espectro de ciencia multidisciplinar y transdisciplinar y de integración de conocimientos que permita superar la visión fetichista de la 4ta Revolución industrial y, desde su apropiación crítica acometer los cambios tecnológicos necesarios y posibles vinculados a ella para enfrenar sobre todo el despoblamiento rural, el envejecimiento de la población, la desmotivación de los jóvenes y el cambio climático. Esta visión de desarrollo rural contiene, por supuesto, los importantes esfuerzos para aumentar la productividad del trabajo y la eliminación de la creciente brecha entre agronegocios y un gran número de pequeños productores agrícolas, lo que con matices ya está presente en la realidad cubana (Díaz y Díaz, 2021).

Entonces, el desarrollo rural que se propone en este trabajo es distinto de la modernización capitalista y del socialista preconcebido hasta hoy. Es una apuesta por el cambio estructural de alcance local, sectorial y nacional. Internacionalmente -a lo que no escapa Cuba-, la actividad económica en las zonas rurales está guiada por criterios de rentabilidad, dominada por relaciones monopólicas y transfiguradas actualmente en la Economía Verde. Está signada por una distribución y apropiación de los resultados determinada por la monopolización de los principales avances tecnológicos y recursos naturales necesarios para el proceso productivo. Lo anterior, se expresa en brechas de desarrollo, reprimarización, transfiguradas en las nuevas tecnologías y una nueva integración hegemónica al capital financiero -que incluye las familias-; ello es expresión de las contradicciones del capitalismo manifiestas, entre otras cuestiones, en inseguridad alimentaria, pobreza, inseguridad, lo cual precisa de no poca innovación social.

En ese sentido, se propone la siguiente definición de desarrollo rural para Cuba. El desarrollo rural social-comunitario sostenible es el proceso de trasformación socioeconómica de un espacio geográfico históricamente construido de acuerdo a las condiciones naturales, el suelo, el clima y la interacción social de los hombres con este. Es un acto consciente de metamorfosis del territorio habitado, de construcción política, socioeconómica, técnica, ambiental y cultural. Promueve políticas públicas intersectoriales, en el ámbito económico, financiero, demográfico, científico técnico, comunicacional, de acceso a servicios básicos de salud, vivienda, educación, electrificación, recreación, vialidad, transporte y de protección ambiental. Esta se realiza fundamentalmente en espacios de producción agrícola, a la vez que promueve nuevos sectores económicos determinados por el desarrollo económico y social en función de la creación de una nueva cultura de relación humana. La salida fundamental de tal propósito es la creación de una estrategia para el desarrollo rural cubano sobre la base de una propuesta para un ambicioso programa gubernamental que hemos denominado: *Mi tierra, mi casa, mi vida*.

El enfoque de seguridad en el paradigma del Desarrollo Humano

La concepción del Desarrollo Humano, a diferencia de los enfoques que centran la atención en los componentes económicos del proceso de desarrollo, asume una visión multidimensional que resalta el carácter integral de la estrategia a adoptar bajo esta concepción. De esta manera, las tres dimensiones básicas del desarrollo humano[1], muy renombradas desde los años 90s, se acompañan de otras seis dimensiones fundamentales, pero no tan mencionadas por la literatura y los medios de comunicación; ellas son: equidad, sustentabilidad, productividad, potenciación, cooperación y seguridad humana.

Es precisamente, la seguridad humana la dimensión que sintetiza los esfuerzos de las cinco que la preceden. Según expresó el PNUD en el *Informe de Desarrollo Humano 1994*, el concepto de seguridad debía cambiar de forma urgente en dos sentidos fundamentales: i) del acento exclusivo en la seguridad territorial a un acento mucho mayor en la seguridad de la población; ii) de la seguridad mediante los armamentos a la seguridad mediante el desarrollo humano sostenible (PNUD, 1994).

En tal sentido, esa institución destaca siete categorías principales vinculadas a la seguridad humana (PNUD; 1994); ellas son:

Seguridad económica: "…requiere un ingreso básico asegurado, por lo general como resultado de un trabajo productivo y remunerado o, como último recurso, de algún sistema de seguridad financiado con fondos públicos", (PNUD, 1994, p.28).

Si se aplica al objeto de estudio de este trabajo, esta dimensión en Cuba se expresa en los bajos desempeños de las producciones agrícolas y ganaderas, motivadas por diferentes razones; tales como el desarrollo de la economía de plantación y posteriormente por un modelo subsidiario de ella, de planificación socialista, que dejó amplios márgenes a la enajenación del trabajo. Esta inseguridad se ha visto acrecentada, como ya fue mencionado más arriba, por la violación de los derechos de propiedad de los productores ganaderos, la apropiación política del nuevo valor creado, contribuyendo a lo largo del tiempo a la descapitalización y la pauperación del trabajo en el sector, a lo que se une la asimilación acrítica de modelos productivos que poco o nada tienen que ver con la tradición ganadera cubana y los requerimientos de una ganadería tropical.

Seguridad alimentaria: "…significa que todos, en todo momento, tienen acceso tanto físico como económico a los alimentos básicos que compran. Esto requiere no sólo que haya suficiente alimento para todos, sino también que la gente tenga acceso inmediato a los alimentos, que tengan "derecho" al alimento, ya sea porque lo cultiva, lo compra o aprovecha un sistema público de distribución de alimentos. De esta manera, la disponibilidad de alimentos es una condición necesaria de la seguridad, pero no suficiente", (PNUD, 1994, p.30).

En Cuba se ve acrecentada por la inseguridad económica, a lo que se une en el caso ganadero a serías restricciones para el consumo de parte de sus producciones, especialmente de carne.

Seguridad en materia de salud: Documentada seguramente en este cónclave con el enfoque una salud.

Seguridad ambiental: "…la industrialización intensiva y el rápido crecimiento de la población han sometido el planeta a una tensión intolerable. Las amenazas al medio ambiente que enfrentan los países son una combinación del deterioro de los ecosistemas local y mundial" (PNUD, 1994, p.32). Entre las mayores afectaciones se destacan: el acceso al agua; la deforestación, combinada con el pastoreo excesivo y métodos ineficientes de conservación, que está acelerando la desertificación; la salinización de tierras; la contaminación del aire; las catástrofes naturales).

Para el caso cubano y en especial, la ganadería, se concreta también en la introducción de especies invasoras y prácticas degradantes que pueden subsanarse si se aplican en el país los enormes resultados logrados en el sistema de centros e institutos de ciencias agropecuarias; lo que contribuiría a eliminar esta inseguridad en muy poco tiempo, según nuestro criterio.

Seguridad personal: Se refiere a la seguridad respecto de la violencia física; señala que la vida humana se ve cada vez más amenazada por la violencia súbita e imprevisible, la cual asume varias formas, según PNUD (1994):

- Amenazas del Estado (tortura física)
- Amenazas de otros Estados (guerra)
- Amenazas de otros grupos de la población (tensión étnica)
- Amenazas de individuos o pandillas contra otros individuos o pandillas (delincuencia, violencia callejera)

[1] Disfrutar de una vida prolongada y saludable; adquirir conocimientos; y tener acceso a los recursos necesarios para lograr un nivel de vida decente.



- Amenazas dirigidas contra las mujeres (violación, violencia doméstica)
- Amenazas dirigidas contra los niños sobre la base de su vulnerabilidad y dependencia
- Amenazas dirigidas contra la propia persona (suicidio, uso de estupefacientes)

Si bien las tres primeras formas de inseguridad no se manifiestan, algunas de las restantes tienen expresiones hoy en las comunidades rurales cubanas, convirtiéndose en uno de los mayores desafíos para los productores nacionales. Para muchas personas, la mayor fuente de ansiedad es la delincuencia, particularmente la delincuencia violenta, que se manifiesta contra el patrimonio ganadero, en forma de hurto y sacrificio de ganado, pero en los últimos años con notables avances en la intensidad de la violencia. A ello habría que añadir, otros problemas que enfrenta la sociedad cubana, incluida la rural, como el alcoholismo, el aumento de las drogas tóxicas, la violencia de género intrafamiliar, ampliamente documentadas por diversas fuentes oficiales.

Seguridad de la comunidad: "La mayor parte de la población deriva seguridad de su participación en un grupo, una familia, una comunidad, una organización, un grupo racial o étnico que pueda brindar una identidad cultural y un conjunto de valores que den seguridad a la persona. Esos grupos ofrecen también apoyo práctico. … Pero las comunidades tradicionales pueden también perpetuar las prácticas opresivas: el empleo de mano de obra sojuzgada y esclava y el tratamiento particularmente cruel de la mujer, (PNUD, 1994, p.36).

En el caso cubano, el debilitamiento de la identidad campesina es una de las formas en que se expresan las afectaciones a esta forma de seguridad. A ello se añade, que la proliferación de los llamados nuevos actores económicos, ya tenido un impacto de fragmentación en la clase trabajadora, incluidos los productores rurales. Se va perdiendo el sentimiento de clase, en general, y de campesino, en particular

Seguridad política: "… vivir en una sociedad que respete sus derechos humanos fundamentales", (PNUD, 1994, p.37).

A los efectos de este trabajo, se consideran, además, la seguridad informática por su transversalidad en los procesos sociales contemporáneos; y la seguridad jurídica; especialmente esta última tiene retos trascendentales, sobre todo, en términos de equidad, justicia y reconocimiento sobre los derechos de propiedad; lo cual tiene particular importancia para los ganaderos.

Según la concepción del desarrollo humano, los seres humanos son protagonistas en los procesos que dan lugar a la ampliación de sus oportunidades; necesitan y tienen la posibilidad de participar en ello. Sin embargo, tal como reconoce el propio PNUD, la formación y uso de las capacidades humanas no puede dejarse a la espontaneidad de las fuerzas del mercado, puesto que las condiciones sociales pueden levantar barreras al principio del universalismo, frente a las cuales resulta indispensable la adopción de políticas públicas (García, 2009). Nada de ello le es ajeno al socialismo; pero a diferencia de esas otras realidades, en el caso cubano no se ha desarrollado el mercado como expresión de la división social del trabajo y del intercambio de valores, independientemente de su carácter y de su contenido.

No puede desconocerse el papel que desempeña la acción individual en la sociedad, en términos de aprovechamiento de oportunidades. En tal sentido son significativas las condiciones socioeconómicas y políticas en la creación de dichas oportunidades, lo cual gana particular importancia en el proyecto de construcción de una sociedad alternativa a la lógica del capital, en el caso cubano declarada en la constitución como sociedad socialista, democrática, próspera y sostenible.

Resulta oportuno considerar que al presentar en comunicado de prensa el próximo *Informe Regional sobre Desarrollo Humano 2025,* el PNUD identifica tres dinámicas que se combinan para poner presión adicional al desarrollo humano en la región latinoamericana (PNUD, 2024). Si se extrapolan al entorno rural cubano y especialmente al ganadero, se observa la pertinencia de estas ideas. Ellas son:

- Un **cambio tecnológico acelerado** que está transformando los mercados laborales y la gobernanza, pero que se está expandiendo de manera desigual profundizando desigualdades existentes.
- Una creciente **fragmentación social** manifestada en el aumento de la desconfianza entre las personas y en las instituciones, lo cual dificulta alcanzar acuerdos y resolver desafíos compartidos.
- La intensificación de desastres **climáticos**, habiéndose más que duplicado el número de eventos meteorológicos extremos y agravado amenazas compuestas como incendios y sequías. Esto amenaza la vida y los medios de vida, profundizando las desigualdades económicas y sociales preexistentes.

La realidad cubana no escapa a esta situación, con excepción de la primera idea mencionada, puesto que el cambio tecnológico podría ser la contraparte de la escasez de fuerza de trabajo y el despoblamiento rural.

Apunta el PNUD (2025) que la interconexión de esos factores acentúa las vulnerabilidades y generan riegos que agravan los desafíos del desarrollo; por ello resalta: "cuando hablemos de desarrollo, es necesario que hablemos de resiliencia." Y agrega: "Invertir hoy en resiliencia es proteger los logros del desarrollo y garantizar dignidad y seguridad para todas las personas, especialmente entre las más vulnerables. **No basta con resistir. Hay que transformar para prosperar**".

"La resiliencia no es solo individual, sino eminentemente colectiva. Las presiones y desafíos que enfrentamos son demasiado grandes para abordarlos de forma fragmentada. Y eso nos exige recalibrar nuestro desarrollo desde una mirada más integral, que ponga en el centro la resiliencia para que las personas vivan vidas valiosas incluso en medio de la adversidad." (PNUD, 2024).

CONCLUSIONES

Lograr una mirada diferente, integradora, de los espacios rurales, significa pensar en un concepto de desarrollo rural alternativo al prevaleciente hasta entonces; la propuesta de desarrollo rural social-comunitario apunta hacia esa dirección.

Las circunstancias sociales pueden crear situaciones que escapan del control de los individuos, frente a las cuales la sociedad debe crear las redes de seguridad que protejan su vulnerabilidad, por concepto de desastres naturales, accidentes, agresiones de cualquier tipo o el propio desempeño de la economía (CIEM-PNUD, 2000). En tal sentido, en un entorno particular como el de Cuba, sería importante pensar en ampliar el espectro de la seguridad antes mencionado.

Considerar las dimensiones de la seguridad humana, promovidas por el PNUD en su enfoque de desarrollo humano, tiene particular y profunda relevancia, en el entorno ganadero.

BIBLIOGRAFÍA

Arias Guevara, M. y Leyva Remón, A. 2017. "Los estudios rurales en Cuba. Reflexiones sobre la estructura social y los cambios en la agenda de investigación". Revista Universidad de La Habana, 283, pp. 243-258.

Asamblea Nacional del Poder Popular. 2025. Ley de propiedad, posesión y uso de la tierra. Disponible en: http://media.cubadebate.cu/wp-content/uploads/2025/03/ANTEPROYECTO-LEY-DE-PROPIEDAD-POSESION-Y-USO-DE-LA-TIERRA.pdf

CIEM y PNUD. 1997 *Investigaciones sobre desarrollo humano y equidad en Cuba, 1996*, Editada por Caguayo S.A., La Habana.

Díaz, L. 2024. "A sesenta y cinco años de la Reforma Agraria en Cuba: la socialización del campesino", Revista Economía y Desarrollo, Vol. 168, No.2, Universidad de La Habana, Cuba. Disponible en http://scielo.sld.cu/pdf/eyd/v168n2/0252-8584-eyd-168-02-e6.pdf

Díaz, Lázaro y Daniela Díaz (2021). "¿Déficit de producción de alimentos en Cuba o la diatriba entre desarrollo agrícola y desarrollo rural?" Economía y Desarrollo, 166, No. 1. Disponible en http://scielo.sld.cu/pdf/eyd/v166n1/0252-8584-eyd-166-01-e3.pdf.

Hidalgo, V. 2019. "La dimensión rural de las desigualdades: estado actual de las investigaciones en el período 2008-2018". Estudios del Desarrollo Social: Cuba y América Latina, 8. Disponible en: https://scispace.com/pdf/la-dimension-rural-de-las-desigualdades-estado-actual-de-las-ty8yeoltt3.pdf

ONEI. 2022. Anuario Demográfico de Cuba 2021. La Habana: Centro de Estudios de Población y Desarrollo.

Pérez, O. y Z. Medina. 2023 "¿Neutralidad de los ODS? La crítica necesaria", Revista Economía y Desarrollo, Vol.167, No. 2, Universidad de La Habana, Cuba. Disponible en http://scielo.sld.cu/pdf/eyd/v167n2/0252-8584-eyd-167-02-e1.pdf

PNUD. 1994. Informe de Desarrollo Humano, 1994. Publicado por Oxford University Pres, Nueva York.

PNUD. 2024. Comunicado de prensa. https://www.undp.org/es/costa-rica/comunicados-de-prensa/desarrollo-humano-sin-incorporar-la-resiliencia-ya-no-es-opcion-alerta-pnud-en-america-latina-y-el-caribe





DR-03. Los sistemas agroforestales en el desarrollo científico, técnico y social de Cuba

The agroforestry systems in the scientific development, technician and social of Cuba

M. M. Jiménez-Águila

Instituto de Investigaciones Agroforestales (INAF), Calle 174 no. 1723 e/ 17B y 17C, Rpto. Siboney, Playa, La Habana, Cuba

Correspondencia a: jimenezaguilam@gmail.com

RESUMEN

La conciliación armónica de las actividades forestales, agrícolas y ganaderas sobre la base de un ordenamiento territorial, define el adecuado uso múltiple y racional de los suelos según las características de los mismos en los diferentes ecosistemas sin afectar el medio. Por brindar alternativas que contribuyen al desarrollo socioeconómico de las comunidades locales como factor de mejoramiento del nivel de vida de la población y por la recuperación y conservación de los recursos naturales y el ambiente; se otorga hoy en día, importancia científico técnica a los Sistemas Agroforestales. En el contexto actual, la promoción de todas aquellas tecnologías que tienden hacia el desarrollo de una agricultura sostenible, con la interacción conjunta de plantas como elementos estabilizadores de la ecología, pueden contribuir a alcanzar los objetivos que se persiguen con los sistemas agroforestales con un efecto beneficioso e imprescindible para la economía, la ecología y la sociedad. Sin embargo, a pesar del grado alcanzado en el conocimiento y perfeccionamiento de estas técnicas, de la existencia del personal técnico calificado, de la política explícita y de la existencia de dispositivos legales que la avalan; hoy los problemas globales, financieros y subjetivos existentes, desafían la estructura de organización y mecanismos operativos, lo que hace que la utilización del aprendizaje sea limitado y crea una debilidad científica y tecnológica para la aplicación de los mismos (sistemas agroforestales) y esto puede ampliar la brecha conducente al deterioro de los recursos naturales básicos con que el hombre necesita para su desarrollo.

Palabras clave: *Sistemas agrosilvopastoriles, Agricultura, Sostenible, Capacitación, Desarrollo económico y social*

ABSTRACT

The harmonic reconciliation of the forest, agricultural activities and cattlemen on the base of a territorial classification, it defines the appropriate multiple and rational use of the floors according to the characteristics of the same ones in the different ecosystems without affecting the means. To toast alternative that contribute to the socioeconomic development of the local communities as factor of improvement of the level of the population's life and for the recovery and conservation of the natural resources and the atmosphere; today it is granted in day, importance scientist technique to the agroforestry systems. In the current context, the promotion of all those technologies that spread toward the development of a sustainable agriculture, the combined interaction of plants as elements stabilizers of the ecology, they can contribute to reach the objectives that are pursued with the agro forestry systems with a beneficial and indispensable effect for the economy, the ecology and the society. However, in spite of the grade reached in the knowledge and improvement of these techniques, of the qualified technical personnel's existence, of the explicit politics and of the existence of legal devices; today the existent global, financial and subjective problems, challenge the structure of organization and operative mechanisms, that makes that the use of the learning is limited and believe a scientific and technological weakness for the application of the agroforestry systems and this can enlarge the conducive breach to the deterioration of the basic natural resources that the man needs for his development.

Keywords: *Agroforestry Systems, Sustainability, Agriculture, Socioeconomic development*

INTRODUCCIÓN

Una de las causas fundamentales del deterioro medioambiental es motivado por la destrucción de los bosques tropicales, que se incrementó en una cifra equivalente a 11.3 millones de ha/año en la década del ochenta, (Huguet, 1982), mientras que en los años 90 llegó a alcanzar los 17 millones de ha/año.

A lo anterior se suma las afectaciones que se han producido en los suelos como consecuencia de la erosión, la salinización, incendios forestales, inundaciones desarrollo agroindustrial inadecuados, entre otros.

El equilibrio ecológico de la Tierra, se ve amenazado por estos y otros problemas globales existentes, como el efecto invernadero y los cambios climáticos; por otra parte, el crecimiento acelerado de la población, el deterioro creciente de la fertilidad de los suelos, el incremento de la industrialización y la desertificación, han provocado una gran disminución del per/ cápita de tierra cultivable, pudiendo alcanzar niveles críticos de 0,19 ha/habitantes al concluir el milenio, (Castro, 1983). De modo que tal problema ha llevado al hombre a la búsqueda de soluciones, en lo fundamental para

los países subtropicales y tropicales, basadas en variantes de aplicación de diferentes técnicas donde se integren las actividades agrícolas, ganaderas y forestales de manera que se haga un uso más racional del suelo.

Los sistemas agroforestales definidos como un conjunto de técnicas para el aprovechamiento de la tierra, en los cuales, especies leñosas (árboles, arbustos, palmas, bambú) son utilizadas en acción deliberada con cultivos agrícolas y/o animales en la misma unidad de gestión, de manera simultánea y/o en una recurrencia temporal o permanente; pudieran estar llamados a ser una tecnología para atenuar tales efectos; considerando la biodiversidad y respetando el principio de rendimiento sostenido. En los sistemas agroforestales existen interacciones ecológicas y económicas, (Combe y Budowski, 1979).

En el contexto actual en que se acomete la promoción de todas aquellas tecnologías que tienden hacia el desarrollo de una agricultura sostenible, la interacción conjunta de plantas como elementos estabilizadores de la ecología, pueden contribuir a alcanzar los objetivos que se persiguen hoy en los sistemas agroforestales, con un efecto beneficioso imprescindible para la economía, la ecología y la sociedad.

Situación mundial

En el África Occidental y Central, la agricultura migratoria es una práctica ancestral que entraña la constante destrucción de la superficie boscosa, seguida por la siembra de cultivos agrícolas y puede considerarse el principio rudimentario de las técnicas agrosilvicolas, (Chaundry y Salim, 1980).

En diversas regiones del mundo y en particular en América Latina, se han practicado de manera espontánea combinaciones de especies forestales con cultivos agrícolas (árboles-café, árboles-cacao) y pastizales arbolados entre otros.

En Birmania a finales del siglo XIX, cuya principal finalidad era disminuir los costos de las plantaciones, se originó el denominado Sistema Taungya (cultivos agrícolas intercalados con árboles forestales), (King, 1976); por lo que constituyó un paso ascendente en el perfeccionamiento de estas técnicas. Sin embargo, es en las últimas décadas en que las investigaciones sobre una base verdaderamente científica, han permitido el desarrollo integral de los sistemas agroforestales.

En la actualidad, en varios países de Centro América, se acometen proyectos de desarrollo rural que tienen de base la aplicación de sistemas agroforestales, y como finalidad el uso integral de los recursos naturales. Hoy se intenta dar solución a los problemas originados por la disminución progresiva de las tierras cultivables y por la invasión que sufren las de vocación forestal, a causa de una agricultura irracional.

Situación en Cuba

En Cuba, en 1492, la isla estaba casi cubierta de bosques de diferentes tipos, alturas y densidades. Se calcula que su cubrimiento fluctuaba entre el 88 y 92%; el resto lo ocupaban diferentes tipos de vegetación, ya fueran con características de costas rocosas y de playas arenosas, o de vegetación de gramíneas con árboles dispersos, que en sentido amplio son conocidas como "sabanas" (1) las que reunidas cubrían entre el 4 y 7 % del territorio, (Del Risco, 1995).

Los primeros pobladores (Taínos y subtaínos) introdujeron la tecnología de "roza", mediante el desbroce a través del fuego para la siembra de cultivos como maíz, yuca, calabaza y variados tipos de frijoles, los cuales constituían la fuente fundamental de subsistencia de los nativos, calculados para aquel entonces en una cifra superior a los 100 mil. Esta incipiente tecnología de producción no afectó los bosques de la isla; ni siquiera los primeros asentamientos españoles, cuyas energías fueron dedicadas a la búsqueda de oro. Durante la segunda mitad del siglo XVI la isla se convirtió en proveedora de la madera para la construcción de numerosas fragatas de la armada de la Florida, lo que trajo como consecuencia que gran cantidad de madera preciosa tales como Caoba (*Swietenia mahagoni),* Cedro (*Cedrela odorata)* y Sabicú (*Lysiloma sabicu*) fueran desapareciendo, pero ya *e*n la segunda mitad del siglo XVIII se fue recuperando y el 83% del territorio cubano era boscoso.

Orígenes y nexos del desarrollo agroforestal en Cuba

En Cuba tradicionalmente se han practicado asociaciones de especies forestales con cultivos perennes como el café, cacao y en huertos familiares de pequeños agricultores se han encontrado combinaciones de frutales, hortalizas, viandas y árboles forestales. Además se observa con frecuencia en áreas de pastizales, árboles de valor maderable como: caoba antillana (*Swietenia mahagoni)*, cedro (*Cedrela odorata)*, baría (*Cordia gerascantoides)*, algarrobo (*Samanea saman)* o frutales como: mango (*Manqifera índica)*, aguacate *(Persea americana)*, guayaba (*Psidiun guajaba)*, entre otros.

En la región de Baracoa, por ejemplo, los campesinos han practicado una agricultura con producción diversificada, estableciendo en sus pequeñas fincas cultivos temporales, anuales y perennes, frutales y árboles forestales que multiplican sus ingresos y ofrecen a la vez beneficios al ambiente. En esta zona se encuentran asociaciones de *Pinus*



cubensis con plátano *(Musa sapientum*) y ñame (*Dioscorea elata*), lográndose rendimientos de 15 ton/ha y 4 ton/ha en los cultivos agrícolas respectivos, los que aumentaron el potencial alimentario de la población local, (Orquín y col., 1988).

Sin embargo, es a partir de 1981, con la ejecución del proyecto conjunto con la FAO denominado "Desarrollo de Sistemas Estables Agrosilvopastoriles en la Sierra Maestra", (Rodríguez, 1981), que comienzan las investigaciones en Cuba con el establecimiento de parcelas experimentales con diferentes diseños elaborados y adaptados a las distintas condiciones edafoclimáticas de este sistema montañoso.

El objetivo primordial de estas investigaciones ha sido definir alternativas que contribuyan al desarrollo socioeconómico de las comunidades locales, al mejoramiento de la calidad de vida de la población y a la recuperación y conservación de los recursos naturales y el ambiente.

En la región de Viñales, Pinar del Río, investigaciones agrosilvicolas se han realizado como alternativa de uso múltiple y racional del suelo para la producción agrícola y forestal sostenible utilizando el intercalamiento del cultivo de piña *(Ananás sp*.) en plantaciones de pino *(Pinus caribaea).*

Asimismo, en la región de Yateras, Guantánamo, se ha aplicado el sistema agroforestal secuencial (método Taungya), sembrando simultáneamente entre hileras de pino *(Pinus sp.)* los cultivos de yuca *(Manihot sculenta)* y fríjol *(Phaseolus sp.)*, sin observarse afectación alguna al término de la investigación, (Sigler y Pacheco, 1988).

Después de haberse estudiado durante 15 años el comportamiento, adaptabilidad, estabilidad y rentabilidad de los Sistemas Agroforestales como alternativa para la producción diversificada y experimentadas en las distintas parcelas establecidas en las diferentes provincias, por lo que ha sido posible elaborar hoy día una tecnología para su aplicación y generalización en las diferentes Empresas Municipales Agropecuarias (EMA), Empresas Forestales Integrales (EFI), Cooperativas de Producción Agropecuarias (CPA), Unidad Básica de Producción Cooperativa (UBPC), Empresas Agroforestales de Montaña (EAM); tanto para las condiciones del llano como para la montaña con un mínimo de costos. Su uso como alternativa para la preservación de los recursos naturales dentro de los Planes y Proyectos de Reforestación y de Ordenamiento y Manejo Integrado de las Cuencas Hidrográficas de ríos y embalses de Cuba es un hecho.

Ejemplos de estudios realizados: Cuenca del río San Diego Pinar del Río, Cuenca del Río Hanabanilla, Cienfuegos, Cuenca del Embalse Hanabanilla, Villa Clara-Cienfuegos, Cuenca del río Navarro, Cienfuegos, Cuenca del río Charco Hondo, Holguín, Cuenca del río Almendares, Ciudad Habana, entre otros.

Interacciones para el desarrollo de los sistemas agroforestales en Cuba

Para aprovechar plenamente las posibilidades del sector forestal en la solución de acuciantes problemas que plantea el desarrollo rural, deben tenerse en cuenta las funciones complementarias de la silvicultura y la agricultura y sólo adoptándose este enfoque, el sector podría aportar su legítima contribución a la seguridad alimentaria y a la calidad de vida de la población.

En Cuba es considerado este principio y se establecen programas donde se integra: la agricultura a la silvicultura y la silvicultura a la agricultura.

Árboles y arbustos agrupados contribuirán a mantener la calidad del suelo a conservar la humedad y a establecer un hábitat para la flora y la fauna.

La aplicación de sistemas de producción integrados con base agroecológica o sistemas agroforestales, constituye una vía para obtener una producción agrícola, ganadera forestal sostenible, además de mantener la conservación del recurso suelo, el equilibrio ecológico y el desarrollo socioeconómico principalmente en zonas montañosas de alta fragilidad ecológica.

Este concepto de sistema agroforestal, tiene como principio con la integración de los árboles con cultivos agrícolas y/o animales, aumentar los rendimientos agrícolas, pecuarios y forestales, mejorar la fertilidad del suelo y proporcionar una gama de productos útiles, lo que constituye una defensa de primera línea en la lucha por garantizar la seguridad alimentaria y la autosuficiencia de los productores.

La conciliación armónica de las actividades forestales, agrícolas y ganaderas sobre la base de un ordenamiento territorial, define el adecuado uso múltiple y racional de los suelos según las características de los mismos en los diferentes ecosistemas, alternativa que contribuyen al desarrollo socioeconómico de las comunidades locales como factor de mejoramiento del nivel de vida de la población y de la recuperación y conservación de los recursos naturales y el ambiente; de ahí la importancia científico técnica que se le otorga a los sistemas agroforestales.

16-DR

Relación de especies utilizadas y medidas de conservación de suelos aplicadas (Período 1981-1990)

Parcela	Especies forestales	Cultivos agrícolas	Clase animal	Frutales	Tipo de pastos	Formación Forestal Tipo de Suelo y Medidas de Conservación de suelos
"El Corojito" **Superf.** **53 ha.** **Altitud** **220 – 270 m** **Pendiente** **5 – 43%.**	*S. macrophylla* *Cordia gerascantoides* *Leucaena* *leucocephala* *Cedrela odorata* *Gliricidia sepium* *Samanea saman* *Swietenia sp.* *Lysiloma latisiliqua* *Colubrina arborescens* *Caesalpinea violácea* *Persea americana*	*Phaseolus sp. Frijol* *Allium cepa* *Lycopersicum esculetun* *Capsicum annun* *Zea mays* *Manihot esculenta* *Cucumis sativa* *Cucurbita pepus* *Ipomoea batatas*	Vacuno Cebú de Ceba	Cítricos Naranja) Ananás	Hierba de guinea	Semicaducifolio sobre suelo calizo Suelo Pardos Sin Carbonatos Típico sobre roca ígneas <u>Medidas aplicadas:</u> Corrección Cárcavas Terrazas de banco Terraza individual Plantación a tres bolillo Plantación en fajas Laboreo mínimo
"La Guásima **Superficie0.8 ha.** **Altitud 240 m** **Pendiente 13 %**	*Swietenia macrophylla* *Cordia gerascantoides* *Talipariti elatum* *Lysiloma latisiliqua* *Samanea saman*	*Zea mays +Phaseolus* *Manihot + Phaseolus* *Ipomoea batata* *Lycopersicun* *Esculentun* *Phaseolus sp.* *Capsicum* *Annun* *Cucurbita pepus*		Lima persa	Hierba de Guinea Napier	Semicaducifolio sobre suelo calizo Suelo Pardos Sin Carbonatos Típico sobre roca ígneas Muro contención de piedra Barreras vivas Empalizada Cultivos en Curvas a Nivel Rotación de cultivos Cultivos intercalados



"La Caoba" Superficie 2,6 ha. Altitud 230 m. Pendiente 24 %	*Swietenia macrophylla* *Khaya senegalensis*		Ovino Criollo Pelibuey		Hierba de Guinea	Semicaducifolio sobre suelo calizo Suelo Pardo con carbonatos Plantación en Fajas Periféricas Pastoreo Racional

Fuente: Rodríguez, 1981

Avances y contradicciones en el proceso de aprendizaje

Los Sistemas Agroforestales en los diferentes escenarios agrarios del país desde 1981 hasta la fecha, se han difundido a través de:

- Capacitación en Curso de postgrado teórico-práctico (con carácter nacional e internacional para ingenieros, técnicos de empresas y maestrantes de las Universidades Agraria y Forestal en Cuba.
- Trabajos de extensión agraria y Asesoría técnica nacional e internacional.
- Seminarios, Conferencias, Talleres, Simposios nacionales e internacionales y en otros eventos.
- Publicación de artículos científicos en revistas nacionales e internacionales (Guía técnica agroforestal. (Folleto IIF, Junio, 2006),
- Videos y audiovisuales didácticos sobre: Sistemas Agroforestales en Cuba y Cuencas Hidrográficas, Cercas Vivas, Manejo Ambiental de Cuencas, Fincas Forestales Integrales, entre otros.
- Instructivos técnicos, metodología y tecnología sobre la aplicación de Sistemas Agrosilvopastoril y Silvopastoriles Sostenibles.
- Giras internacionales de Intercambio Técnicos de conocimientos en Sistemas de producción Agropecuaria Sostenible.

Sin embargo, a pesar del grado alcanzado en el conocimiento y perfeccionamiento de esta técnica, de la existencia del personal calificado, de la política del estado y de la existencia de dispositivos legales, hoy día, los problemas globales, financieros y subjetivos en la estructura de organización y mecanismos operativos hace que la utilización del aprendizaje sea limitado y crea una debilidad científica y tecnológica para la aplicación de los sistemas agroforestales y esto puede ampliar la brecha conducente al deterioro de los recursos naturales básicos que el hombre necesita para su desarrollo.

Los sistemas agroforestales y el cambio de paradigma en la estrategia de desarrollo

Para evitar frustraciones del pasado, hay un cambio gradual pero significativo en el paradigma (manera de percepción) de la estrategia del desarrollo agrícola.

Sobre la base del diagnóstico de déficit alimentario y desnutrición como temas mayores, se diseñaron tecnologías para aumentar la producción que fueron trasferidas durante los años cincuentas. Los efectos ambientales adversos y la degradación de los recursos, así como las desigualdades socioeconómicas que resultaron de estas tecnologías se convirtieron en las principales preocupaciones del desarrollo durante los años setenta y ochenta. Se dio entonces, una mayor importancia al entendimiento ecológico y a la perspectiva ambiental para el desarrollo económico (Leff 1986, 1998 citado por L. Krishnamurthy, 1999).

La Comisión Mundial para el Medio Ambiente y el Desarrollo (WECD 1987) introdujo el concepto de desarrollo sostenible. Lo que ayudó a cambiar el debate de los estrechos intereses sectoriales a uno que abarcaba comprensiblemente factores económicos, sociales y ambientales. Este clamaba más atención a la igualdad del crecimiento económico, a las disparidades sociales, a las necesidades del presente versus generaciones futuras, a la conservación de los recursos intergeneracionales y al equilibrio de intereses locales, nacionales y globales.

El desarrollo sostenible, desde la publicación de Nuestro Futuro Común, se ha vuelto una estrategia y prioridad entre los políticos, investigadores y profesionales en desarrollo. El desarrollo tecnocientífico está asociado a fines, intereses,

actores, valores y encuentra respaldo en las diversas corrientes que estudian la ciencia desde una perspectiva constructivista. El enfoque constructivista sugiere estudiar las trayectorias tecnocientíficas como el resultado de fuerzas e intereses en pugna y la expresión de voluntades individuales y colectivas que adoptan decisiones con arreglo a valores señala Núñez Jover, (2002). Con la aplicación de los Sistemas Agroforestales es posible considerar que esta perspectiva sirva para abonar el debate ético entre ciencia y tecnología.

CONCLUSIONES

El empleo de los sistemas agroforestales en nuestro país tiene grandes perspectivas y de hecho, un punto de partida lo constituye la existencia de estudios sobre ordenamiento y manejo cuencas hidrográficas y las recomendaciones que sobre el uso múltiple y racional debe dársele al suelo en el territorio, para combinar los cultivos de café, cacao y forestales para alcanzar una agricultura sostenible.

La implantación de las técnicas agroforestales basado en el conocimiento debe ir precedida de una labor de persuasión para lograr el desarrollo social, pues implica cambios en los métodos degradantes de uso y manejo del suelo, en la no adecuada selección del cultivo a utilizar y en la concepción errónea del uso de monocultivo en los sistemas montañosos frágiles. Además, el desconocimiento y falta de experiencia sobre las variantes o formas de cómo lograr la integración de la agricultura y la silvicultura en los tiempos modernos.

Se pone de manifiesto la necesidad de capacitar y actualizar a los que cultivan la tierra, en cómo deben aplicar los sistemas de manejo donde se integren las actividades agrícolas, ganaderas y forestales, debiendo superar los prejuicios de carácter subjetivos acerca de la concepción existente sobre los principios de la silvicultura y marchar hacia una nueva fase de desarrollo agroforestal.

La ciencia debe estudiarse desde una perspectiva constructivista ya que el desarrollo tecnocientífico está asociado a fines, intereses, actores y valores. Este enfoque constructivista sugiere estudiar las trayectorias tecnocientíficas como el resultado de fuerzas e intereses en pugna y la expresión de voluntades individuales y colectivas que adoptan decisiones con arreglo a valores. Es posible considerar que esta perspectiva sirva para abonar el debate ético entre ciencia y tecnología; la ciencia "se construye" y hacerlo es responsabilidad de los actores sociales casi siempre en colectivos e institucionalizados.

El desarrollo científico es un acto de opción, prioridad y sentido donde los valores en juego son esenciales. Los sistemas agroforestales deben considerar esta perspectiva para abonar el debate ético entre la ciencia y tecnología.

Ante las dificultades económicas, algunos gobiernos desprotegen sus instituciones de investigación de las capacidades de investigación y desarrollo, quedando sin respaldo económico, político y moral; sin embargo, la respuesta de Cuba ante esta situación ha sido distinta y se basa en considerar que la ciencia y la tecnología son palancas fundamentales para salir de la crisis y desarrollar el país. Por lo que el objetivo es conciliar la atención a los problemas actuales y futuros del país con la formación científica de más alto nivel y la acreditación oportuna de la competencia para el trabajo científico que supone el título de doctor.

BIBLIOGRAFIA

Krishnamurthy, L. 1999. Agroforestería Básica. En: Serie Textos Básicos para la Formación Ambiental. No.3. México. RED de Formación Ambiental. p 15-16.

Castro, F. 1983. La crisis económica y social del mundo. Informe a la VII Cumbre De países No Alineados. La Habana. Oficina de Publicaciones del Consejo de Estado. 238 p.

Combe, J y G. Budowski. 1979. Clasificación de las técnicas agroforestales. Una revisión de literatura. En: Actas. Taller de Sistema Agroforestales en América Latina. Turrialba. P. 17-47.

Chaundry, A. N y S. Salim. 1980. La Agrisilvicultura en Uganda. Monografía. Unasylva (IT) 32 (126).

King, K.F.S. 1976. Agrosilvicultura (The Taungya System) Nigeria. Ibadan. Department of Forestry University.

Del Risco, E. 1995. Los bosques de Cuba. Su historia y características. La Habana. Editorial Científico Técnica. 96 p.

Orquín, J. Rivero, M y Gainza, A. 1988. Estudio preliminar de asociaciones agrosilvícolas en la región de Baracoa. Informe técnico. La Habana. Instituto de Investigaciones. 16 p.

Rodríguez, E. 1981. Agrosilvopastoreo en la Sierra Maestra. Informe preparado para el Gobierno de Cuba sobre contribución forestal al desarrollo de las comunidades locales. La Habana. 62 Pág.

Rodríguez E. 1981. Metodología para el Agrosilvopastoreo en la Sierra Maestra. Programa CUBA GCP/INT/347. SWE. Informe inédito. La Habana. 34 p.

Sigler, I y Pacheco, E. 1988. Experiencia agroforestal en la región de Yateras. Informe técnico presentado en el Taller Agroforestal E. E. F. Guisa, Granma. Cuba.1988. 13 Pág.

Núñez Jover J. 2002. De la ciencia a la tecnociencia, pongamos los conceptos en orden. La Habana. Universidad de la Habana. 25 p.

Núñez J. 2002. Ética, Ciencia y Tecnología sobre la función social de la Tecnociencia. La Habana. Universidad de la Habana. 22 p.

Revista Forestal Baracoa vol. 29 (1), enero-junio 2010. ISSN: 0138-6441. Artículo científico pp.



DR-04. Percepciones, actitudes, tradiciones campesinas y sostenibilidad social de fincas diversificadas con ganado vacuno en Camagüey, Cuba

Farmers perceptions, attitudes, traditions and social sustainability of diversify farms with cattle in Camagüey, Cuba

A. Guerra Labrada[1]; C. Acosta López[1]; J. J. Pereda Mouso[2] y R. M. Pedraza Olivera[2]*

[1]Departamento de Psicología Sociología. Facultad de Ciencias Sociales. Universidad de Camagüey Ignacio Agramonte Loynaz. Carretera circunvalación Norte km 5.5, entre Camino Viejo a Nuevitas y Avenida Ignacio Agramonte. Camagüey 74650, Cuba.

[2]Centro de Estudios de Producción Animal (CEDEPA), Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad de Camagüey Ignacio Agramonte Loynaz. Carretera circunvalación Norte km 5.5, entre Camino Viejo a Nuevitas y Avenida Ignacio Agramonte. Camagüey 74650, Cuba.

*Correspondencia a: anai.guerra@reduc.edu.cu

ABSTRACT

Perceptions, attitudes, and peasant cultural traditions were explored as indicators of social sustainability, and needs for external support, on diversified cattle farms in the province of Camagüey. A survey with 15 questions on sustainability and one on external needs was administered to 25 farmers. A descriptive study and Chi-square tests were conducted. Farmers predominantly fell within the 31-45 age range, were male, and belonged to Credit and Service Cooperatives. 64% reported being familiar with agroecological practices, but only 48% responded positively regarding their use; they consider that sustainable practices reduce environmental impact (52.0%) and that agroecology increases resilience (56.0%). 36.0% somewhat agree that they prefer traditional methods, and totally disagree that they struggle to adopt innovations due to lack of training or resources. 76.0% stated they have autonomy to make decisions, but only 44% reported having access to credit, inputs, or markets to implement sustainable practices. Over 60.0% involve youth and totally agree with teaching them traditional practices; 72.0% manage the farm for future generations. No significant differences ($p < 0.05$) were found in responses for any indicators across age range or gender, but differences did exist based on land tenure type. Material resources were the most needed external support. True social sustainability is measured in decades and generations; traditions are the vehicle for transmitting values, practices, and attachment to the land.

Keywords: *sustainable agriculture, agroecology, intergenerational transfer, innovation, artificial intelligence*

RESUMEN

Se exploraron percepciones, actitudes y tradiciones culturales campesinas como indicadores de sostenibilidad social y necesidades de apoyo externo, en fincas diversificadas con ganado vacuno de la provincia de Camagüey. Se aplicó una encuesta con 15 preguntas sobre sostenibilidad, y una sobre necesidades externas, a 25 campesinos. Se hizo un estudio descriptivo y pruebas de Chi-cuadrado. Predominaron campesinos entre 31 y 45 años, del género masculino y pertenecientes a Cooperativas de Créditos y Servicios. El 64% refiere estar familiarizado con prácticas agroecológicas y solo el 48% respondió positivamente a su uso; consideran que las prácticas sostenibles reducen el impacto ambiental (52.0%) y que la agroecología aumenta la resiliencia (56.0%). El 36.0% están medianamente de acuerdo en que prefieren los métodos tradicionales, y totalmente en desacuerdo que les cuesta adoptar innovaciones por falta de capacitación o recursos. El 76.0% dice tener autonomía para tomar decisiones, pero solo el 44% afirma tener acceso a créditos, insumos o mercados para implementar prácticas sostenibles. Más del 60.0 % da participación a los jóvenes y está totalmente de acuerdo en enseñarles prácticas tradicionales, 72.0% gestiona la finca para futuras generaciones. No hubo diferencias ($p < 0,05$), en las respuestas de ninguno de los indicadores para el rango de edades y el género, pero si entre el tipo de tenencia de la tierra. Los recursos materiales fueron los apoyos externos más necesitados. La verdadera sostenibilidad social se mide en décadas y generaciones; las tradiciones son el vehículo para transmitir valores, prácticas y el apego a la tierra.

Palabras clave: *agricultura sostenible, agroecología, relevo intergeneracional, innovación, inteligencia artificial*

INTRODUCCIÓN

El hecho de introducir la dimensión social en la investigación agraria, conlleva una comprensión de los mecanismos psicosociales que subyacen al explicar el comportamiento, no mediante respuesta individual sino por creencias de origen social, compartidas por los grupos e interiorizadas a nivel personológico; estas establecen relaciones de interacción e interdependencia entre la estructura social, cultural y los procesos psíquicos individuales. Las condiciones sociales en que se viva determinan qué se piensa y también cómo se piensa. Los contenidos del conocimiento cotidiano orientan el comportamiento social, las representaciones sociales trabajan con elementos centrales de los sistemas de conocimiento de los grupos sociales y de las sociedades (Guerra *et al.* 2022).



Aunque se han considerado diferentes indicadores psicosociales relacionados con la sostenibilidad de fincas diversificadas, entre las que se incluyen: Capital social y dinámicas comunitarias, percepción y actitudes individuales, bienestar y calidad de vida, aspectos culturales y tradicionales, instituciones y apoyo externo, así como resiliencia y adaptabilidad e indicadores económicos – psicosociales, no siempre es posible explorarlos de conjunto. Por ello se seleccionaron algunos de los aspectos que enlazan lo individual, lo cultural, y tradicional, con los apoyos externos.

Este trabajo explora las percepciones, actitudes y tradiciones culturales como indicadores de la sostenibilidad social de fincas diversificadas con ganado vacuno en Camagüey, Cuba.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se elaboró una encuesta, aplicada a 25 campesinos de los municipios de Camagüey, Jimaguayú, Sibanicú y Guáimaro. Para su diseño se usó el modelo de IA DeepSeek (DeepSeek, 2025a), con aproximaciones sucesivas, según experiencias de los autores.

La encuesta quedó estructurada en tres preguntas de datos socio demográficos, dos de conocimiento agroecológico, tres de percepción de beneficios, dos de resistencia al cambio, dos de empoderamiento, y tres de sostenibilidad intergeneracional (DeepSeek, 2025b).

Se pidió a cada campesino marcar con una × la respuesta, según su práctica, a partir de una escala Likert, donde 1 es "totalmente en desacuerdo" y 5 es "totalmente de acuerdo", o responder si, no o en proceso (o a veces), según la pregunta. Al final de la encuesta se les solicitó que escribieran tres apoyos externos que necesitaría para incrementar la sostenibilidad de su finca, donde el número 1 es lo que consideraba más importante; estos apoyos se agruparon como sigue: 0 ningún apoyo, 1 recursos materiales en general, 2 recursos materiales con químicos (herbicidas y defoliantes), 3 apoyo institucional y servicios (cobro de pagos atrasados, financiero), 4 capacitación y vínculos con entidades de ciencia tecnología e innovación, 5 fuerza de trabajo y 6 tiempo.

Se hizo un estudio descriptivo y pruebas de Chi-cuadrado de Pearson, que se realizó con el programa estadístico SPSS, versión 28.0.

RESULTADOS

En la tabla 1 se presenta la moda de la muestra y de los indicadores encuestados. Predominó el rango de edad entre 31 a 45 años con un 36.0% seguido del rango entre 46 a 60 años con el 32.0 % de ocurrencia, la mayoría (72%) son del género masculino y pertenecen a Cooperativas de Créditos y Servicios (CCS).

El 64% refiere estar familiarizado con prácticas agroecológicas como, por ejemplo, el silvopastoreo y la rotación de cultivos, pero solo el 48% respondió positivamente al uso, de al menos tres, de estas prácticas en su finca, y ese mismo porciento reconoce que la diversificación de cultivos y ganado ha mejorado sus ingresos económicos; sin embargo, más de la mitad de los encuestados consideran que las prácticas sostenibles reducen el impacto ambiental en su finca (52.0%) y que la agroecología aumenta la resiliencia ante sequías o huracanes (56.0%).

El 36.0% de los campesinos esta medianamente de acuerdo en que prefieren los métodos tradicionales, aunque sean menos eficientes que las nuevas tecnologías, y totalmente en desacuerdo que les cuesta adoptar innovaciones por falta de capacitación o recursos; esto último contrasta con que solo el 36.0% plantea que está totalmente en desacuerdo que les cuesta adoptar innovaciones por falta de capacitación o recursos.

Tabla 1. Moda de la muestra y de los indicadores encuestados.

Indicadores	Moda (DE)	% currencia
Rango de Edad, años	31-45	36,0
Género	masculino	72,0
Tipo de tenencia de la tierra	Cooperativas de crédito y servicio, CCS	72,0
Estoy familiarizado/a con prácticas agroecológicas *	5 (1.34)	64.0
Utilizo al menos tres técnicas sostenibles en mi finca	Si	48.0
La diversificación de cultivos y ganado ha mejorado mis ingresos económicos *	5 (1.59)	48.0

Las prácticas sostenibles reducen el impacto ambiental de mi finca *	5 (1.81)	52.0
La agroecología aumenta la resiliencia ante sequías o huracanes *	5 (1.69)	56.0
Prefiero métodos tradicionales, aunque sean menos eficientes que las nuevas tecnologías *	3 (1.44)	36.0
Me cuesta adoptar innovaciones por falta de capacitación o recursos *	1 (1.60)	36.0
Tengo autonomía para tomar decisiones clave en mi finca *	5 (1.52)	76.0
Tengo acceso a créditos, insumos o mercados para implementar prácticas sostenibles *	5 (1.74)	44.0
Los jóvenes de mi familia participan en las decisiones de la finca	Si	64.0
Enseño a las nuevas generaciones prácticas tradicionales vinculadas a la tierra *	5 (1.81)	60.0
Preservar la finca para futuras generaciones es una prioridad en mi gestión *	5 (1.46)	72.0

*Escala Likert, donde 1 es Totalmente en desacuerdo y 5 es Totalmente de acuerdo. Entre paréntesis, la Desviación Estándar (DE).

El 76% dice tener autonomía para tomar decisiones clave en su finca, pero solo el 44% afirma que tiene acceso a créditos, insumos o mercados para implementar prácticas sostenibles.

Con relación a las preguntas de sostenibilidad intergeneracional el 64.0 % les da participación a los jóvenes de la familia en las decisiones de la finca, el 60.0% está totalmente de acuerdo en que enseña a las nuevas generaciones prácticas tradicionales vinculadas a la tierra y el 72.0% que preservar la finca para futuras generaciones es una prioridad en su gestión.

No hubo diferencias, según la prueba de Chi cuadrado para $p < 0,05$, en las frecuencias de las respuestas de ninguno de los indicadores para el rango de edades y el género, pero si entre el tipo de tenencia de la tierra; fueron diferentes las respuestas al uso de al menos tres técnicas sostenibles en la finca, la diversificación de cultivos y ganado y la mejora de los ingresos económicos, y tener autonomía para tomar decisiones clave en la finca. Predominó el tipo de propiedad de Cooperativas de Créditos y Servicios, con 18 casos, de los cuales 10 campesinos (55,5%) reconocen emplear técnicas agroecológicas, nueve (50%) están totalmente de acuerdo en la relación entre la diversificación y la mejora de ingresos, y el 94,4% quedaron totalmente de acuerdo en tener autonomía para la toma de decisiones.

Tabla 2. Moda de la prioridad que los campesinos dieron a sus necesidades de apoyo externo.

Categoría de apoyo	Apoyo externo	frecuencia	%
Apoyos más importantes	Recursos materiales en general	10	40.0
	Capacitación y vínculos con entidades de ciencia tecnología e innovación	5	20.0
	Fuerza de trabajo	4	16.0
	Recursos materiales con químicos (herbicidas y defoliantes)	3	12.0
	Apoyo institucional y servicios (cobro de pagos atrasados, financiero)	3	12.0

Apoyos medianamente importantes	Recursos materiales en general	9	36.0
	Apoyo institucional y servicios (cobro de pagos atrasados, financiero)	5	20.0
	Ninguno	4	16.0
	Recursos materiales con químicos (herbicidas y defoliantes)	3	12.0
	Capacitación y vínculos con entidades de ciencia tecnología e innovación	3	12.0
	Fuerza de trabajo	1	4.0
Apoyos menos importantes	Ninguno	11	44.0
	Capacitación y vínculos con entidades de ciencia tecnología e innovación	6	24.0
	Apoyo institucional y servicios (cobro de pagos atrasados, financiero)	3	12.0
	Recursos materiales en general	2	8.0
	Recursos materiales con químicos (herbicidas y defoliantes)	2	8.0
	Tiempo	1	4.0

En cuanto a las necesidades prevalecieron, como apoyo más importantes y medianamente importantes, los recursos materiales en general. Le siguen la capacitación y vínculos con entidades de ciencia tecnología e innovación, y el apoyo institucional y servicios (cobro de pagos atrasados, financiero), respectivamente. Se destaca que, a pesar de percibir la agroecología como una necesidad, precisan apoyo externo para adquirir recursos materiales con químicos (herbicidas y defoliantes), para el control de malezas.

DISCUSIÓN

Desde la Psicología Social los conceptos percepción, representación social y actitudes, han estado asociados en su devenir histórico (Guerra Labrada et al. 2022).

La resistencia no es simple obstinación; es la defensa de una identidad cultural y una racionalidad económica local percibida como segura (Van der Ploeg, 2008).

Por un lado, el conocimiento local tradicional sobre plantas, suelos, ciclos naturales y comportamiento animal es un recurso invaluable para diseñar sistemas diversificados sostenibles (Altieri & Toledo, 2011); por otro lado, la falta de conocimiento específico sobre cómo integrar estas nuevas prácticas agroecológicas de manera efectiva y rentable con el componente vacuno genera incertidumbre y percepción de alto riesgo (Calle et al., 2013).

Los jóvenes perciben el futuro de manera diferente; pueden valorar menos el símbolo tradicional del vacuno y más la viabilidad económica, la menor carga laboral o la alineación con valores ambientales (Soler et al., 2018).

La sostenibilidad intergeneracional de la finca diversificada con vacunos depende de que las tradiciones se reinterpretan para incorporar el conocimiento agroecológico relevante. ¿Puede el abuelo enseñar al nieto no solo cómo ordeñar, sino también cómo gestionar un sistema silvopastoril que mejore el bienestar animal, la biodiversidad y los ingresos? (Nicholls et al., 2016). La actitud de los mayores hacia el cambio (¿abierta o cerrada?) y la capacidad de los jóvenes de valorar y construir sobre el conocimiento tradicional son cruciales. Por otro lado, hay aspectos actuales que limitan el funcionamiento de la finca; por ejemplo, si bien el relevo generacional es valorado positivamente en ocasiones los productores y trabajadores deben abandonar las fincas, de manera momentánea o definitiva, para acercarse a centros educativos y garantizar la educación e instrucción de sus hijos.

Igualmente, los campesinos tienes necesidades de apoyo externo, de recursos materiales en general, para incrementar la sostenibilidad de su finca, pero también para solucionar problemas de manejo agrícola de manera eficaz en un escenario de bajos insumos y de falta de mano de obra. Por ello, a pesar de percibir la agroecología como una necesidad, plantean necesidades de químicos (herbicidas y defoliantes) para el control de malezas, que como el Marabú

(*Dichrostachys cinerea*) es percibido como una amenaza que debe ser eliminada por cualquier medio (Guerra et al. 2022).

Crear espacios seguros dentro de las organizaciones donde se puedan compartir experiencias (éxitos y fracasos) con nuevas prácticas, ajustando percepciones de riesgo y beneficio basadas en la realidad local. Las escuelas de campo son un buen ejemplo (FAO, 2012).

CONCLUSIONES

La verdadera sostenibilidad social se mide en décadas y generaciones. Las tradiciones son el vehículo para transmitir valores, prácticas y el apego a la tierra; sin embargo, la transmisión intergeneracional exitosa requiere adaptabilidad.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue posible por el apoyo del proyecto PROYLAIF Agro Verde, financiado por la Comunidad Europea, y el Proyecto Contribución al desarrollo sostenible de fincas diversificadas con ganadería vacuna de Camagüey para un futuro más verde (PT223CM002-013), del Programa Territorial de Producción de alimentos con encadenamiento productivo, financiado por el CITMA en Camagüey.

BIBLIOGRAFÍA

Altieri, M. A., & Toledo, V. M. 2011. The agroecological revolution in Latin America: rescuing nature, ensuring food sovereignty and empowering peasants. Journal of Peasant Studies, 38(3), 587-612. https://doi.org/10.1080/03066150.2011.582947

Calle, A., Gallar, D., & Candón, J. 2013. Agroecología y políticas alimentarias: ¿hacia una transición ecológica justa? Revista de Economía Crítica, 15, 70-91.

DeepSeek, 2025a. DeepSeek v3. Hangzhou DeepSeek Artificial Intelligence Basic Technology Research Co., Ltd. Qué indicadores psicosociales se pueden investigar relacionados con la sostenibilidad de fincas diversificadas con ganado vacuno en Cuba? 2 mayo 2025

DeepSeek, 2025b. DeepSeek v3. Hangzhou DeepSeek Artificial Intelligence Basic Technology Research Co., Ltd. Considerando los indicadores 2 y 4 sugiérame un diseño de investigación y su metodología. ¿Pudiera diseñar una encuesta de no más de 15 preguntas que integre las 4 variables de la fase 1?, incluido la sostenibilidad intergeneracional. 2 mayo 2025

FAO 2012. Escuelas de Campo para Agricultores (ECA): Guía para facilitadores. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. http://www.fao.org/3/i3273s/i3273s.pdf

Guerra Labrada, A; Pedraza Olivera, R M; Pereda Mouso, J. J; Blanco Consuegra, Y; González Giro, Z; Martínez Arzola, M. 2022. Representaciones sociales y actitudes de ganaderos de Camagüey hacia la leñosa arbustiva Marabú (*Dichrostachys cinerea*). Memorias AGROPAT 2022. Convención Producción Animal y Agrodesarrollo 2022. ICA, EEPFIH, ACPA. Varadero, Cuba. 10 al 15 octubre 2022. Pp. 1648-1652.

Nicholls, C. I., Altieri, M. A., & Vázquez, L. (2016). Agroecología: Principios para la conversión y el rediseño de sistemas agrícolas. Agroecología, 11(1), 7-18.

Soler, M., Trinidad, A., & Gallar, D. 2018. Juventud rural y agroecología: claves para la sostenibilidad social. Revista de Estudios sobre Despoblación y Desarrollo Rural, 25, 47-74.

Van der Ploeg, J. D. 2008. The New Peasantries: Struggles for Autonomy and Sustainability in an Era of Empire and Globalization. Earthscan.





DR-05. EPAM y CAPacc: Estrategia sobre reproducción cultural como componente de la sosteniblidad agraria en Mayabeque

EPAM and CAPacc: Strategy on cultural reproduction as a component of agrarian sustainability in Mayabeque

A. González Marrero; D. Báez Fernández; A. Brito Montero; Y. García Hernández; N. Díaz Machado

Centro de Estudios para la Gestión del Desarrollo, Universidad Agraria de La Habana. [4]Instituto de Ciencia Animal. CP: 32700

Correspondencia a: alfredoglezm1995@gmail.com

RESUMEN

El presente estudio forma parte de los resultados de dos proyectos que tributan en Mayabeque a la producción sostenida de alimentos. Para la implementación de ambos proyectos, y su compromiso con la actividad agraria se considera fundamental el tratamiento a factores sociales como la poca incorporación de jóvenes a actividades agrícolas y el insuficiente nivel de identificación de hijos de productores con el trabajo agrario. El objetivo del trabajo fue Diseñar una estrategia de capacitación docente sobre la reproducción cultural agraria en la provincia Mayabeque en función de la gestión integral de EPAM y CAPacc. Se empleó una metodología mixta con predominio del enfoque cualitativo. En la estrategia diseñada como solución práctica, sobresalen la gestión de capacitación en el tema, el diseño de contenidos, las actividades curriculares y extracurriculares, la ejecución de talleres, y la evaluación participativa de los resultados e indicadores de impacto.

Palabras clave: escuelas primarias rurales, reproducción cultural agraria, seguridad alimentaria, sostenibilidad agraria.

ABSTRACT

This study presents the results of two projects contributing to sustainable food production in Mayabeque. For the implementation of both projects and their commitment to agricultural activity, addressing social factors such as the low level of participation of young people in agricultural activity and the insufficient level of identification of farmers children with agricultural work is considered essential. The objective of this study was to design a teacher training strategy on agrarian cultural reproduction in Mayabeque province based on the comprehensive management of EPAM and CAPacc. A mixed methodology was used, with a predominance of a qualitative approach. The strategy designed as a practical solution highlights the management of training on the topic, content design, curricular and extracurricular activities, workshops, and participatory evaluation of results and impact indicators.

Keywords: agrarian cultural reproduction, agrarian sustainability, food security, rural primary schools.

INTRODUCCIÓN

El proceso de Actualización del Modelo Económico y Social de Desarrollo en Cuba constituye una macro política dirigida al desarrollo integral de la nación, implementada en un contexto donde existen elementos obstaculizadores, como el bloqueo económico, la dependencia económica externa, la falta de autosuficiencia alimentaria, la persistencia del alto cúmulo de tierras ociosas, las crecientes migraciones campo - ciudad, desmotivación por el trabajo, entre otros.

Ese contexto desfavorable, hizo que el gobierno cubano implementara un grupo de medidas para elevar la productividad y repoblar el campo. Eso era clave, porque el constante énfasis en la seguridad y soberanía alimentarias junto a la educación nutricional, es por la existencia de problemáticas no resueltas o agravadas durante décadas en el sector agrario.

Un sector decisivo y complejo para ver y gestionar los cambios fundamentales de la economía y la sociedad cubana es el agrario, por ser el que garantiza la obtención de alimentos, la sustitución de importaciones, los ingresos monetarios con el comercio interior y las exportaciones, pilares imprescindibles para la estabilidad de la economía, la seguridad y soberanía alimentarias.

Otro sector determinante, donde se inserta el acompañamiento de la familia para la formación integral de capacidades, lo constituye la escuela como institución que pauta la trayectoria y desempeño de las nuevas generaciones desde el proceso docente educativo. Las escuelas deben construir de forma "coherente y didáctica conocimientos, crítica, razonamiento, pensamiento lógico y autonomía" (Chambala et al., 2020).

En las dinámicas socioeconómicas agrarias, existen desafíos como el comportamiento favorable o desfavorable del número de campesinos (Díaz et al., 2021), la inserción juvenil en las labores de las diversas formas de organización de la producción agropecuaria con sentido de identificación (Samper et al., 2019) y la mitigación de afectaciones medioambientales (Velázquez, 2020). En tal sentido, el tratamiento a las problemáticas agrarias no se orienta solo a aumentar la producción y la gestión medioambiental, sino también garantizar relevo generacional y estabilidad de las fuerzas productivas con sentido de pertenencia, también desde la óptica sociocultural (López et al., 2021).

En la provincia de Mayabeque, se implementan diferentes proyectos, uno de ellos, se centra en el logro de encadenamientos productivos de alimentos mediante estrategias de gestión del conocimiento: "Encadenamientos productivos de alimentos en Mayabeque. Estrategias del conocimiento para su conversión en cadenas de valor" (EPAM), y otro proyecto de investigación y desarrollo "Sistema de capacitación para los actores de la producción de aves, cerdos y conejos en tres municipios de la provincia Mayabeque" (CAPacc), con un fuerte impacto en la capacitación de productores, técnicos y especialistas.

Sin embargo, los esfuerzos no han sido suficientes para garantizar la sostenibilidad, sobre todo, en aspectos relativos a la repoblación del campo, la preservación familiar de las fuerzas productivas en ese entorno, y la motivación hacia la actividad agropecuaria (González y Díaz, 2024). Por tanto, se evidencia una contradicción, entre la necesidad de una concepción integral de la sostenibilidad agraria en función de la gestión integral de EPAM y CAPacc, y el insuficiente aseguramiento de la reproducción cultural para ese fin, desde la formación escolar de las nuevas generaciones, existiendo potencialidades desaprovechadas en instituciones educativas primarias, ante todo, las del ámbito rural.

Para la solución de la situación referida anteriormente, se plantea el siguiente objetivo general: Diseñar una estrategia de capacitación docente sobre la reproducción cultural agraria en la provincia Mayabeque en función de la gestión integral de EPAM y CAPacc.

La novedad científica se expresa en el enfoque teórico-metodológico de la reproducción cultural como un conjunto de procesos básicos para la sostenibilidad agraria y la integralidad de los propósitos de EPAM y CAPacc, la interdisciplinariedad entre los estudios culturales y la visión agronómica y medioambiental. Como contribución a la práctica, la investigación ofrece el aporte en capacitación para fortalecer la gestión multidimensional de EPAM y CAPacc, comprometidos con la sostenibilidad, soberanía alimentaria y educación nutricional.

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación asume como variable principal la reproducción cultural como componente de la sostenibilidad agraria. A continuación, se presentan indicadores de dicha variable considerados esenciales en esta investigación:

- Prácticas cotidianas agrícolas y agroecológicas transmitidas de generación en generación.
- Preservación de símbolos, concepciones y significados asociados con el modo de vida agrario que perduran a lo largo del tiempo.
- Formas de comunicación inclusivas del vínculo de la institución con el medio rural y la actividad agraria.
- Prioridad dada igualitariamente a los saberes técnico-productivos, normativos, cívicos y medioambientales relacionados con la actividad agraria.

En la obtención de información de fuentes teóricas para esta investigación, los principales métodos aplicados fueron:

- -**Análisis - síntesis**: se materializó en la selección y valoración de fundamentos teóricos que, desde las ciencias sociales, avalan la reproducción cultural como conjunto de procesos que dimensionan la sostenibilidad agraria.
- -**Histórico – lógico**: se aplicó en el devenir de la sostenibilidad agraria en Cuba como un fenómeno condicionado culturalmente.
- -**Inductivo – deductivo**: se empleó en la definición y operacionalización de la variable Reproducción cultural como componente de la concepción de sostenibilidad agraria, y el análisis crítico a los proyectos en cuestión.
- -**Enfoque de modelación**: empleado en diferentes etapas de la investigación, fundamentalmente en la estructuración de la estrategia de capacitación, y posterior determinación de los componentes que la conforman.
- Como principales métodos y técnicas de obtención de información del nivel empírico se aplicaron:
- -**Análisis documental**: Se aplicó a los proyectos EPAM y CAPacc, para interpretar el estado actual de ambos como conjunto de procesos en la sostenibilidad agraria, y el aporte de la estrategia en cuestión. Además, se analizó críticamente, la tesis de Maestría en Desarrollo Agrario y Rural sostenible del Lic. Alfredo González Marrero "Estrategia de capacitación sobre reproducción cultural agraria como componente de la sostenibilidad en la escuela primaria rural Tamara Bunke de San José de Las Lajas".

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El Proyecto EPAM, es un proyecto de Investigación Aplicada y Desarrollo Experimental que surge del programa: Ciencias Sociales y Humanidades. Por su parte, CAPacc es un proyecto de investigación y desarrollo, que es financiado por el Programa Sectorial de Ciencia Tecnología e Innovación Producción de Alimento Humano. Ambos responden a la política: Segundo punto de la Agenda 2030: hambre cero y seguridad alimentaria, y la Ley de Soberanía Alimentaria y Seguridad Alimentaria y Nutricional (Ley SSAN).

El objetivo principal de EPAM es fortalecer las cadenas de valor agroalimentarias en la provincia de Mayabeque, Cuba, mediante estrategias de gestión del conocimiento y enfoques multidisciplinarios, de modo que promueva eficacia, eficiencia y una cultura de trabajo de alto compromiso e implicación en todos sus eslabones. Un dato significativo del





proyecto lo constituye la participación protagónica del equipo gestor, donde la presencia femenina supera a la masculina.

Entre los principales elementos asociados a los objetivos y logros del proyecto EPAM se encuentran la educación ambiental y la animación, promoción y recreación. Alguna de las actividades que posee el proyecto en su esencia se destaca el empleo de la gestión del conocimiento en las cadenas agroalimentarias, el fortalecimiento de capacidades técnicas y organizativas de actores locales, y la integración de enfoques de género, sostenibilidad y cultura agraria en las políticas públicas.

Por otra parte, el proyecto CAPacc tiene como objetivo general e implementar un sistema de capacitación para los directivos, técnicos, especialistas y productores de la producción de aves, cerdos y conejos en tres municipios de la provincia Mayabeque. Participan instituciones como la Universidad Agraria de La Habana y el Grupo Empresarial Ganadero (GEG) del Ministerio de la Agricultura (MINAG) de San José de Las Lajas, Güines y Jaruco. Algunos de los elementos que connotan la gestión del proyecto CAPacc lo constituyen el diagnóstico de las necesidades de capacitación de los productores, y el diseño del sistema, incluyendo su evaluación sistémica y cotidiana.

El proyecto CaPacc, según (García et al., 2025) puede influir positivamente en los procesos de producción de alimentos en la provincia y promover una cultura de trabajo orientado al desarrollo socialista. Los productores tendrán mejor capacidad para enfrentar estas crianzas con calidad, productividad, estabilidad y permanencia. Aspectos que, se traducirán en un incremento de los niveles productivos, contribuyendo así a la seguridad y soberanía alimentaria del territorio y el país.

Los proyectos EPAM y CAPacc poseen en sus etapas y resultados elementos comunes como el diagnóstico en cada uno de los escenarios, emergiendo la gestión del conocimiento cultural del trabajo y formación de capacidades, como variables fundamentales para su implementación integral. En ese sentido, existen publicaciones, trabajos de diploma, tesis de maestría, que tributan explícitamente, formando parte de los resultados de ambos proyectos.

Para el cumplimiento de los objetivos y resultados de cada proyecto, se considera fundamental ofrecer tratamiento a elementos como el insuficiente nivel de identificación de niños y adolescentes con la actividad agraria, hijos de campesinos y productores; además del escaso conocimiento del aporte al cumplimiento de los objetivos de la actual Ley SSAN. Los anteriores elementos, resultados de investigaciones precedentes de González (2025) justifican la necesidad de implementar en escenarios de Mayabeque estrategias de capacitación a docentes sobre reproducción cultural agraria.

Los fundamentos jurídicos de la estrategia de capacitación docente para el fortalecimiento de la reproducción cultural agraria como componente de la sostenibilidad, se encuentran alineados a la implementación de políticas públicas relacionadas con procesos docente educativo y agrarios, con la Ley SSAN y los proyectos en cuestión.

Misión: Fortalecer capacidades en los docentes de las escuelas primarias rurales, para el tratamiento integral de la reproducción cultural agraria en lo curricular y extracurricular, como componente de la sostenibilidad.

Visión: Las escuelas primarias rurales de San José de las Lajas, Jaruco y Güines son instituciones que enfocan en lo curricular y extracurricular la reproducción cultural agraria como componente de la sostenibilidad.

Categorías clave: las etapas, los objetivos, los participantes, los contenidos, las acciones, los responsables, los materiales, las vías para la realización, la capacitación, los resultados esperados, y los indicadores de impacto.

Tiempo de implementación: (2024-2027).

Escenarios: Escuelas primarias rurales de San José de Las Lajas, Jaruco y Güines.

Objetivo general: Contribuir al fortalecimiento de las capacidades en los docentes de escuelas primarias rurales de San José de Las Lajas, Jaruco y Güines, para el tratamiento integral de la reproducción cultural agraria.

Sistema de contenidos:

- -Tema I: Aportes de la gestión sociocultural para el desarrollo al sector educativo cubano.
- -Tema II: La cultura, fuerza transformadora de los procesos de desarrollo agrario y ruralsostenible. Bases conceptuales. Su gestión.
- -Tema III: Análisis teórico - metodológico sobre la reproducción cultural agraria como conjunto de procesos mediadores en la sostenibilidad.
- -Tema IV: La gestión de políticas públicas en los sectores educativo y agrario en función del enfoque de la reproducción cultural agraria como componente de la sostenibilidad.
- -Tema V: La Educación Popular y la Investigación-Acción Participativa, herramientas metodológicas para la autoevaluación sobre reproducción cultural agraria.

Etapas:

1. 1-Exploración y Diagnóstico
2. 2-Diseño Participativo
3. 3-Implementación y Evaluación

28-DR

Acciones y Líneas temáticas:

1. Análisis de criterios teórico-prácticos sobre la sostenibilidad agraria y su componente cultural en escuelas primaria rurales de Mayabeque.
2. Propuestas de contenidos prioritarios para la capacitación docente sobre la reproducción cultural agraria como componente de la sostenibilidad.
3. Diseño de acciones prácticas -curriculares y extracurriculares- desde las escuelas primarias rurales para tributar a la reproducción cultural agraria y su sostenibilidad.

Participantes: Docentes de las escuelas primarias rurales, estudiantes, campesinos, productores, investigadores, colaboradores.

Responsable: Consejo de Dirección, investigador.

Vías para la realización: Talleres, charlas, debates, reuniones, intercambios.

Materiales: Papelógrafos, plumones, bolígrafos, tizas, pizarra, borrador, laptop, televisor, celulares, libros, revistas y políticas públicas educativas y agrarias.

Evaluaciones: Técnicas IAP-Educación popular.

Indicadores de impacto:

1. Total de docentes que participaron en talleres o actividades sobre reproducción cultural agraria.
2. Porcentaje de docentes que han integrado temas sobre reproducción cultural agraria en lo curricular y extracurricular.
3. Resultados promedio de evaluaciones relacionadas con el tratamiento a la reproducción cultural agraria antes y después de la implementación de la estrategia.
4. Nivel de colaboración y articulación intersectorial de los sectores educativo y agrario.
5. Reconocimiento a nivel provincial de los resultados obtenidos en el tratamiento a la reproducción cultural agraria como conjuntos de procesos que median la sostenibilidad de las escuelas primarias rurales.

CONCLUSIONES

La sostenibilidad agraria en proyectos como EPAM y CAPacc se centra en lograr seguridad, educación nutricional y soberanía alimentarias en armonía con el medio ambiente. El componente de reproducción cultural de esa sostenibilidad implica la preservación del modo de vida agrario, entendido como el conjunto de prácticas transmitidas intergeneracionalmente, símbolos atribuidos al modo de vida agrario que perduran a lo largo del tiempo y saberes aprendidos, transmitidos a nivel familiar y organizacional.

El diseño de la estrategia de capacitación desde escuelas primarias rurales transitó por diferentes momentos como la sensibilización, el diseño de contenidos, actividades curriculares y extracurriculares, implementación de talleres y la evaluación participativa de los resultados. Como parte de las líneas de acción fundamentales se prioriza el diseño de un plan anual para que cada grupo de la institución participe en la salvaguarda y restauración del huerto escolar de la institución, y la organización de visitas a granjas locales, empresas o cooperativas para la sensibilización de alumnos, familiares, y docentes sobre el papel de la producción sostenible de alimentos a nivel local.

BIBLIOGRAFÍA

Chambala, E. O., Díaz, E. & Rodríguez, A. (2020). La orientación familiar para estimular el aprendizaje social de los escolares de la escuela primaria. Revista Científica Cultura, Comunicación Y Desarrollo, 5(2), 51-58.

Díaz, N., Moore, M. & González, A. (2021). Condicionantes de la sostenibilidad del sector agrario asociadas a transformaciones sociopolíticas del ámbito cooperativo. Revista COODES, 9 (3): 883-904.

García, Y., Brito, A. & Lok, S. (2025). La gestión del conocimiento en función de la seguridad y soberanía alimentaria en Mayabeque. Evento científico de base Universidad 2025.

González, A. & Díaz, N. (2024). Los valores en procesos de reproducción cultural agraria: su sostenibilidad. En M. Hernández Pérez, Educación y pedagogía XVI Universidad Agraria de La Habana, Editorial Redipe, pp. 227-235.

López, D., Benlloch, Ll., Calabuig, V., Carucci, P., Diez, I., Herrero, A., López, M., Pérez, J. M. & Vicente, L. (2021). Las transiciones hacia la sostenibilidad como procesos de final abierto: Dinamización Local Agroecológica con horticultores convencionales de l'Horta de València.

Samper, I., Jiménez, R., & Díaz, N. (2019). Impacto de las políticas de usufructo agrario en la juventud rural de Santa Cruz del Norte. Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana.

Velázquez, A. (2020). Retos del desarrollo rural en el siglo XXI: Papel de la cultura campesina en Cuba. Enfoque Rural, 1(1), 26-40.



DR-06. Propuesta de pautas para la gestión de comunicación para el desarrollo y el cambio social en el proyecto de desarrollo local económico productivo con enfoque en el agro-turismo "El Batey de San Pedro" en Corralillo, Villa Clara

M. Rigñack Fraga y L. Naisa Calvo González

Facultad de Comunicación, Universidad de La Habana, Cuba

RESUMEN

La concepción de iniciativas de transformación social figura, aún, una deuda con las minorías en desventaja en el contexto cubano. La comunidad rural de San Pedro se caracteriza por un panorama heterogéneo de limitaciones infraestructurales y brechas sociales; en contraste con fortalezas para su revitalización. El proyecto de colaboración internacional Resiliencia climática en los ecosistemas agrícolas de Cuba (IRES) asumió el encargo de impulsar acciones para el empoderamiento comunitario, con la configuración de un proyecto de desarrollo local con apoyo de entidades gubernamentales, organizaciones estatales y privadas e instituciones educativas. La gestión de comunicación en el ciclo de vida de gestión de proyecto se presenta como una fuente urgida de análisis epistémico- prácticos. En la presente investigación se fundamenta una propuesta de pautas para la gestión de comunicación para el desarrollo y el cambio social en el Proyecto de Desarrollo Local económico productivo con enfoque en el agro-turismo "El Batey de San Pedro", en Corralillo, Villa Clara, orientada a fortalecer la formulación, ejecución y monitoreo de las acciones comunicativas concebidas. Con tal objetivo, se sistematizan los fundamentos teórico- metodológicos concernientes al objeto de estudio. Se realizó una valoración de la apertura de los proyectos en Cuba, con énfasis en IRES y su trabajo en San Pedro. Se caracterizaron las condiciones políticas, económicas, sociales y culturales locales a partir de una triangulación de datos, posterior al empleo de técnicas como la entrevista semiestructurada a especialistas, decisores y actores institucionales, el análisis de contenido cualitativo, la revisión bibliográfica, cuestionarios y grupos focales. La concepción fue enriquecida a partir de criterios de investigadores de las temáticas abordadas.

Palabras clave: comunicación para el desarrollo y el cambio social; proyecto de desarrollo local; ruralidad; enfoque participativo; enfoque interseccional.

ABSTRACT

The conception of social transformation initiatives still represents an unresolved issue for disadvantaged minorities within the Cuban context. The rural community of San Pedro is characterized by a heterogeneous landscape of infrastructural limitations and social gaps, contrasted by strengths that support its revitalization. The international collaboration project Climate Resilience in Cuba's Agricultural Ecosystems (IRES) took on the task of promoting actions for community empowerment through the creation of a local development project supported by governmental entities, state and private organizations, and educational institutions. Communication management throughout the project lifecycle emerges as a crucial source for epistemic and practical analysis. This research presents a proposal of guidelines for communication management for development and social change within the El Batey de San Pedro project, aimed at strengthening the formulation, implementation, and monitoring of the planned communication actions. To achieve this goal, the study systematizes the theoretical and methodological foundations related to the object of study. An assessment of the openness of development projects in Cuba was conducted, with an emphasis on IRES and its work in San Pedro. The local political, economic, social, and cultural conditions were characterized through data triangulation following the application of techniques such as semi-structured interviews with specialists, decision-makers, and institutional actors, qualitative content analysis, literature review, questionnaires, and focus groups. The proposal was enriched with insights from researchers specializing in the relevant themes.

Keywords: communication for development and social change; local development project; rurality; participatory approach; intersectional approach.

INTRODUCCIÓN

Esta investigación surge de un encargo del proyecto de colaboración internacional IRES (Resiliencia climática en los ecosistemas agrícolas de Cuba), ejecutado por la FAO y el Fondo Verde para el Clima. IRES seleccionó la comunidad rural de San Pedro, en el municipio de Corralillo, Villa Clara, como área prioritaria debido a su alta vulnerabilidad social, económica y ambiental, pero también por su potencial para un desarrollo local basado en el agroturismo.

El problema central identificado es la ausencia de una gestión de comunicación estratégica, participativa y con enfoque de cambio social dentro del diseño e implementación de proyectos de desarrollo en Cuba, lo que limita su sostenibilidad, apropiación comunitaria e impacto real. La investigación responde a la pregunta: ¿Qué pautas deben articularse en la gestión de comunicación para el desarrollo y el cambio social en el Proyecto de Desarrollo Local "El Batey de San Pedro"?

El objetivo general fue diseñar una propuesta de pautas para dicha gestión, alineada con el proyecto IRES y el Modelo de Proceso de Comunicación en la Gestión del Ciclo de Vida de los Proyectos de Desarrollo de la MSc. Ana María del Risco Rodríguez.

MATERIALES Y MÉTODOS

Marco Teórico-Epistemológico: Un Paradigma Decolonial y Participativo

La investigación se sustenta en un robusto marco teórico que critica los modelos de desarrollo tradicionales (difusionistas, modernizadores) y abraza el paradigma de la Comunicación para el Desarrollo y el Cambio Social (CDCS) desde una perspectiva crítica, decolonial y participativa.

- Evolución del pensamiento: Se traza la evolución desde el modelo difusionista de posguerra hacia enfoques participativos y horizontales, destacando el aporte latinoamericano (Freire, Martín-Barbero, Gumucio Dagron).
- Comunicación Comunitaria: Se entiende como un ejercicio de ciudadanía y democratización de la palabra, esencial para visibilizar a las minorías y construir esferas públicas dialógicas.
- Nueva Ruralidad: Se supera la visión del espacio rural como meramente agrícola, reconociendo su multifuncionalidad, hibridación con lo urbano y complejidad social.
- Enfoque Interseccional: Crucial para analizar las múltiples dimensiones de la vulnerabilidad (género, edad, ruralidad, raza) que se interceptan en los sujetos.
- Educomunicación: Se retoma la propuesta de Paulo Freire, fusionando educación y comunicación como proceso liberador y empoderador.
- Gestión de Proyectos: Se adopta una visión del proyecto como una "expresión de la necesidad y la voluntad transformadora", donde la comunicación es un proceso transversal, no una actividad ancillary.

Metodología: Un Enfoque Cualitativo y Participativo

El diseño de investigación fue cualitativo, bajo un paradigma socio-crítico, con un alcance exploratorio y un estudio de caso único (la comunidad de San Pedro).

- Técnicas de recolección de datos: Se utilizó la triangulación de múltiples técnicas:
- Revisión documental y bibliográfica.
- Entrevistas semiestructuradas a actores clave (especialistas, decisores, líderes comunitarios).
- Cuestionarios por encuesta a 50 habitantes de San Pedro (muestra no probabilística intencional).
- Grupos focales y talleres participativos.
- Observación etnográfica.
- Análisis de contenido cualitativo.
- Categoría de análisis central: "Gestión de comunicación en proyecto para el desarrollo y cambio social", operacionalizada a través de las dimensiones y subindicadores correspondientes a las 5 fases del ciclo de vida de un proyecto (Inicio, Identificación, Diseño, Ejecución y Cierre).

Contexto y Diagnóstico: La Comunidad de San Pedro, Corralillo

El diagnóstico situacional de San Pedro revela un escenario de contrastes: potencialidades notables coexisten con vulnerabilidades estructurales.

Principales Hallazgos del Diagnóstico:

- *Vulnerabilidades:*
- Demográficas: Envejecimiento poblacional acelerado (89 adultos mayores) y migración juvenil constante (6 jóvenes emigrados), amenazando la sostenibilidad demográfica.
- Económicas: Economía dependiente de monocultivos (plátano) vulnerable al clima. Salarios bajos (~7000 CUP). Alta informalidad laboral (ej. cocheros).
- Infraestructura: Escasez crónica de agua por redes deterioradas, viviendas en mal estado, déficit de transporte formal.
- Género: Brechas profundas. Solo 2 mujeres son propietarias de negocios. Las mujeres cargan con dobles y triples jornadas (laboral, doméstica, comunitaria). El 63.4% de las amas de casa del municipio están en zonas rurales.
- Climáticas: Alta exposición a sequías y huracanes, que degradan los ecosistemas y afectan la producción.
- Digital: Baja conectividad a internet (solo 26% en zona rural con acceso estable).
- Potencialidades y Fortalezas:
- Patrimonio Natural: Un río caudaloso con potencial recreativo y para riego, y la Reserva Florística Manejada "Monte Ramonal".
- Patrimonio Cultural Único: Festividades "Bembé" (rituales afrocubanos), producción artesanal de queso de cabra, arquitectura colonial.
- Base Productiva: 43 fincas agroecológicas y 12 Unidades Básicas de Producción Cooperativa (UBPC).
- Capital Social: Liderazgo comunitario activo (ej. Mariano) y presencia de líderes femeninas incipientes (ej. directora de la escuela).
- Voluntad y Resiliencia: Interés probado de la comunidad y las autoridades locales por impulsar el desarrollo del territorio.
- Consumo Mediático y Comunicativo: Predomina el uso de WhatsApp y Facebook para entretenimiento e intercambio familiar. El consumo de televisión es pasivo (telenovelas, informativos). La radio tiene un uso marginal. Existe una "hibridación sin apropiación crítica" (Martín-Barbero) de los contenidos mediáticos.





RESULTADOS Y DISCUSION

La Propuesta: Pautas para la Gestión de Comunicación en "El Batey de San Pedro"

La propuesta central es un conjunto de pautas estratégicas para integrar la comunicación de manera transversal en todas las fases del ciclo de vida del proyecto local "El Batey de San Pedro", utilizando como guía el modelo de la MSc. Del Risco.

Principios Fundamentales (Credo Básico):

La comunidad se concibe como orgullosa de sus raíces, defensora de la equidad, solidaridad, resiliencia y participación activa. Se rechaza el desarrollo impuesto y se apuesta por un modelo autosustentable y en armonía con la naturaleza.

Ejes Transversales: La gestión comunicativa se regirá por cuatro enfoques:

1. Interseccional: Para abordar las múltiples dimensiones de la desigualdad.
2. Participativo: Para garantizar la implicación real de la comunidad en todas las fases.
3. Educomunicación Popular: Para promover un aprendizaje dialógico y liberador.
4. Comunicación Emancipadora: Para dotar a la comunidad de herramientas para ser agente de su propio desarrollo.

Análisis Estratégico (DAFO):

La matriz DAFO sintetiza el diagnóstico y sirve de base para las estrategias:

- Fortalezas: Patrimonio cultural/natural, cooperativas, líderes comunitarios.
- Debilidades: Envejecimiento, economía de monocultivo, brechas de género, infraestructura precaria.
- Oportunidades: Financiamiento internacional (Fondo Verde), potencial turístico, alianzas con universidades.
- Amenazas: Cambio climático, folklorización cultural, migración juvenil, políticas públicas desconectadas.

Estructura de la Propuesta por Fases del Ciclo de Vida del Proyecto:

La propuesta detalla objetivos, actores clave, herramientas, técnicas, entradas y salidas de comunicación para cada una de las 5 fases:

1. Inicio/Conceptualización: Establecer canales claros, definir roles, socializar el propósito y generar confianza. (Ej.: reuniones de lanzamiento, matriz de roles).
2. Identificación: Recopilar información con la comunidad, sensibilizar sobre el proyecto y validar necesidades. (Ej.: talleres participativos, grupos focales, mapas comunitarios).
3. Diseño y Planificación: Presentar y discutir propuestas técnicas, coordinar con instituciones y elaborar el plan de comunicación. (Ej.: matriz de marco lógico, protocolos de comunicación).
4. Ejecución: Informar periódicamente sobre avances, facilitar resolución de conflictos, promover participación y rendir cuentas. (Ej.: boletines, reuniones comunitarias, plataformas de gestión).
5. Cierre: Presentar resultados, validar satisfacción, garantizar sostenibilidad y celebrar logros. (Ej.: evento de cierre, informe de lecciones aprendidas, estrategia de sostenibilidad).

Plan Táctico: Se incluye un plan detallado con acciones específicas, niveles de actuación (personal, grupal, comunitario, institucional, mediático), indicadores de evaluación, responsables y temporalidad para cada fase.

Temáticas Centrales de la Comunicación:

1. Visibilidad de San Pedro como escenario de desarrollo propio.
2. Impacto del proyecto IRES en la comunidad.
3. La gestión de proyectos como vía de transformación social.
4. Fortalecimiento de vínculos comunidad-gobierno-universidad-empresa.
5. Capacitación desde un enfoque interseccional y crítico.

CONCLUSIONES

1. La gestión de comunicación es un proceso estratégico y transversal indispensable para el éxito y sostenibilidad de los proyectos de desarrollo, no un complemento.
2. El enfoque de Comunicación para el Desarrollo y el Cambio Social (CDCS), desde una mirada decolonial, participativa e interseccional, es el más adecuado para contextos rurales complejos como San Pedro.
3. El diagnóstico confirmó la urgencia de intervenir en San Pedro, destacando la necesidad de abordar de manera integrada las vulnerabilidades climáticas, económicas, de género y generacionales.
4. La propuesta de pautas ofrece un marco práctico y adaptable para integrar la comunicación en el ciclo de vida del proyecto "El Batey de San Pedro", priorizando la participación comunitaria y la construcción colectiva.
5. La aplicación del Modelo de la MSc. Del Risco demostró ser viable y pertinente, validando su utilidad como herramienta para la gestión de proyectos en Cuba.

BIBLIOGRAFÍA

Aguilar, S. &. (2015). La triangulación de datos como estrategia en investigación educativa. Revista de medios y educación (47), 73-88.

Alfaro, R.M (1990). ¿Participación para qué? Un enfoque político de la participación en la comunicación popular. Diálogos de la comunicación. 22, 59-78. Recuperado de: http://www.dialogosfelafacs.net/wpcontent/uploads/2012/01/22 revistadialogos-participacion-en-comunicación popular.pdf.

Almaguer Torres, R. M.; Pérez Campaña, M.; Aguilera García, L. O. (2021). Ciclo de vida de proyectos: Guía para diseñar e implementar proyectos de desarrollo local, COODES, Vol. 9, No. 2 (mayo-agosto), p. 431-456 Disponible en: https://coodes.upr.edu.cu/index.php/coodes/article/view/416

Alonso, M.M y Saladrigas, H. (2000). Metodología de la Investigación Social. La Habana, Cuba: Editorial Pablo de la Torriente.

Alonso, M. M, Hilda Saladrigas. (2002). Para investigar en Comunicación Social. Guía Didáctica. Editorial Félix Varela, La Habana.

Alonso, M. M. y Saladrigas, H. (2008). Para investigar en comunicación social. Guía didáctica. La Habana, Cuba: Editorial Félix Varela.

Álvarez, E. (2019) Relaciones de género en las prácticas comunicativas de familias habaneras. (tesis de licenciatura) La Habana, Cuba: Facultad de Comunicación. Angel, A., Wiederhold, A., y La Pastina, A. (2024). Perspectivas y Agencia en la Comunicación para el Desarrollo y el Cambio Social en las Américas. Revista de Comunicación, 23(1). https://doi.org/10.26441/RC23.1-2024-3449

Arango, J. (2006). Ciudadanía, diversidad y civismo. Madrid: Centro de Estudios sobre Ciudadanía y Migraciones del Instituto Universitario Ortega y Gasset. Recuperado el 3 de enero de 2014 de: http://www.ortegaygasset.eu/fog/ver/314/circunstancia/ano-iv---numero-10--mayo-2006/ensayos/ciudadania--la-llamativapopularidad-contemporanea-deuna-vieja-nocion

Arzaluz, S. La utilización del estudio de caso en el análisis local- en revista región y sociedad, Vol VVII, no 32, 2005.





DR-07. Buenas prácticas comunicativas del Proyecto internacional: "Modelos pilotos, horizontales y sostenibles, de gestión del conocimiento y transferencia de tecnología en Agroecología"

D. Tortolo Betancourt[1]; Y.Contino Esquijerosa[1]; N. Puig Rosales[2] y R. Acosta Roca[3]

[1]Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, Universidad de Matanzas, Cuba

[2]Instituto Nacional de Investigaciones Fundamentales sobre Agricultura Tropical, Santiago de las Vegas, Cuba

[3]Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Mayabeque, Cuba

Correspondencia a: dayron.tortolo@ihatuey.cu

RESUMEN

Con los objetivos de visibilizar los productos comunicativos y las buenas prácticas de innovación agrícola, resiliencia, en la generación de nuevos productos comerciales, cadenas de valor sensibles a género-clima y promover el intercambio de saberes entre el sector productivo-investigativo en la producción sostenible de alimentos con un mejor uso de los recursos naturales y la adaptación al cambio climático se ejecutó la presente investigación. En tal desafío, se necesitó del empleo de las herramientas (plataformas) digitales-virtuales tales como los Cursos en línea/ Series digitales "Formador de Formadores en Agroecología" y "Nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación", así como de otros "Informe de Visibilidad" que permitieron el cumplimiento de las acciones/actividades comprometidas en el marco lógico, el plan operativo anual y plan general de actividades en la ejecución del proyecto internacional *Modelos Agroecológicos Sostenibles* (MAS). La generación de diversos contenidos, en particular, los digitales en sus múltiples formatos fue estratégico y relevante para el alcance de las metas y ambiciones pautadas. El uso eficiente de las diversas plataformas digitales favoreció el diálogo, debate y la participación-construcción colectiva de los saberes implicados. Los resultados que hoy se comparten, son fruto de la colaboración-cooperación orientada al desarrollo sostenible, con inclusión social y de equidades, en términos de género y generacional.

Palabras clave: *productos comunicativos, buenas prácticas, proyecto y MAS*

Objetivo: Mostrar las buenas prácticas comunicativas en el cumplimiento de las actividades/acciones comprometidas en el marco lógico, el plan operativo anual y el plan general de las actividades en la ejecución del Proyecto internacional "*Modelos Agroecológicos Sostenibles* (MAS)" del programa DeSIRA de la Unión Europea.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las Nuevas Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (NTICs) como "Infotecnologías" favorecieron la creación de productos comunicativos que posesionaron las buenas prácticas entre los socios participantes del proyecto. También Google Meet, servicio de videotelefonía de Google; Jitsi Meet videoconferencia encriptada, de código abierto gratuita y WhatsApp Messenger, aplicación de mensajería instantánea facilitaron la conexión virtual, el debate y la construcción colectiva de aprendizajes y saberes contextualizados.

Las redes académicas y sociales (Lindkelin y Facebook), a través de los perfiles institucionales y personales, contribuyeron a la diseminación de los contenidos compartidos y a su posicionamiento global, con estados de opinión e intercambios disímiles y un amplio alcance e interacción entre los participantes. La utilización de Youtube posibilitó la colocación de los videos y el Twitter (empresa red social, en la actualidad X) fueron estratégicos en la comunicación, difusión y visibilidad de los productos comunicativos concebidos por el proyecto.

Especialistas de renombre en el campo de la Agroecología en Cuba participaron en los módulos temáticos digitales, compartieron sus conocimientos y experiencias a través de videoconferencias grabadas y editadas (INIFAT, Dirección de Agricultura Urbana, Suburbana y Familiar (AU/ASU/AF), Escuela Ramal (ERMA), pertenecientes al MINAG; Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA) y Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey" (EEPFIH) del MES y, de la Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales (ACTAF).

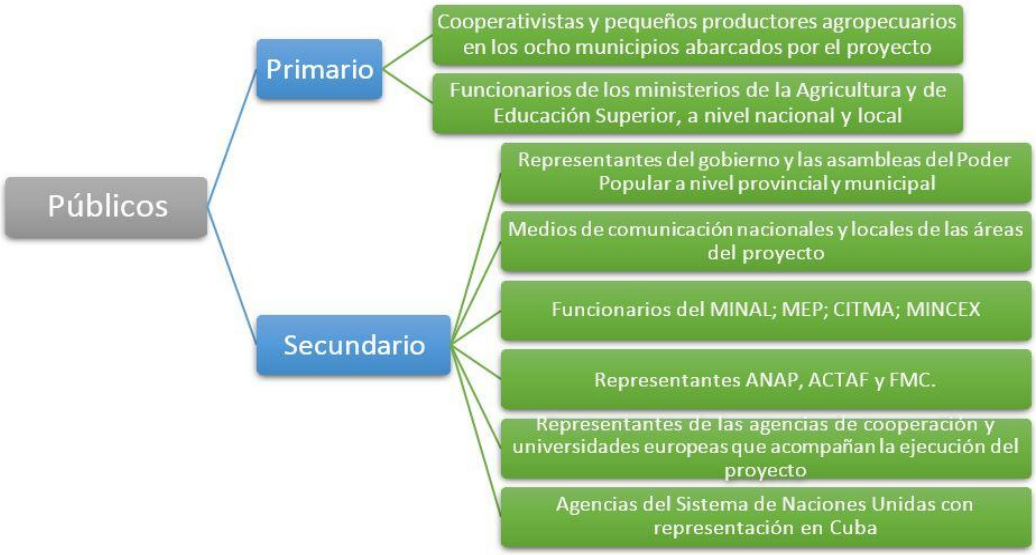
RESULTADOS

Las actividades del Proyecto condujeron a la oportuna ***Capacitación en línea*** en diversas "Temáticas" con el reforzamiento de capacidades cognitivas entre los participantes. Los Cursos y Talleres online "Serie digital: Formador de Formadores en Agroecologia se compuso por veinte módulos temáticos que promueven las buenas prácticas en este campo. También, "Nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación" ofreció claves mensajes responsables de cambios de comportamientos y en la orientación en las metas y fines que el proyecto persigue.



Las conferencias impartidas en el Instituto de Investigaciones Fundamentales "Alejandro de Humboldt", abordaron temas como conceptos básicos de Agroecología, buenas prácticas en el control de plagas y enfermedades, manejo de suelos y agua, producción de semillas y certificaciones, agricultura resiliente y circular, entre otros temas. Además, de intercambios en el Organopónico de Alto Rendimiento de Playa quien demuestra prácticas agroecológicas eficientes.

La ***segmentación de la información y comunicación se orientó a diversos públicos*** adoptantes y participantes según sus roles y vínculos con las acciones/actividades concebidas en el proyecto.



El **posicionamiento del proyecto a través de sus logotipos vertical y horizontal** fue importante actividad en cada una de las acciones convocadas, con el estricto respeto de lo pautado en el Manual de Identidad, y en su Estrategia de Comunicación.

CONCLUSIONES

Las buenas prácticas comunicativas son diseminadas a nivel nacional e internacional con disponibilidades para productores, técnicos, especialistas y entidades vinculadas al proyecto MAS- DeSIRA, así como a instituciones educativas relacionadas con la Agricultura con impacto en la formación del pregrado y postgrado en las carreras de perfiles agrarios del Ministerio de Educación (MINED) y Ministerio de Educación Superior (MES) en Cuba.

El gobierno cubano apuesta por una agricultura sostenible en armonía con el medio ambiente. Los audiovisuales generados se integrarán con el Observatorio SAEN + C para el fomento del desarrollo de sistemas alimentarios locales y la producción de alimentos sanos e inocuos en Cuba.

BIBLIOGRAFÍA

Contino Esquijerosa, Yuván. 2016. Comunicación, Difusión y Visibilidad; elementos necesarios para la Articulación. Editora Agroecológica. ACTAF. La Habana. 36p. ISBN: 978-959-7210-98-6, © Editora Agroecológica.

DR-8. Impacto social en la transformación de sabanas nativas a pasturas mejoradas y/o sistemas silvopastoriles

Social Impact of the Transformation of Native Savannas into Improved Pastures and/or Silvopastoral Systems

A. Gnecco-Lizcano[1]; S. Garay-Rodriguez[2] y A. SilvaPparra[3]*

[1]Facultad de Ciencias Humanas y de la Educación, Universidad de los Llanos.

[2]Facultad de Ciencias Económicas, Universidad de los Llanos.

[3]Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Universidad de los Llanos.

Correspondencia a: agneco@unillanos.edu.co

ABSTRACT

This study analyzes the social impacts of transforming native savannas into improved pasture and silvopastoral systems in the Piedmont of Cumaral and Restrepo, Colombia. Based on 30 surveys conducted among livestock farmers in the region and secondary sources, perceptions regarding employment, training, well-being, security, cultural cohesion, and access to public services were assessed. The results indicate that 61% of participants recognize greater economic stability linked to the introduction of improved pastures, leguminous trees, and improved animal breeds, which has favored increased livestock production. However, only 23% perceive an improvement in their quality of life, and a small 4% positively value the training programs, job creation, and environmental benefits, demonstrating a lack of awareness about the contribution of these systems to climate change mitigation and carbon sequestration. Furthermore, it is observed that, despite advances in infrastructure and access to services, challenges persist in labor inclusion, especially for young people, which drives migration to cities. These findings are consistent with previous research highlighting the importance of integrating social and environmental policies to enhance the benefits of productive transformation in rural communities with a gender perspective.

Keywords: *Quality of life, rural development, gender inclusion, sustainability*.

Palabras clave: *Calidad de vida, desarrollo rural, inclusión de género, sostenibilidad*.

INTRODUCCIÓN

La transformación de sabanas nativas en sistemas de pasturas mejoradas y, más recientemente, en sistemas silvopastoriles, ha sido promovida como una estrategia para aumentar la productividad ganadera y mitigar los impactos ambientales de la ganadería extensiva. Este cambio en el uso del suelo ha tenido importantes implicaciones sociales en muchas regiones rurales de América Latina. Si bien se han observado beneficios en términos de generación de ingresos, mejoras en la infraestructura productiva y servicios básicos, los resultados en cuanto a equidad social y cohesión comunitaria son variados (Montagnini & Nair, 2004; Nair, 2011).

Desde una perspectiva positiva, los sistemas silvopastoriles pueden contribuir al desarrollo sostenible al integrar árboles, pastos y animales de forma que mejoran la productividad sin comprometer los recursos naturales. Estos sistemas también pueden generar empleos relacionados con el manejo sostenible del paisaje, la reforestación y la diversificación productiva (FAO, 2013; Murgueitio *et al.*, 2011). Sin embargo, estas ventajas no siempre se traducen en mejoras reales en la calidad de vida de las poblaciones locales, especialmente cuando la adopción de nuevas tecnologías agropecuarias no está acompañada de políticas públicas inclusivas o procesos de capacitación adecuados (Rodríguez, Franco & Medina, 2018).

En muchas zonas rurales, los jóvenes enfrentan escasas oportunidades laborales en el contexto de la modernización agropecuaria, lo que ha contribuido a su migración hacia las ciudades, debilitando el tejido social y cultural de las comunidades (Castaño, Vargas & Andrade, 2015; Pérez et al., 2020). Asimismo, la transformación del paisaje ha implicado, en algunos casos, una pérdida de identidad cultural y conocimientos tradicionales asociados a la gestión de las sabanas, particularmente entre comunidades indígenas y campesinas (Bovarnick et al., 2010).

Por tanto, los impactos sociales de esta transición no pueden evaluarse únicamente desde la eficiencia productiva o los indicadores económicos. Es fundamental considerar aspectos como la inclusión social, la equidad en el acceso a los beneficios del desarrollo rural y la conservación de la identidad cultural de las comunidades. En este sentido, un enfoque integral que combine sostenibilidad ambiental con justicia social es clave para que estos procesos de transformación sean verdaderamente beneficiosos para las poblaciones locales.

El objetivo de este trabajo fue analizar los impactos sociales asociados a la transformación de sabanas nativas en sistemas de pasturas mejoradas y/o sistemas silvopastoriles en el piedemonte de los municipios de Cumaral y Restrepo (Meta, Colombia), con énfasis diversos factores sociales.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque mixto, con énfasis en el análisis descriptivo de tipo exploratorio, orientado a comprender los impactos sociales derivados de la transformación de sabanas nativas hacia sistemas de pasturas mejoradas y/o silvopastoriles. El estudio se llevó a cabo en la zona del piedemonte llanero, específicamente en los municipios de **Cumaral y Restrepo,** en el departamento del Meta, Colombia. Esta región se caracteriza por una fuerte presencia ganadera y una acelerada modificación del paisaje natural en las últimas décadas. Para la recolección de información primaria, se aplicaron **30 encuestas semiestructuradas** a productores ganaderos de la zona, seleccionados mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia, considerando criterios como experiencia en el sector y residencia continua en el territorio. Las encuestas incluyeron preguntas sobre percepciones de cambio en aspectos sociales como el empleo, la capacitación, la seguridad, el bienestar, la cohesión comunitaria y el acceso a servicios públicos.

Adicionalmente, se consultaron **fuentes secundarias** como bases de datos institucionales y bibliografía especializada en temas de uso del suelo, sistemas silvopastoriles, desarrollo rural y transformaciones socioambientales. Entre las fuentes revisadas se incluyen publicaciones de la FAO, estudios académicos, informes técnicos y registros locales sobre la evolución del sector ganadero en el piedemonte. El análisis de los datos se realizó mediante técnicas estadísticas descriptivas, complementadas con una interpretación cualitativa de los resultados, con el fin de identificar patrones y relaciones entre los procesos productivos y los impactos sociales reportados por los participantes.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En esta sección se presentan los principales hallazgos obtenidos a partir de las encuestas realizadas a ganaderos en el piedemonte de Cumaral y Restrepo (Figura 1), junto con su análisis en relación con la literatura existente. Los resultados reflejan una percepción diversa sobre los impactos sociales generados por la transformación de sabanas nativas hacia sistemas de pasturas mejoradas y silvopastoriles.

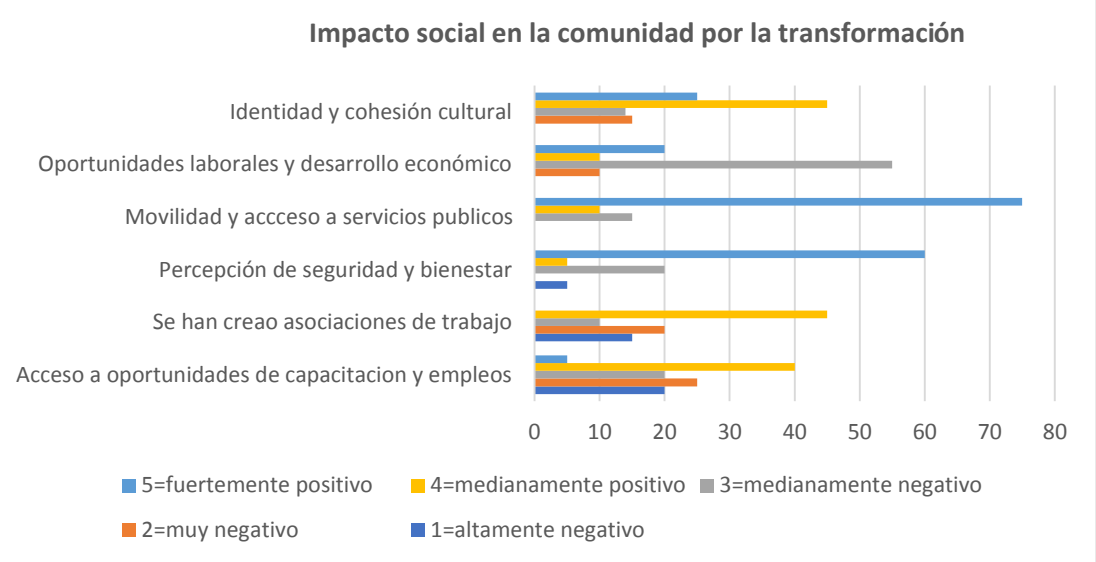


Figura 1. Impactos sociales relevantes en la comunidad por la transformación

Cuando se indagó a los encuestados sobre el acceso a oportunidades de capacitación y empleo, el 40% manifestó que la situación es *medianamente positiva*, mientras que un 25% la percibió como *muy negativa*. Además, un 20% la consideró entre *mediana y altamente negativa*, y un 5% la calificó como *altamente negativa*. Los participantes argumentaron que los jóvenes, al no encontrar oportunidades laborales en sus comunidades, tienden a emigrar hacia las ciudades en busca de mejores condiciones de vida.

Si bien la transformación de las sabanas nativas hacia sistemas de pasturas mejoradas y, en menor medida, hacia sistemas silvopastoriles es un proceso evidente en la región, los beneficios en términos de generación de empleo aún son limitados. Como han señalado Rodríguez et al. (2018), "la conversión de ecosistemas naturales a sistemas de uso agropecuario intensivo no garantiza, por sí sola, el desarrollo económico local, especialmente si no se acompaña de políticas públicas que fomenten la inclusión laboral y la capacitación técnica".

En relación con la creación de asociaciones o cooperativas de trabajo, el impacto fue valorado como *medianamente positivo* por el 45% de los encuestados. Asimismo, en términos de seguridad y bienestar, un 60% consideró que la transformación productiva ha contribuido a mejorar estas condiciones. Este dato coincide con estudios que resaltan cómo ciertos modelos de desarrollo rural, como los sistemas silvopastoriles bien implementados, pueden mejorar la

percepción de seguridad y bienestar social al promover una economía más diversificada y resiliente (Nair, 2011; Montagnini & Nair, 2004).

Por otro lado, el acceso a servicios públicos y la movilidad se destacaron como aspectos *fuertemente positivos*, alcanzando un 75% de las respuestas. Sin embargo, la percepción sobre la identidad cultural y la cohesión comunitaria fue más moderada: el 45% indicó que el impacto de la transformación ha sido *medianamente positivo* en este ámbito. Esto podría reflejar tensiones entre la modernización del uso del suelo y la preservación de prácticas culturales tradicionales, una situación también documentada por Castaño et al. (2015), quienes advierten que "los cambios en el uso de la tierra pueden alterar significativamente las dinámicas culturales y sociales en comunidades rurales".

Los impactos sociales en la comunidad se reflejan claramente en los resultados presentados en la Figura 2.

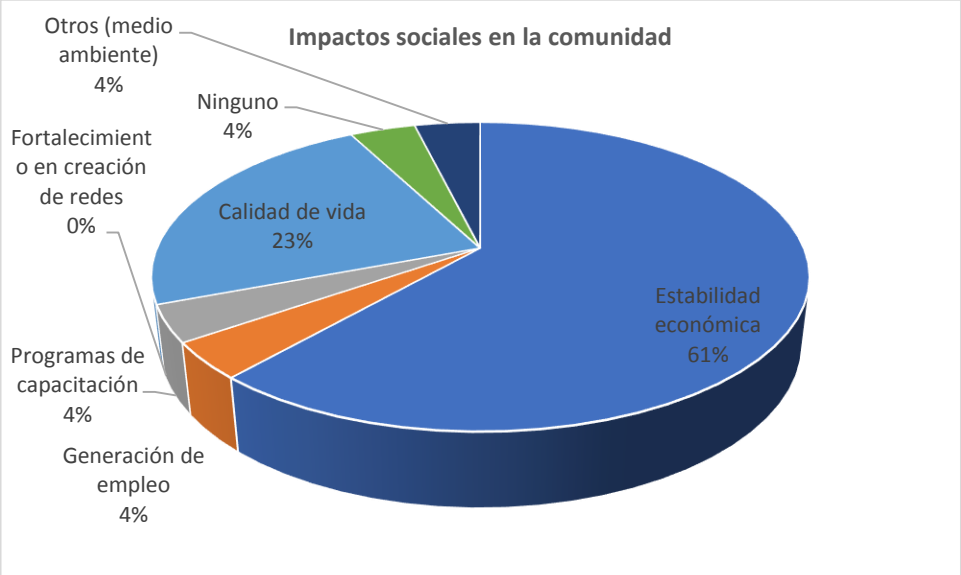


Figura 2. Impactos sociales relevantes en la comunidad

Un 61 % de los encuestados considera que la transformación hacia sistemas de pasturas mejoradas y silvopastoriles ha generado una mayor estabilidad económica, atribuida principalmente a la incorporación de pastos mejorados, árboles leguminosos, la introducción de animales de razas mejoradas, así como a una mayor carga animal y aumento en la producción de carne y leche. Estos resultados coinciden con estudios previos que destacan cómo la adopción de tecnologías agropecuarias sostenibles puede mejorar la productividad y los ingresos rurales (Montagnini & Nair, 2004; Murgueitio et al., 2011). Por otro lado, solo un 23 % de los encuestados percibe una mejora en la calidad de vida, lo cual sugiere que los beneficios económicos no siempre se traducen directamente en bienestar social integral (Rodríguez, Franco & Medina, 2018). Además, apenas un 4 % valora positivamente los impactos relacionados con programas de capacitación, generación de empleo y beneficios ambientales, lo que podría explicarse por un desconocimiento generalizado sobre las ventajas de estos sistemas en la captura de carbono y mitigación del cambio climático (IPCC, 2006). Este hallazgo resalta la necesidad de fortalecer la difusión de conocimientos y la inclusión de la comunidad en iniciativas que promuevan prácticas sostenibles con beneficios sociales y ambientales claros.

Las mujeres desempeñan un papel fundamental en el proceso de transformación de las sabanas nativas hacia sistemas de pasturas mejoradas y silvopastoriles, ya que, participan activamente en las labores rurales y en la gestión de los recursos productivos. Su contribución es clave para el sostenimiento económico y social de las comunidades rurales, promoviendo prácticas sostenibles y transmitiendo conocimientos tradicionales que enriquecen los sistemas productivos (Agarwal, 2001). Sin embargo, a menudo su trabajo no es plenamente reconocido ni valorado, lo que limita su acceso a capacitación, recursos y toma de decisiones. Por otra parte, cuando se hizo la pregunta separada que sí reconocen los impactos positivos en el medio ambiente, el 100 % de los encuestados refleja una percepción clara sobre los beneficios ambientales, tales como la mejora en la calidad del suelo, la conservación de la biodiversidad y la captura de carbono, aunque este último concepto poco lo entienden. Estudios previos han demostrado que los sistemas silvopastoriles contribuyen significativamente a la mitigación del cambio climático al aumentar la capacidad de secuestro de carbono en el suelo y la biomasa arbórea (IPCC, 2006). Además, estos sistemas promueven una mayor resiliencia ecosistémica frente a condiciones climáticas adversas, favoreciendo la sostenibilidad a largo plazo de las actividades ganaderas y la conservación de los recursos naturales.

CONCLUSIONES

La transformación de sabanas nativas en sistemas de pasturas mejoradas y silvopastoriles en el piedemonte de Cumaral y Restrepo ha generado impactos sociales y ambientales positivos, especialmente en la estabilidad económica y la conservación ambiental. Sin embargo, persisten desafíos en la mejora de la calidad de vida, capacitación y generación de empleo, especialmente para los jóvenes. Además, se reconoce que las mujeres desempeñan un papel crucial en este proceso, en la gestión rural, por lo que fortalecer su participación y acceso a recursos es clave para el desarrollo sostenible de la comunidad. Para consolidar estos avances, es fundamental promover la formación, la inclusión de género, la participación comunitaria y difundir los beneficios sociales y ambientales de estos sistemas.

AGRADECIMIENTOS

A la Dirección General de Investigaciones de la Universidad de los Llanos

BIBLIOGRAFÍA

Agarwal, B. 2001. Participación de las mujeres en la gestión de recursos naturales y desarrollo rural: perspectivas y desafíos. *World Development*, 29(10), 1623-1648. https://doi.org/10.1016/S0305-750X(01)00066-2

Bovarnick, A., Alpízar, F., & Schnell, C. 2010. *El financiamiento de los sistemas de áreas protegidas en América Latina y el Caribe: Situación actual y estrategias para su sostenibilidad financiera*. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). https://www.undp.org/publications/financiamiento-de-los-sistemas-de-areas-protegidas-en-alc

Castaño, N., Vargas, J., & Andrade, G. 2015. *Transformaciones del paisaje y sus implicaciones sociales y ecológicas en regiones rurales de Colombia*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

FAO. 2013. *Sistemas silvopastoriles intensivos: Un enfoque integrado para la ganadería sostenible*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. https://www.fao.org/documents/card/en/c/e4a42c5a-5c38-4a30-91e5-bb7c5c74e3db/

IPCC. 2006. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use. Prepared by the Nacional Greenhouse Gas Inventories Programme. Hayama, Japón: Institute for Global Environmental Strategies (IGES). https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html

Montagnini, F., & Nair, P. K. R. 2004. *Carbon sequestration: An underexploited environmental benefit of agroforestry systems*. Agroforestry Systems, 61(1), 281–295. https://doi.org/10.1023/B:AGFO.0000029005.92691.79

Murgueitio, E., Calle, Z., Uribe, F., Calle, A., & Solorio, B. 2011. Native trees and shrubs for the productive rehabilitation of tropical cattle ranching lands. *Forest Ecology and Management, 261*(10), 1654–1663. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.09.027

Nair, P. K. R. 2011. *Agroforestry systems and environmental quality: Introduction*. Journal of Environmental Quality, 40(3), 784–790. https://doi.org/10.2134/jeq2011.0076

Pérez, J. E., Ramírez, W., & Barragán, D. 2020. *Juventud rural, empleo y migración en América Latina*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). https://hdl.handle.net/11362/45942

Rodríguez, A., Franco, C., & Medina, R. 2018. *Uso del suelo y desarrollo rural: oportunidades y desafíos en paisajes transformados*. Revista Colombiana de Geografía, 27(2), 89–105. https://doi.org/10.15446/rcdg.v27n2.70541





TALLER: MITIGACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL POR LA UTILIZACIÓN DE LOS SUBPRODUCTOS Y RESIDUOS AGROINDUSTRIALES PARA LA PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS (PROYECTO MICA)

COORDINADORA:
Dr. C. Arelys Vázquez Peña, Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba

2025
SILVOPAT

ISBN: 978-959-7171-88-1
Cu-ID: https://cu-id.com/book/978-959-7171-88-1



TABLA DE CONTENIDO

PMICA-01. Modelo de gestión con responsabilidad social para el manejo integral de residuos de la producción de azúcar, alcoholes y bebidas espirituosas 2

PMICA-04. Caracterización química de subproductos y residuos agroindustriales 8

PMICA-05. Vinaza de destilería, una mirada desde la alimentación animal 9

PMICA-07. Ciclo cerrado en la agroindustria de la caña de azúcar como paradigma de protección ambiental y producción de alimentos y energía 16

PMICA-08. Resultados de la aplicación de vinaza en la UBPC Pablo Noriega 21

SILVOPAT – 2025 | ICA | ISBN: 978-959-7171-88-1 | Cu-ID: https://cu-id.com/book/978-959-7171-88-1

2-PMICA

PMICA-01. Modelo de gestión con responsabilidad social para el manejo integral de residuos de la producción de azúcar, alcoholes y bebidas espirituosas

Management model with social responsibility for the comprehensive handling of waste from the production of sugar, alcohols, and spirits drinks

A Vázquez Peña[1]; J Rodríguez García[2]; D Fortes Rodríguez[1]; R Rodríguez Hernández[1]; T Casero Rodríguez[2]; K Hidalgo Salomón[1], E Pineda Ruiz[2]; L Ayala González[1]; B Rodríguez Sánchez[1]; M Alberto Vázquez[1]*

[1]Instituto de Ciencia Animal, Carretera Central, km 47 ½, Apto. Postal 24, San José de las Lajas, Mayabeque. Cuba. CP 32700.

[2]Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA) Mayabeque. Ave 7 # 604 e/ 4 y 6 Pablo Noriega, Municipio Quivicán, Mayabeque. Cuba. CP 33500.

[3]Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA) Villa Clara. Autopista Nacional, Km 246, Municipio Ranchuelo, Villa Clara. Cuba.

*Correspondencia a: avazpe2015@gmail.com

RESUMEN

El proyecto Mitigación de la Contaminación ambiental por la utilización de subproductos y residuos agroindustriales para la producción de alimentos (MICA), tiene como objetivo principal, mitigar la contaminación ambiental, con el uso de subproductos y residuos agroindustriales para el sector agropecuario. Proyecto que surge por la necesidad de efectuar un manejo eficiente de las vinazas de la producción del ron *Havana Club*; eliminar la contaminación por cachaza de agua de consumo y la quema de desechos de centros de limpieza de la caña, para mejorar la salud, el bienestar, la biodiversidad y los ecosistemas. Con la propuesta se logra un Modelo de gestión con responsabilidad social, para el manejo integral de residuos de la agroindustria azucarera y de la producción del ron *Havana Club,* que solos, combinados o tratados, se transforman en alimentos y fertilizantes, que sustituyen nitrógeno, fosforo y potasio. Se obtienen incrementos en la producción de leche, carne y huevos, aumento de rendimiento en caña de azúcar y cultivos de interés (humano y animal), mejora en los suelos, captura y secuestro de carbono, reducción de gases de efecto invernadero y material particulado a la atmósfera, mayor cobertura para producir el ron *Havana Club* por la evacuación de sus vinazas, recursos humanos capacitados y resultados introducidos en la práctica social. La circularidad, la integración ciencia-universidad-empresa-gobierno y la innovación, logran beneficios que se reflejan en el impacto ambiental, social y económico-productivo, se contribuye con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, los Acuerdos del Grupo 77+China, el Acuerdo de Paris, y el Plan de Estado para el enfrentamiento al cambio climático.

Palabras clave: *modelo, gestión, residuos, mitigar impactos*

ABSTRACT

The project Mitigation of Environmental Pollution from the Use of Agro-industrial By-products and Waste for Food Production (MICA) aims primarily to mitigate environmental pollution through the use of agro-industrial by-products and waste for the agricultural sector. This project arises from the need to efficiently manage the wastewater from the production of Havana Club rum, eliminate pollution from wastewater used for drinking, the burning of waste from sugarcane cleaning centers, and improve health, well-being, biodiversity, and ecosystems. It achieves a management model with social responsibility for the comprehensive management of waste from the sugar agro-industry and the production of Havana Club rum, which, alone, in combination, or treated, are transformed into food and fertilizers that replace nitrogen, phosphorus, and potassium. Increases are obtained in the production of milk, meat, and eggs, greater yields in sugarcane and crops of interest (for humans and animals), improvements in soils, carbon capture and sequestration, reduction of greenhouse gases and particulate matter in the atmosphere, greater coverage to produce Havana Club rum through the evacuation of its vinasses, human resources capabilities and results introduced in social practice. Circularity, the integration of science-university-business-government, and innovation achieve benefits that are reflected in environmental, social, and economic-productive impact, contributing to the Sustainable Development Goals, the agreements of the Group of 77 + China, the Paris Agreement, and the State Plan for addressing climate change.

Keywords: *Model, management, waste, mitigate impacts*

INTRODUCCIÓN

La crisis mundial en 2025 se caracteriza por conflictos geopolíticos, eventos meteorológicos extremos, pérdida de la biodiversidad, colapso de ecosistemas, inseguridad alimentaria, escasez de agua y desigualdad social. Lo anterior pone en riesgo la sostenibilidad del planeta, afecta a millones de personas, con consecuencias devastadoras para las



comunidades, intensificándose la pobreza y la migración forzada. Esto provoca que se reduzcan el crecimiento para casi el 70 % de las economías, siendo el peor momento desde 2008, (Banco Mundial, 2025).

Las últimas evaluaciones de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) presentan perspectivas optimistas para los mercados mundiales de productos alimenticios, con previsiones de aumento de la producción para todos los productos básicos excepto el azúcar. Se prevé que la producción mundial de arroz, maíz, sorgo y semillas oleaginosas alcance niveles récord. La producción mundial de alimentos sigue siendo vulnerable a las condiciones meteorológicas adversas, así como a las tensiones geopolíticas actuales, la incertidumbre en materia de política comercial y las condiciones económicas. Aunque las tendencias de la producción agrícola se muestran firmes, cada vez hay más factores que podrían afectar negativamente a la seguridad alimentaria mundial, afirmó el Economista, Sr. Máximo Torero, (FAO, 2025).

Para el próximo año se prevé un discreto aumento de la producción mundial de trigo, dado a incremento del 13% en la Unión Europea, recuperación de rendimientos y aumento de la superficie del cultivo en la India. La producción de cereales secundarios debe incrementarse un 3,4%, alentada por las sólidas perspectivas en Brasil, la Unión Europea y los Estados Unidos de América, donde se pronostica que la producción de maíz aumente el 6%, por la expansión de las siembras. Se vaticina un aumento del 0,9% de la producción mundial de arroz, con 551,5 millones de toneladas, debido a incremento de producción en Asia. Se espera que aumente el consumo mundial per cápita de arroz, con incremento del 2%, en los países de bajos ingresos y con déficit de alimentos, (FAO, 2025).

La producción mundial de azúcar en la campaña 2024/2025 se estimó en 186,6 millones de toneladas, superior al ciclo anterior. Este crecimiento se debe principalmente a un incremento en países como China, India y Tailandia, lo que compensa la disminución del 2,5% de la producción de Brasil, (FAO, 2025). En Cuba, la producción de alimentos agrícolas es una prioridad en la agenda económica del año 2025, se están implementando estrategias para lograr el autoabastecimiento municipal y se busca incrementar la producción nacional, especialmente en productos como arroz, granos, plátano, yuca, y frutales, Además se implementan nuevas regulaciones para garantizar la seguridad alimentaria y regular la comercialización de los productos agropecuarios. La Asociación Nacional de Agricultores Pequeños (ANAP) también trabaja para diversificar e incrementar la producción, enfrentando desafíos como la falta de insumos y la necesidad de mejorar la eficiencia en la siembra, (Mesa redonda, 2025). La isla antillana transita por la mayor crisis de los últimos 100 años en la producción de azúcar, con menos de 150 000 t en el periodo 2024/2025, por preparación tardía de las industrias para comenzar la molienda a tiempo, por falta de combustible, materias primas y componentes para la reparación y mantenimiento de la propia industria, centros de limpieza y talleres de mecanización, (Cubadebate, 2025).

En el momento que hay pérdida de biodiversidad, envejecimiento, auge migratorio, guerras, desigualdad, incremento de las causas de los fenómenos extremos (emisiones de GEI, deforestación, uso insostenible del agua y los recursos naturales, y la urbanización) producto del cambio climático, la no equidad de los alimentos e inestabilidades económicas, surgen los proyectos "Mitigación de la contaminación ambiental por la utilización de subproductos y residuos agroindustriales para la producción de alimentos" y "Reducción de los efectos del cambio climático por el uso eficiente de subproductos y residuos de la producción de azúcar y del ron *Havana Club*, en el sector agropecuario de Mayabeque", ambos dirigidos a cumplir con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) del milenio, los Acuerdos del Grupo los 77+China y el Acuerdo de París (Tratado internacional que busca combatir el cambio climático, limitando el aumento de la temperatura global y promoviendo la adaptación y mitigación de sus efectos). MICA tiene como principales objetivos, mitigar la contaminación ambiental, incrementar producciones de alimentos sanos y fertilizantes orgánicos, capacitar, crear capacidades y extender resultados como parte de la gobernanza y la responsabilidad social, utilizando fuentes contaminantes (vinaza, cachaza, residuos de la limpieza de la caña, ceniza de central, mosto mineral de destilería) de la cadena de valor de la producción de azúcar y rones, de forma responsable, solas, combinadas o tratadas, como aditivos, suplementos, alimentos y fertilizantes, para lograr salud en las personas, los animales, los cultivos, y el ambiente, bajo el concepto de "una sola salud", el uso de las Fuentes Renovables de Energía, la circularidad y captura, secuestro y mercado del carbono. Acciones resilientes, resistentes, sostenibles, diversas, viables e innovadoras, para mejorar la salud, la biodiversidad y los ecosistemas agrícolas, cañeros y ganaderos es parte del compromiso de MICA con las nuevas y futuras generaciones para continuar avanzando en sectores claves del Plan de Estado para el enfrentamiento al cambio climático, como: seguridad alimentaria, agropecuaria, salud e industria.

DESARROLLO

Reducir los efectos del cambio climático por la acción de mitigación de la contaminación ambiental por la transformación de altos volúmenes de residuos que se generan en Mayabeque derivados de la producción de azúcar y del aguardiente para elaborar el ron *Havana Club*, no es tarea fácil y demanda de multidisciplinariedad e integración. El territorio cuenta con: 130 000 ha dedicadas a la ganadería, 35 300 ha de caña de azúcar, con el 54,3% de los suelos pocos y muy pocos productivos y con déficit de alimentos y fertilizantes.

En Cuba se dedican más de 2 000 millones de dólares a la compra de alimentos en el exterior y son muchas las acciones que se realizan para garantizar los alimentos a la población, aun cuando se conocen de los elevados precios en el mercado internacional. Reducir la importaciones de fertilizantes, sustituir importaciones y convertir fuentes contaminantes de Mayabeque en variantes de fertilizantes, con un efecto positivo en el ambiente, la calidad del agua, la salud, la agricultura, la alimentación del pueblo, la calidad de vida, en fuentes de empleo, la sostenibilidad de los sistemas agrícolas, en el

aporte de conocimientos a estudiantes, campesinos, obreros, técnicos, científicos, entre otros, y que además de eso, incremente producciones de alimentos, azúcar por hectárea y sus derivados y del ron Havana Club y las exportaciones de este, con ingresos significativos de forma sostenida, por el buen manejo y tratamiento adecuado de subproductos y residuos agroindustriales, es un reto del proyecto en cuestión.

La ronera San José, pertenece a la Empresa Mixta Cubana *Havana Club International S.A*. Empresa creada por la Corporación Cuba Ron S.A. y el grupo francés *Pernod Ricard*. En los últimos cinco años se produjeron más de 20 millones de cajas de 9 litros de aguardiente, y se obtuvo del proceso industrial vinaza concentrada, residuo que, de no evacuarse a tiempo frena el incremento de la producción de aguardiente, no dando respuesta a la demanda de los mercados. En los estudios realizados se ha demostrado las potencialidades de las vinazas como fertilizante líquido. Por otra parte, la ronera de Santa Cruz del Norte perteneciente a Cuba Ron S.A. produce los rones claros de Havana Club, en ella se genera vinaza con características similares a la del sector azucarero, que pueden tener un uso como fertilizante. Efectuar un manejo adecuado de esos desechos y dar un mejor fin, puede contribuir a reducir la carga contaminante dirigida al mar.

La provincia Mayabeque, con un desarrollo en la actividad azucarera tiene tres centrales para producir azúcar y derivados, que obtenían con regularidad de su proceso fabril aproximadamente 87 000 t de azúcar. En los últimos periodos de zafra la realidad es otra, producciones por debajo de las 40 000 t de azúcar y volúmenes de cachaza por debajo de la media histórica. Cachaza que es llevada al campo sin previo tratamiento o depositada en áreas para almacenar, lo que provoca focos contaminantes en las zonas aledañas a los ingenios por no efectuar un buen manejo. En los últimos cinco años contamina el agua de la Ciudad de Matanzas, con composición química muy desfavorable para el consumo (Cubadebate, 2025). La quema de los RCL de forma intencional o accidental en los centros de limpieza provoca un alto volumen en humo que afecta a los residentes en zonas aledañas y en múltiples ocasiones ha sido motivo de quejas ante afectaciones respiratorias. Mayabeque es la provincia de mayor emisión a la atmósfera de material particulado (PM), asociado principalmente a la quema de la biomasa del sector azucarero con 49,09% (López Lee *et al*., 2024). Datos avalados por estudios científicos ratifican que el PM de 10 y 2,5 micrómetros (PM10, PM2,5), es potencialmente dañino a la salud humana y alcanza más de 55 mil toneladas al año en Cuba (Cuesta *et al.,* 2017).

El cambio climático es la mayor de las amenazas medio ambientales que enfrenta la humanidad. Las alternativas para enfrentarlo continúan siendo la mitigación y la adaptación. Aunque la prioridad para el país es la adaptación se ha financiado acciones de mitigación, como es el Proyecto MICA. La contribución de Cuba a las emisiones globales de gases de efecto invernadero (GEI) es mínima, no rebasa el 0,1%. El Plan de Estado para el enfrentamiento al cambio climático, conocido también como Tarea Vida, aprobado por el gobierno en 2017, hace referencia particular a la mitigación. En su Tarea 8 se indica la implementación de la adaptación y la mitigación en 12 sectores claves del desarrollo: seguridad alimentaria, energía renovable, eficiencia energética, ordenamiento territorial y urbano, pesca, agropecuaria, salud, turismo, construcción, transporte, industria y manejo integral de bosques. El inventario nacional de GEI del 2016 refleja que los sectores que más aportan son: Energía con 70,5% y en segundo lugar, el sector Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra con 20,1%. Inventario que se actualizó en el año 2024 y no presenta diferencia significativa con respecto al año 2016. De ahí, que es en estos sectores donde se concentran los esfuerzos del país en la identificación e implementación de acciones de mitigación (Gómez *et al.,* 2017).

Centros de investigaciones líderes en Cuba con muchos años de experiencias trabajan aceleradamente para dar solución a la contaminación ambiental en centros vulnerables de la provincia Mayabeque. Aprovechar los resultados de la ciencia para validar variantes de alimentos y fertilizantes para introducir en la práctica social, sustituir importaciones de ello no sólo contribuye con el Plan de Soberanía Alimentaria y Educación Nutricional, sino protege el medio ambiente y los recursos naturales.

La vinaza es un líquido de color marrón oscuro que constituye el principal residuo líquido, producto de la fermentación de la melaza para la obtención de alcohol. Su composición química depende del proceso tecnológico de la destilería y, por cada litro de alcohol producido se generan 13 litros de vinaza. Tiene elevadas concentraciones de K, Ca y materia orgánica disuelta, así como niveles medios de N y P, (Vázquez, 2019).

En siete años de estudio, se observó que la aplicación de vinaza promueve la lixiviación de K, Ca, Mg y S a través del tiempo, alcanzando profundidades de 0,75-3,5 m, favoreciendo el desarrollo profundo de las raíces (Penatti *et al.,* 2005). Una dosis de 100 m3•ha^{-1} de vinaza no concentrada incrementa los rendimientos de caña en un 23% en soca I y un 65% en soca II, así como también aumenta el rendimiento de azúcar en 22% en plantillas, 30% en soca I y 63% en soca II (Gómez y Rodríguez, 2000). Otros resultados se obtienen por el Proyecto MICA, con el uso de la vinaza de la Ronera San José en caña de azúcar y otros cultivos de interes con dosis de aplicación inferiores, por la concentración, se obtuvo más rendimiento y más azúcar por hectárea, al igual que en cultivos varios y otros de uso para la ganaderia)

En la producción animal, la vinaza se emplea fundamentalmente como suplemento nutricional o aditivo alimentario. En animales monogástricos, se puede aplicar en el agua de bebida o incluir de 1-3% en la dieta, mientras que en los rumiantes se puede emplear al 4-5%, considerándose también como un activador ruminal. En terneros se utiliza como sustituto de las mieles en una relación 1:1 en dietas integrales sin superar el 5% de inclusión. Se han reportado buenos resultados productivos en novillas alimentadas con pastos y forrajes, en vacas lecheras y rumiantes en desarrollo y adultos, aunque el consumo de vinaza es inestable.

Como ventajas del uso de la vinaza en el sector ganadero se destacan la acidificación del alimento, disminución de la pulvurulencia de la dieta y mejora de la palatabilidad de los alimentos. También, contribuye a mantener o mejorar la





integridad intestinal; reducir o erradicar la carga parasitaria de los animales que la consumen; así como disminuir la incidencia de enfermedades respiratorias. Además, por su acidez se puede utilizar como conservante de alimentos, reductor del pH del tracto gastrointestinal con efectos antimicrobiano y antidiarreico. De forma general, mejora la salud y productividad en los animales. Nuevos estudios con vinaza son validados en diferentes formas productivas en la provincia Mayabeque, hasta el momento con un efecto favorable en diferentes especies y categoría animal.

La cachaza es un residuo que se obtiene en el proceso de clarificación de los jugos de caña, que incluye materias terrosas e impurezas orgánicas. Por cada tonelada de caña procesada se obtienen de 30 a 50 kg de cachaza (Salgado *et al.*, 2003a), esta es rica en N, P, K y Ca, y su uso como abono favorece las propiedades físicas y químicas del suelo; incrementa temporalmente la capacidad de intercambio catiónico del suelo por la producción de humus, aumenta la capacidad de retención de humedad del mismo, y durante su descomposición se produce gran cantidad de CO_2 que al transformarse en H_2CO_3 disuelve, junto con otros ácidos de origen orgánico, los nutrientes insolubles en suelos con pH alcalino (Zérega, 1993); (Hernández *et al.*, 2008); (López *et al.,* 2017). El compostaje de la cachaza es una alternativa que permite reducir las dosis de aplicación, facilitando su transporte y aplicación en campo, por lo que favorece el proceso de mineralización, lo que debe aumentar la disponibilidad de nutrientes para el cultivo (Arreola *et al.,* 2004)7 y (Straathof y Comans, 2015). En la alimentación animal se emplea al ser rica en fibra y minerales, presentar contenido relativamente alto de nitrógeno (4.4-18.0% PB) y bajos niveles de energía (0.97-1.60 Mcal/kg de MS). Se puede consumir fresca o incluir seca como ingrediente en suplementos nitrogenados activadores (SNA) hasta un 45% o en activadores de la fermentación ruminal. Respecto a sus límites de inclusión de la cachaza en piensos de acuerdo a la categoría de vacunos que lo van a consumir (% de base húmeda), se plantea 30% para terneros, 40% para añojas y vaquillas y 50% en vacas y toretes. Su empleo genera buenos resultados como parte del suplemento en sistema de ceba en pastoreo, en hembras en desarrollo con insuficiencias en minerales (especialmente en fósforo), mejorando los indicadores reproductivos de las hembras que la consumen. Igualmente, en vacas lecheras de mediana producción, al incluir entre 10 y 20% de cachaza en piensos balanceados se logran producciones de 8 litros por vaca. En machos en crecimiento y en vacas de desecho también se reportan resultados favorables. En el caso de animales monogástricos, se recomienda su inclusión después de seca, preferiblemente al sol de 24-48 horas, y hasta el 20% de la dieta de pollos de ceba y cerdos. Se considera, además, que el secado es un elemento importante para su almacenamiento y conservación porque la alta humedad de la cachaza fresca (80%) propicia procesos fermentativos indeseados. Recientemente nuevos estudios del uso de la cachaza seca en la alimentación de cerdos en crecimiento ceba, reproductoras porcinas y pollos de ceba, con un efecto positivo, son el resultado de las investigaciones del Proyecto MICA.

La combinación de cachaza y vinaza, siempre que sea posible, permite hacer un mejor aprovechamiento de sus nutrientes por los animales. Asimismo, su uso adecuado y responsable contribuye a reducir la contaminación ambiental, que pueden producir de no emplearse (Patterson *et al.,* 2002)1; (Patterson y Cervantes, 2006). Con el uso de las vinazas se elimina un potencial contaminante de las aguas y reduce el riesgo de incendio de los residuos en los centros de limpieza de la caña, con lo que se reduce la emisión de dioxinas y furanos (GEI), siendo una acción directa a desarrollar por el proyecto.

Los residuos de los centros de limpieza (RCL) de la caña constituyen una mezcla heterogénea de componentes fibrosos, unos de bajo valor nutritivo, como hojas y vainas secas, y otros de mejor calidad, como cogollos y pequeños trozos de caña, utilizables como fuente de alimento animal. El cogollo tiene un valor nutritivo similar al forraje de otras gramíneas (digestibilidad entre 54 y 60%) pero las vainas tienen una estructura parecida al bagazo, aunque sin azúcares y con una humedad inferior a este. Por ello, la digestibilidad de los RCL es mucho menor (26 a 32%) y cualquiera que sea la procedencia de los residuos de cosecha de la caña y la variación en sus componentes, este material se caracteriza por su alto contenido de fibra y lignina, y su pobre contenido de proteína bruta (PB). Por ello, su uso en la ganadería debe ir acompañado de un suplemento nitrogenado (preferiblemente una mezcla de nitrógeno no proteico: proteína natural) y de ser posible miel final. Se recomienda su uso en animales con más de 200 kg y nunca superar el 50% de la ración.

La ceniza de bagazo de caña de azúcar es un residuo que se deriva del proceso de fabricación del azúcar. En la etapa de la molienda de la caña se produce una fibra (bagazo) que es utilizada en los propios ingenios, tanto para el inicio de la combustión en los hornos de producción de etanol, como para la generación de energía. Producto de la incineración de este material se genera un nuevo residuo que es la ceniza de bagazo de caña. Debido a su posible impacto ambiental, el uso de la ceniza en la producción animal es para cubrir déficit de minerales en diferentes especies y categorías, siempre que sea necesario, y en la producción agrícola para mejorar el pH de las tierras de los cultivos, el SiO_2, Al_2O_3, y Fe_2O_3 representan aproximadamente el 70% de la composición química de las cenizas, los que producen la actividad puzolánica. La composición de la ceniza varía según la edad de la caña y edad, tipo de suelo y cantidad de fertilizantes, la ceniza de bagazo de caña de azúcar puede ser un adecuado sustituto de fertilizantes químicos, debido a su efecto promotor sobre el crecimiento de las plantas en el suelo. En el proyecto se utiliza la ceniza para balancear las dietas y como parte de fertilizante órgano-mineral (FOM), por lo que puede aportar a ambos propósitos.

Otro elemento que se debe mencionar es que los países tropicales, salvo algunas excepciones, no son eficientes productores de granos energéticos y proteicos para la alimentación animal. Sin embargo, en el trópico, es importante la producción de caña de azúcar y sus derivados, porque pueden atenuar en gran medida, de conjunto con sus subproductos y residuos, el déficit de alimentos y fertilizantes, por sus características y alta disponibilidad. De forma general, la vinaza, la cachaza, los RCL y la ceniza de central son altamente contaminantes; se encuentran en demasía en el sector azucarero y en la producción de rones y aguardientes y su uso en el sector agropecuario brinda múltiples ventajas, con alto impacto ambiental. Se generan tecnologías que contribuyen a reducir los efectos del cambio climático por la mitigación de la

contaminación ambiental. Contexto que fundamenta la presente propuesta de Modelo de gestión con responsabilidad social para el manejo integral de residuos de la producción de azúcar, alcoholes y bebidas espirituosas.

Con un alcance global para cada país productor de azúcar y rones en el mundo, es el Modelo de gestión con responsabilidad social que convierte desechos y residuos agroindustriales en productos de alto valor agregado, sin tener como fin ríos, bahías, costas, cuencas, mares u otros espacios naturales, ni plantas de tratamientos (en la mejor de las soluciones) que inactivan: nitrógeno, fosforo, potasio, hierro, cobre, zinc, sodio, magnesio, manganeso, calcio, entre otros minerales, macro y micro nutrientes, vitaminas, ácidos orgánicos, y demás, que necesitan la caña de azúcar, la remolacha azucarera, los pastos y los forrajes, como también los cultivos de alta demanda en muchos países y regiones del mundo, y diferentes especies de interés económico que viven con el uso creciente de cogcidiostatos sin aprovechar alternativas y resultados científicamente avalados que inciden en los indicadores de salud y en la respuesta productiva, con impactos ambientales, sociales y económico-productivos muy favorables.

Desarrollar tecnologías limpias, que se adaptan a las condiciones y características de cada lugar, bajas en emisiones, que aprovechan los resultados de la ciencia, la multisectorialidad, la interdisciplinariedad, que se logran por la integración ciencia-universidad-empresa-gobierno, es trabajo del colectivo científico para poner los resultados en manos del productor. El Instituto de Ciencia Animal, la Granja Docente, Científica y Productiva "El Guayabal de la Universidad Agraria de la Habana (UNAH), el Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA), Unidades Básicas de Producción Cooperativas (UBPC), Cooperativas de Producción Agropecuarias (CPA), Cooperativas de Créditos y Servicios (CCS), Unidades Productoras de leche y carne, Integrales Avícolas y Porcinos, Polos Productivos establecidos en los Ingenios Azucareros, productores independientes y campesinos, hacen uso de las tecnologías derivadas del Proyecto MICA, con impactos en la producción de leche, carne, huevos, rendimientos agrícolas, mejoramiento de los suelos, reducción de plagas y enfermedades.

El Modelo de Gestión con responsabilidad social, se basa en la circularidad. Con el empleo de la vinaza como fertilizante líquido, para que la caña de azúcar regrese en forma de miel o melaza al gremio productor de bebidas espirituosas, sin gastos por fertilizantes químicos, solo con el uso de bioproductos nacionales para la búsqueda continua de mejoras, en caña de azúcar se obtienen incrementos 14.5 t/ha más, con más captura y secuestro de carbono por hectáreas, hay aumento del grosor de los tallos, del volumen del plantón y de la cantidad de caña por metro lineal, con incremento en la brotación y germinación. Con igual residuo en boniato (patata dulce) el incremento fue de 9 a 16 t/ha más, con un 69-72% de rendimiento por encima de lo planificado. En yuca (mandioca) la producción creció en 10.3 t/ha lo que representa un 44.5% mas de lo previsto, con un aumento de la masa vegetal del 49.4%. En arroz, platano, frijol, cultivos de interes para la ganaderia (*tithonia diversifolia*, CT 115, OM 22), todos con resultados muy positivos por los aportes de N, P, K. En la produccion animal en estudios por más de 14 años cosecutivos, hay mejoras en la salud animal, reproduccion, ganancias de peso vivo, produccion de leche, carne de cerdo y pollo, huevos de gallinas. Como aditivo en pollos (ceba) las ganancias son superiores a 200 g, con rendimiento en canal superior al 14%, como suplemento, hay mayor: PV (1822 vs 2062 g/ave), pechuga (281 vs 321 g) e hígado (47.3 vs 57 g), como aditivo en cerdos (crecimiento-ceba), disminuye enfermedades respiratorias y carga parasitaria, como suplemento, no afecta el comportamiento productivo, reduce carga parasitaria, materias primas y costo de la carne. La cachaza en reproductoras porcinas sustituye el 20 y 30%, del concentrado, en cerdos (crecimiento-ceba) sustituye el 10% de la dieta por cachaza tratada con enzimas que degradaron la fibra dietética. En pollos de ceba sustituye el 10% (a partir de 21 días de edad) y 20% ante escasez de alimentos. Resultados positivos demuestran las bondades de la vinaza y avalan el alto impacto ambiental, económico-productivo y social.

CONCLUSIONES

- El Modelo de gestión propuesto por el Proyecto MICA, cumple las expectativas para lo cual fue presentado.
- Mitigar la contaminación ambiental a partir de establecer un Modelo de gestión con responsabilidad social, para el manejo integral de residuos de la producción de azúcar, alcoholes y bebidas espirituosas, es una solución para cualquier pais del mundo.
- Convertir fuentes contaminantes en materias primas para la producir alimentos y fertilizantes de forma sostenible contrubuye con ODS del milenio, los Acuerdos del Grupo de los 77 + China, el Acuerdo de Paris, y el Plan de Estado para el enfrentamiento al cambio climático.
- Solo con la integración de la ciencia, la universidad, el sector empresarial y el gobierno se puede lograr el Modelo de Gestion MICA.
- Capacitar, crear capacidades y hacer un uso eficiente de los recursos y los residuos, permite incrementar producciones de alimentos seguros.

AGRADECIMIENTOS

A todos los que han contribuido con los resultados del Proyecto MICA. A Javier Rodríguez García, Daylenis Fortes Rodríguez, Rafael Rodríguez Hernández, Katia Hidalgo Salomón, Bárbara Rodríguez Sánchez, Maryen Alberto Vázquez, Emma Pineda Ruiz, Lazara Ayala González, Tania Casero Rodríguez, José María Mesa López, Rosamary López Lee, Desiré



Boigorria Padrón, Ramón Andrew Muñoz, Jorge Manuel Sosa Escalona, Sandra Lok Mejias, Delfin Gutierrez González, Roberto García López, José L Guerra Zamora, Yaneysi García Hernández, Raúl Cobo Cuña, Nurys Valenciaga, Gustavo Crespo, Ernesto Velarde García, Marío de León García, Luciano Vidal Rodríguez, Idalmis Rodríguez, Roberto Sánchez, Yandre Soto Rodríguez, Arnaldo Collazo Aranda, Ignaivis Castillo Lemus, Saray Díaz Barrios, Dania Ortega de la Paz.

A: *Havana Club Intenational* S. A., Ministerio de Educación Superior, Grupo Azucarero AZCUBA, Instituto de Ciencia Animal (ICA), Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA), Centro de Contaminación y Química de la Atmósfera (CECONT), UBPC "Pablo Noriega". CITMA de Mayabeque, GEOCUBA, Universidad Agraria de la Habana (UNAH), Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA), a sus directivos, especialistas, técnicos, y obreros asociados al Proyecto MICA. A todos Gracias.

BIBLIOGRAFÍA

Arreola, E.J., Palma, L.D.J., Salgado, G.S., Camacho, Ch.W., Obrador, O.J.J., Juárez, L.J.F., Pastrana, A.L. 2004. Evaluación de abono órgano mineral de cachaza en la producción y calidad de la caña de azúcar. Terra Latinom, 22, pp 351-357.

Banco Mundial, 2025. Informe de Riesgo Globales 2025. https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2025/06/10/global-economic-prospects-june-2025-press-release. Global Risks Report 2025 | World Economic Forum. Consultado el 11 de agosto de 2025.

Cubadebate. 2025. https://www.agendaeconómica.cubadebate.cu/ Zafra azucarera en Cuba: Reportan baja producción a pesar de alta eficiencia en la cosecha 2024-2025 - Agenda Económica. Consulta 11 de agosto de 2025

Cuesta, O., Sosa, C., Iraola, C., González, Y., Núñez, V., Fonte, A., Imbert, C., Barcia, S., Cuellar, A.I., Villegas, D.R., León, O.M., Pérez, I. H. 2002. Manual de fertilización de la caña de azúcar en Cuba. Publinica. La Habana, Cuba, pp 88-92.

FAO. 2025. Perspectivas agrícolas 2025--2034 de la OCDE-FAO. https://openknowledge.fao.org/. Consultado el 11 de agosto de 2025.

Gómez, J., Rodríguez, O. 2000. *Effects of vinasse on sugar-cane (Saccharum officinarum)* productivity. Rec. Fac. Agron. LUZ 17, pp 318-326.

Gómez, Y., Portal, D. 2017. Inventario Nacional de emisiones atmosféricas de las principales fuentes fijas. Revista Cubana de Meteorología, Vol.23, No.2, pp. 178-190.

Hernández, G. I., Salgado, S., Palma, D. J., Lagunes, L., Castelán, M., Ruiz, O. 2008. Vinaza y composta de cachaza como fuente de nutrientes en caña de azúcar en un gleysol mólico de Chiapas, México. Interciencia, Vol. 33, núm. 11, noviembre, 2008, pp. 860-855.

López, E., Andrade, A.J., Herrera, M., González, O., García, A. 2017. Propiedades de un compost obtenido a partir de residuos de la producción de azúcar de caña. Rev. Centro Agrícola. 44:3, pp 49-55.

Mesa Redonda, 2025. Prioridades para la agricultura en 2025. https://www.mesaredonda.cu/ Trazan prioridades para la agricultura en 2025 | Mesa Redonda. 11 marzo 2025. Consulta 11 de agosto de 2025

Penatti, CP., Araujo, JV., Doncelli, JL., De Souza, AS., Forti, JA., Ribeiro, R. 2005. *Vinasse: A liquid fertilizer*. Proc XXV Cong. Int. Soc. *Sugar CaneTechnol.* Vol.1. pp 403-411.

Patterson, M., Pérez, M. & Pérez, A. 2002. Índices digestivos de dietas de PLT y cachaza de caña de azúcar para cerdos. Revista Computadorizada de Producción Porcina. 9(1).

Patterson, M. & Cervantes, A. 2006. Nota sobre la inclusión de cachaza de caña de azúcar en dietas de PLT para cerdos en ceba. Revista Computadorizada de Producción Porcina. 13(2):85-88.

Salgado, S., Núñez, R., Bucio, K. 2003. Determinación de la dosis optima económica de fertilización en caña de azúcar.

Straathof, A.L. y Comans, R.N.J. 2015. Input materials and processing conditions control compost dissolved organic carbon quality. *Bioresource Technology*, Vol. 179: 619-623, 2015. DOI: 10.1016/j.biortech.2014.12.054.

Vázquez, A., 2019. Tecnología Agroindustrial para la producción de alimento ensilado de boniato *(Ipomoea batata (L.) Lam)* para cerdos. Tesis de Doctorado en Ciencia Técnicas Agropecuaria. Universidad Agraria de la Habana. MES. Cuba. pp. 63-68.

Zérega l. 1993. Manejo y uso agronómico de la cachaza en suelos cañameleros. Caña de azúcar (Venezuela). 11(2), pp71-92.

PMICA-04. Caracterización química de subproductos y residuos agroindustriales

Chemical caracterization of agro-industrial byproducts and waste

M. Alberto Vázquez; A. Vázquez Peña y D. Ortega

Instituto de Ciencia Animal, Carretera Central km 47 ½, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba

Correspondencia a: maryne4e@gmail.com

RESUMEN

El presente estudio brinda una comparación detallada entre dos tipos de vinaza provenientes de procesos de destilación en la provincia Mayabeque: vinaza concentrada proveniente de la Ronera de San José y vinaza diluida proveniente de la Ronera de Santa Cruz. Este, residuo de forma general, posee alto contenido de materia orgánica y nutrientes, lo que lo convierte en un subproducto de interés para diferentes aplicaciones. Sin embargo, para su manejo eficiente se requiere una evaluación cuidadosa de sus características fisicoquímicas y su impacto ambiental. La vinaza concentrada se obtiene mediante procesos de evaporación parcial, lo que incrementa su densidad, carga orgánica y contenido de sólidos totales. Por otro lado, la vinaza diluida conserva su forma original, con menor concentración de compuestos orgánicos y nutrientes. El estudio comparó parámetros como pH, B°, conductividad eléctrica, contenido de nitrógeno, minerales, entre otros. Los resultados indican que la vinaza concentrada presenta una un alto contenido de nutrientes y minerales lo que la hace atractiva como fertilizante orgánico y fuente de alimento animal. Por otra parte, la vinaza diluida, aunque menos rica en nutrientes, puede tener menor impacto ambiental y mejor comportamiento en suelos con baja capacidad de retención. Se concluye que la elección entre vinaza concentrada y diluida debe considerar el tipo de suelo, cultivo, capacidad de manejo y objetivos del uso. La vinaza concentrada es más eficiente como fuente de nutrientes, pero requiere mayor control técnico; la diluida es más segura ambientalmente, aunque menos potente como enmienda. Este estudio aporta información clave para optimizar el uso de vinazas en sistemas agrícolas sostenibles y minimizar sus efectos negativos en el medio ambiente.

Palabras clave: *composición química, residuos de destilerías, contaminación*





PMICA-05. Vinaza de destilería, una mirada desde la alimentación animal

Distillery vinasse, a perspective from animal nutrition

K. Hidalgo; L. Savón, Idania Scull; P. Lezcano†; R. García; B. Rodríguez; A. Vázquez; M. Vázquez; R. Bocourt† y L. Ayala*

Instituto de Ciencia Animal, carretera central Km 47 ½, San José de las Lajas, Mayabeque. Cuba.

*Correspondencia a: khsalomon@gmail.com

RESUMEN

El presente trabajo acomete ofrecer un corto resumen divulgativo, acerca de las vinazas de destilería de alcohol. Se presentan, además, los principales resultados obtenidos en el Instituto de Ciencia Animal con la vinaza obtenida en la Ronera Havana Club International (HCI), sus principales nutrimentos, modos de acción, usos y beneficios, en la alimentación animal. De forma general, estos residuos presentan un alto valor de materias orgánicas y nutrientes los cuales ayudan a mantener la integridad intestinal y a mejorar la eficiencia de utilización de los alimentos por el animal.

Palabras clave: *vinaza, nutrimentos, beneficios, alimentación*

ABSTRACT

This work aims to offer a short informative summary about alcohol distillery vinasses. The main results obtained in Institute of Animal Science with the vinasse obtained in Havana Club International, its main nutrients, mode of action, uses and benefits in animal feed are also present. In general, these residues have a high level loft organic matter and nutrients, which help maintain intestinal integrity and improve the efficiency of food utilization by the animal.

Keywords: *vinasse, nutrients, benefits, feed*

INTRODUCCIÓN

La palabra vinaza se deriva del latín vinacaeus y es conocida originalmente como vino de levadura. Su uso se reporta en varios países del área tropical y de Europa, en la alimentación de rumiantes y monogástricos, como aditivo o suplemento alimenticio y su uso fundamental ha sido como fertilizante desde comienzos del siglo 20. En dependencia del país y región, recibe otros nombres como: vinhoto, vinote, caldas, restilo, tiborna, caxixi, garapão, mosto, vinasse y schemple.

La vinaza es un desecho que representa el principal residual del proceso de destilación a que son sometidos los mostos fermentados para la producción de aguardiente. Estos se pueden producir a partir de los jugos o mieles de caña, remolacha, maíz, cebada, agave entre otros.

Según Lewicky (2001) se puede clasificar en dependencia de la concentración de sólidos totales que contenga:

- vinaza diluida: 8 a 10% de sólidos totales
- vinaza semiconcentrada: 20 a 30% de sólidos totales
- vinaza concentrada: 55 a 60% de sólidos totales
- vinaza sólida: 99 a 99.9 % de sólidos totales

Hace más de 150 años Justus von Liebig 150 sugirió su uso como fertilizante de los campos en forma líquida, siendo esta práctica muy popular en el sur de Alemania. Con el desarrollo de un eficiente proceso de fermentación y evaporación se utilizaron además en la nutrición animal.

¿Cómo se obtiene?

Se obtiene de la destilación de etanol a partir del mosto fermentado. Contiene tanto material soluble como suspendido y presenta altos valores de demanda química de O_2 (DQO) que junto con la demanda biológica de O_2 (DBO) dan la medida del contenido de materia orgánica del efluente. Su producción varía entre 12-20 litros por cada litro de etanol producido, por lo que para su vertimiento es necesario someter este efluente a un costoso tratamiento (Lezcano y Mora 2005). Para minimizar estos costos, se recicla una porción de vinaza del proceso, con esto se proporciona agua y un % de levaduras necesarias para la siguiente fermentación. Se utiliza, además, en la obtención de gas metano, fertilizantes y compost.

Composición química de diferentes vinazas según Miranda *et al.* (1997).

Indicadores	Miel final	Guarapo	Mezcla
pH	4,2-5.0	3,7-4,6	4,4-4,6
Temperatura	80-100	80-100	80-100
DBO (g/l de O_2)	25	6-10	20
DQO (g/l de 0_2)	65	15-33	45
Sólidos totales (g/l	81,5	23,7	52,7
Sol. Volátiles	60,0	20,0	40,0
Nitrógeno (g/l)	0,4-1,6	0,1-0,7	0.4-0,7
Fósforo (g/l P_20_5)	0,1-0,3	0,01-0,2	0,01-0,2
Potasio (g/l K_20)	3,7-7,8	1,2-2,0	3,3-4,6
Calcio (g/l Ca0)	0,4-5,0	0,1-1,5	1,3-4,6
Magnesio (g/l MgO	0,4-1,5	0,2-0,5	0,6-07

Valor nutritivo

El valor nutritivo de la vinaza, varía en dependencia del proceso de obtención de alcohol en la planta alcoholera, de la materia prima utilizada, condiciones climáticas, suelos y tecnología empleada; que no permiten darle un valor rígido a cada uno de los indicadores.

De forma general, estos residuos presentan un alto valor de materia orgánica y nutrientes como nitrógeno, azufre y fósforo. También contienen una gran cantidad de potasio. Entre los compuestos orgánicos más importantes que poseen, están los alcoholes, ácidos orgánicos y aldehídos.

Caracterización de la vinaza de San José de las Lajas (BS), Scull *et al.* (2012) e Hidalgo *et al.* (2017)

Nutrimentos, %	*Rango de valores*		
	Mínimo	Medio	*Máximo*
Materia seca	20.9	28.8	***36.7***
Proteína bruta	9.7	12.1	***15.6***
Proteína verdadera	8.7	10.3	***13.2***
Cenizas	5.0	6.6	***8.5***
Fibra detergente neutro	3.1	3.5	***3.9***
Fibra detergente ácido	**0.02**	**0.05**	**0.13**

Los pequeños valores de fibra deben estar representados casi en su totalidad por los glucanos y mananos presentes en las paredes de las levaduras utilizadas en el proceso.



Este desecho o producto, es un alimento bajo en energía, ya que los azúcares presentes en las mieles son destinados a la producción de alcohol. Los resultados en azúcares dan una magnitud de la eficiencia de conversión de los carbohidratos en alcohol en la planta alcoholera.

Otros indicadores analizados

Indicadores	Rango		
	Mínimo	Medio	Máximo
pH	4.24	4.5	**5.1**
° Brix	24	30.7	**40**
Peso específico (%)	1.084	1.104	**1.135**
Azúcares reductores, mg/mL	**1.43**	**4.43**	**6.16**

El perfil aminoacídico de la vinaza nos permite inferir, que éstos contribuyen al metabolismo intermediario de las diferentes especies, así como la activación del sistema inmunológico.

Perfil aminoacídico, g/kg de MS

Aminoácidos	Lugar de muestreo	
	(Tanque de almacenaje)	(Destilería de alcohol)
Ácido aspártico	0.14	**0.38**
Treonina	0.11	**0.31**
Serina	0.09	**0.20**
Ácido glutâmico	0.23	**0.56**
Prolina	0.09	**0.25**
Glicina	0.07	**0.15**
Alanina	0.07	**0.10**
Cisteina	0.03	**0.07**
Valina	0.11	**0.30**
Metionina	0.08	**0**
Isoleucina	0.13	**0.24**
Leucina	0.08	**0.13**
Tirosina	0.12	**0.21**
Fenilalanina	0.09	**0.27**
Histidina	0.09	**0.20**

Lisina	0.19	**0.39**
Arginina	0.14	**0.45**
Total	1.86	4.21

El aporte de minerales es adecuado para la producción animal. Entre estos se destaca el hierro, calcio y fósforo. Alrededor de las dos terceras partes del fósforo aportado por alimentos vegetales se encuentran formando parte del ácido fítico como fosfato de inositol, estas formas son poco disponibles para los animales monogástricos debido a que carecen del enzima fitasa capaz de hidrolizar el ácido fítico en inositol y ortofosfato. En este caso, el fósforo aportado por la vinaza debe ser disponible casi en su totalidad por ser proveniente de la levadura utilizada en el proceso de fermentación. En cuanto al calcio podemos mencionar que es muy importante para el proceso de formación de huesos y dientes, coagulación sanguínea y transmisión nerviosa.

Minerales presentes en la vinaza de destilería HCI

Minerales	Mínimo	Medio	*Máximo*
Calcio (%)	0.39	0.50	***1.00***
Fósforo (%)	0.18	0.24	***0.31***
Potasio (%)	1.28	1.60	***2.17***
Sodio (%)	0.05	0.08	***0.22***
Azufre (%)	0.84	1.19	***2.13***
Hierro (ppm)	**231**	**690.5**	**1167**

Otro de los aspectos que le dan importancia a este residuo es el contenido de ácidos orgánicos; en los que se reportan el acético, propiónico, láctico, fórmico entre muchos otros, los cuales ayudan a mantener la integridad intestinal y a mejorar la eficiencia de utilización de los alimentos por el animal. De igual forma se comporta el aporte de vitaminas del complejo B presentes en todas las vinazas, razón por lo que han sido tratadas con sulfato de amonio para despotificarlas y aumentar las ventas del producto.

Usos de las vinazas hasta la actualidad

Los residuales de las destilerías han tenido varios usos en varios sectores de la economía con el objetivo de disminuir la incorrecta deposición y de esta mamera, conservar el medio ambiente. Entre estos se menciona el empleo como:

- Biofertilizante (Brasil y Colombia establecen como máximo 50 t/ha/año en dependencia de del tipo de suelo, pH y composición química y se precisa conocer en primer lugar el pH y el nivel de K en el suelo)
- Alimento directo para animales (líquido)
- Producción de energía (Biogás)
- Producción de levadura torula
- Vinaza concentrada (seca como aporte de proteína)

¿Qué beneficios puede brindar la inclusión de vinaza en la dieta de los animales?

La vinaza ha sido empleada de forma líquida en la alimentación animal, aunque en Europa se reporta la utilización del secado, para facilitar su distribución y consumo. Por sus propiedades probióticas, se ha utilizado como aditivo en diferentes especies; en animales no rumiantes de 1-3 % de la fórmula y en rumiantes de 4-5 %, considerándose como amortiguador de la pulverulencia de la dieta, un mejorador de la palatabilidad, activador ruminal, estimulante de la madurez sexual y



la reproducción. Su rango de pH oscila entre 4-5.1 por lo que se puede utilizar como conservante en alimentos, reductor del pH del tracto gastrointestinal con efectos antimicrobiano y antidiarreico.

Modo de acción

El uso de la vinaza como aditivo provoca en general, una mejor conversión del alimento, un aumento del peso vivo y del crecimiento de los animales; debido a los nutrimentos y ácidos orgánicos presentes (Gimeno 2004). Estos, proporcionan un mejor aprovechamiento de los nutrientes de la dieta, favoreciendo la digestión, síntesis, adsorción de las vitaminas y minerales, lo cual facilita el metabolismo de los alimentos. Permite, además, mantener la flora intestinal en equilibrio y por consiguiente evitar la instauración de los patógenos intestinales, ya que cualquier amenaza a la salud gastrointestinal incide negativamente en la productividad total.

También existen mecanismos relacionados con las levaduras presentes en el producto, estos representan una alternativa inocua para controlar los desequilibrios de la flora intestinal en situaciones de estrés. En la flora entérica al ser administrados por vía oral y por su acción se mejora la salud del huésped. En el caso de las levaduras produce por varios mecanismos conocidos entre ellos: antagonismo microbiano con represión de las bacterias patógenas, estimulación de los sistemas inmunitarios de defensa del animal, fijación y eliminación de bacterias patógenas, incremento de la actividad enzimática específica.

Tecnología o metodología para su uso en la alimentación animal

Rumiantes

1- Modo de empleo

- En terneros se utiliza como sustituto de las mieles en una relación 1:1 en dietas integrales sin superar el 5% de inclusión, por lo que se recomienda que el alimento elaborado debe ser consumido en un tiempo no menor a 72 horas.
- En novillas alimentadas con pastos y forrajes, se reporta un consumo de 2 litros/animal/día cuando se utiliza mezclado o de forma directa
- En vacas lecheras, donde se utilizó como alimento base el pasto estrella, forraje CT-115 (clon de Pennisetum purpureum*)* y norgold; el consumo fue de 2.7 litros/vaca/día y en vacas secas 1.3 litros/vaca/día (mezclada o directa)
- Los rumiantes en desarrollo y adultos, no presentan afectaciones productivas y de salud, aunque el consumo es inestable. No obstante, el consumo depende del alimento base, si el producto es mezclado con los forrajes el consumo se incrementa.
  - Forrajes o pastos de regular a buena calidad: 2-2.5 kg/animal/día
  - Forrajes o pastos de regular a mala calidad: 4-5 kg/animal/día
- En búfalos y ovino-caprino sólo se tienen datos de aceptación y consumo; reportándose un rango que oscila en 2.0 – 2.7 L/animal/día para búfalos y 130 mL en ovinos y cabras, mezclado con hidrato de cal (1.5%).

2- Indicadores de eficiencia que se pueden alcanzar (Iraola *et al.* 2016)

Novillas: Aumento de 100 g en la ganancia diaria por encima de los animales que no la consumen y un incremento del 6% en la efectividad de la gestación.

Vacas: Se logra un incremento de 2 litros de leche por vaca sin afectar los indicadores de calidad de la leche.

Ganado de carne: Aumento del peso final y de la eficiencia de utilización del sistema alimenticio.

Aves

1- Modo de empleo

- En pollos en ceba la inclusión en las dietas es a razón de 14 mL/animal/día como promedio en toda la crianza y se suministra en forma de rociado sobre el alimento en la mañana y la tarde.
- En el reemplazo de ponedoras se puede utilizar desde el 1er día de edad o a los 35 días de edad a razón de 14 mL/ave/día como estime el productor.
- En gallinas ponedoras, el suministro es de 15 mL siendo un 2-3 % de la dieta.

2- Indicadores de eficiencia que se pueden alcanzar (Martínez *et al.* 2010, Hidalgo et al. 2019, 2020)

Pollos: Se logra una ganancia de 200 g más en el peso vivo; y una mejor conversión alimenticia, lo cual indica una mejor eficiencia de utilización de los nutrimentos de la dieta. Se alcanza, además, una superioridad en 2% de la viabilidad en las aves.

Pollonas de reemplazo: Se logra una uniformidad del lote por encima del 80 %, las aves alcanzan un mejor peso promedio a las 18 semanas de edad y disminuye la mortalidad. Se obtiene un mayor desarrollo del aparato reproductor (ovarios + oviducto) a partir de las 16 semanas de edad acompañado de una mayor deposición de grasa abdominal; aspectos propician un adelanto en la ruptura de la puesta.

Gallinas ponedoras: Se promueve un aumento en la producción de huevos y en la intensidad de puesta hasta un 5 %. Se mejora la conversión alimentaria, con 12g menos de pienso por huevo producido y el indicador de mortalidad es menor.

Cerdos

1- Modo de empleo

Las categorías menores (crías y precebas) son las más beneficiadas en la especie porcina; debido a que presentan un poco desarrollo, fundamentalmente del tracto digestivo posterior y del sistema inmunológico.

- En cerdos lactantes (1 a 33 días de edad) la vinaza se puede ofertar exitosamente de dos formas: 5 mL de vinaza/cerdito al 3er día de edad por vía oral en dosis única o 1% de vinaza en el pienso diariamente a partir de los 14 días de edad.
- En cerdos de preceba (33 a 89 días de edad), se puede suministrar 10 mL de vinaza/animal/día mezclado con la ración diaria durante las 3 primeras semanas de la preceba.
- En la ceba porcina se logra un consumo de 0.5 kg/animal/día en cerdos de 20 a 50 kg cuando se suministra sobre los alimentos tradicionales. En la etapa de 50 a 100 kg de peso vivo el consumo máximo es de 1 kg/animal/día.
- Las cerdas gestantes consumen hasta 1 kg de vinaza/día aportando a la cerda 32.28 g de proteína bruta, 1.34 g de calcio, 0.65 g de fósforo y 185 g de hierro, además de cantidades no cuantificadas de vitaminas hidrosolubles, minerales y paredes de levaduras con efectos probióticos demostrados.

2- Indicadores de eficiencia que se pueden alcanzar (Alberto *et al.* 2012, Mora *et al.* 2013, González 2019)

Cerdos lactantes: Se logra un incremento en la ganancia diaria y peso vivo al destete. Se obtiene una mayor uniformidad del peso de la camada, superior al 85 %.

Preceba: Se incrementa el peso vivo, se reduce la mortalidad en la camada en un 20 % y se disminuye la incidencia de heces líquidas en más del 25 %.

Ceba: Se incrementa la eficiencia de utilización de los alimentos reportándose un mejor peso vivo final.

Producción de nuevos productos

Otra de las bondades que nos brinda la vinaza de destilería es la producción de nuevos alimentos. El valor de pH que posee, garantiza que los nuevos productos (ensilajes, activadores, aditivos entre otros) posean una buena calidad y permite su estabilidad durante un periodo prolongado (Lezcano *et al.* 2017).

Otra de las innovaciones han sido la producción levadura sobre vinaza y harinas integrales; esta idea proviene de la experiencia cubana de muchos años de secar al sol alimentos líquidos con soportes fibrosos de valor nutritivo como la caña de azúcar, salvado de trigo u otros productos.

Para esta alternativa se combina el salvado de trigo, vinaza y harina de yuca. El producto requiere como máximo de 24 horas de secado al sol para su posterior almacenaje y permite conservar durante meses alimentos para los animales. Con esto se logra un producto más integral, que aporta un mayor número de nutrimentos al animal, ya que reduce la fibra del salvado y aumenta el peso específico de la nueva harina fabricada.

Harina integral

Ingredientes	% BH	% MS	% PB	% FB
Salvado de trigo	40	54.5	7.1	7.1
Vinaza	40	18.2	3.6	-
Harina de yuca	20	27.3	1.1	0.3
Total	100	100	11.8	7.4

Composición bromatológica de la Harina integral en %

Materia seca	Ceniza	Calcio	Fósforo	Fibra bruta	Proteína bruta	Proteína verdadera
86.88	**7.82**	**0.78**	**0.77**	**7.48**	**16.50**	**10.33**



Los ensilados se pueden producir a partir de tubérculos como la yuca, boniato, desperdicios de cosechas, residuos de matadero, etc. La proporción a utilizar es 60 % del producto a ensilar y 40 % líquido (50% agua + 50% de vinaza debido a la materia seca que tiene la vinaza y el % de inclusión en la dieta); se deja reposar de 7 a 10 y luego está apta para el consumo.

Los activadores ruminales, aditivos, bloques nutricionales que se producen en las plantas de inóculos utilizan este residuo como sustituto de las mieles de caña, aportándole estos; un importante valor en minerales, vitaminas y ácidos orgánicos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a los investigadores, técnicos y personal en general del Instituto de Ciencia Animal, que condujeron las investigaciones y propiciaron la calidad de los resultados. A investigadores de la Universidad de Vienna y Cinvestav, Irapuato, México, por ofrecernos un espacio en sus laboratorios y compartir sus conocimientos en las estancias de investigación. A todos, muchas gracias.

BIBLIOGRAFÍA

Alberto, M., Savón, L., Martínez, O., Mora, L.M. & Macías, M. 2012. Balance de nitrógeno con vinaza de destilería como sustituto parcial de la fuente proteica en dietas para cerdos en crecimiento. Revista Computadorizada de Producción Porcina.19(1):5

Gimeno, E. 2004. "Compuestos fenólicos. Un análisis de sus beneficios para la salud". Ámbito Farmacéutico, 23(6): 9–155.

González, M. C. 2019. Efectos de la vinaza como suplemento en la alimentación de cerdas en el último tercio de la gestación y lactación. Tesis en opción al título de Doctor en Ciencias. Instituto de Ciencia Animal. San José de las Lajas, pp 142

Guanare, p 48-52

Hidalgo, K., Bocourt, R., Mora, L., & Albelo, A. 2017. Physical-chemical and microbiological characterization of the concentrated vinasse from alcohol distillery. Cuban Journal of Agricultural Science, 51(4):459-462

Hidalgo, K., Rodríguez, B., Valdivié, M. & Febles, M. 2009. Utilización de la vinaza de destilería como aditivo para pollos en ceba. Cuban Journal of Agricultural Science, 43 (3):281-284

Hidalgo, K., Valdivié, M., Bocourt, R. & Mora, L. 2020. Evaluation of concentrated vinasse as additive in replacement pullets. Cuban Journal of Agricultural Science, Volume 54 (1):77-83

Iraola, J., Hernández, A., García, Y. & Hernández, J.L. 2016. Inclusión de vinaza de destilería en la alimentación de bovinos machos en un sistema silvopastoril. *Livestock Research for Rural Development. Volume28, Article#191.*

Lezcano, P. & Mora, L.M. 2005. Las vinazas de destilería de alcohol. Contaminación ambiental o tratamiento para evitarlo. In: VIII Encuentro de Nutrición y Producción de Animales Monogástricos (D. Nieves, J. Vivas y C. Zambrano, editores).

Lezcano, P., Martínez, M., Vázquez, A. & Pérez, O. 2017. Main methods of processing and preserving alternative feeds in tropical areas. Cuban experience. Cuban Journal of Agricultural Science. 51(1):1-10

Martínez, M.S., Sánchez, B.R., Salomón, K.H., Navarro, M.V., Quintana, A., Ruiz, J.L.C., Torres, B.L., Jerez, J., Vasallo, S. & Suárez, J.C. 2010. "Nuevas propiedades de la vinaza para las aves". Revista Cubana de Ciencia Avícola, 34(1): 55–59, ISSN: 0138-6352.

Mora, L.M., Hidalgo, K., Vázquez, Y. & Olivarez, H.R. 2013. Vinaza concentrada para engordar cerdos/Concentrate vinasse for fattening pigs. Revista Computadorizada de Producción Porcina.20 (4):214-2016

Rodríguez, B. 2011. Levadura torula cubana desarrollada sobre vinaza de destilería para la alimentación de aves. Tesis DrSci. Instituto de Ciencia Animal. San José de las Lajas, pp134

Scull, I., Savón, L., Gutiérrez, O., Valiño, E., Orta, I., Mora, P. O., Orta, H., Ramos, Y., Molineda, A., Coto, G. & Noda, A. 2012. "Physic - chemical composition of concentrated vinasse for their assessment in animal diets". Cuban Journal of Agricultural Science, 46(4): 385–389, ISSN: 0034-7485

PMICA-07. Ciclo cerrado en la agroindustria de la caña de azúcar como paradigma de protección ambiental y producción de alimentos y energía

Round turn in the agroindustry of sugar cane like paradigm for protective environmental and production of foodstuff and energy

Javier Rodríguez García[1]; Emma Pineda Ruiz[2], Desiré Baigorría Padrón[3], Arelis Vázquez Pérez[4]*

[1]Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA) Sede Central, Cuba, javier.rodriguezg770227@gmail.com. ORCID iD: https://orcid.org/0000-0001-7848-2706

[2]Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA) Villa Clara, Cuba,

[3]Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA) Mayabeque, Cuba,

[4]Instituto de Ciencia Animal, Carretera Central km ½, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba

[*]Correspondencia a: yusnel.rivero@inica.azcuba.cu

RESUMEN

A partir de la caña de azúcar se pueden producir diversos bienes materiales, los más comunes son: azúcar, etanol y levadura torula; finalmente, quedan como residuos de estas producciones; materia orgánica, nutrientes y agua que mejoran la fertilidad de los suelos, sustituyen fertilizantes minerales y representan una nueva fuente de agua. La agroindustria de la caña de azúcar hace posible, una producción limpia de; alimentos, energía y abonos orgánicos, la sustitución de recursos naturales no renovables como petróleo y fertilizantes minerales y la protección de la atmósfera del efecto invernadero, en tanto que, se mejora la fertilidad de los suelos. La producción de la caña de azúcar comienza en el suelo y termina con la aplicación de los residuos de su proceso agroindustrial en el propio suelo, cuando se establece un sistema cerrado. Ello es beneficioso para las actuales y futuras generaciones.

Palabras claves: *residuos, caña de azúcar, agroindustria de la caña de azúcar*

ABSTRACT

A lot of product could be obtained from the sugar cane, frequently; sugar, ethanol and yeast torula. Wastes of these productions are organic matter, nutrients and water; all can be utilize in order to improve the fertility of soil, to substitute mineral fertilizers and irrigation water. It main a clean production of food, energy and organic payments; spare non-renewable natural resources like oil, mineral fertilizers and protected the atmosphere from greenhouse effects. Allowed the establishing a round turn system that begins with the production of sugar cane in the soil and finish with the wastes applications in them, could be economical and environmental better for the actual and future generation.

Keywords: *wastes, sugarcane, agro industrial sugar cane process.*

DESARROLLO

La planta moledora de caña, extrae el jugo, que puede emplearse para hacer alcohol, azúcar y miel. En cualquiera de los casos deja como residuos cachaza, ceniza y un líquido conocido como residuo de crudo (RC). La miel es materia prima para obtener etanol o sirve como alimento animal, el bagazo es fuente de energía, la cachaza fresca o transformada en compost es un excelente abono orgánico, la vinaza derivada de la producción de etanol puede sustituir la miel como materia prima para elaborar levadura torula, la cual, es fuente de proteínas y vitaminas para la producción pecuaria. Los residuos de todas estas producciones pueden ser reciclados como fuente de agua, nutrientes y materia orgánica en los suelos. Dentro de las ventajas de la obtención de alcohol a partir de la caña de azúcar, pueden mencionarse las siguientes: reducción del efecto invernadero; alta productividad de etanol por ha, superior a cualquier otro cultivo con unos 7000 l de etanol/ha, por una unidad de energía empleada se obtienen 9 unidades; se usa el bagazo para la cogeneración de electricidad; los residuos de cosecha que quedan en el campo constituyen fuentes de nutrientes, o si se hidrolizan pueden convertirse en etanol; el alcohol como aditivo de las gasolinas, aumenta el octanaje de forma adicional, elimina el empleo de plomo tetra etilo que posee acción cancerígena y alto poder contaminante, la reducción de escapes de monóxido de carbono y óxido de nitrógeno, altamente nocivos; de producirse en un futuro acetaldehído y etileno a partir del etanol, se podría desarrollar la industria alco-química y se emplean las vinazas como materia prima para producir levadura torula y sus residuales como fuentes de nutrientes al suelo.

La caña de azúcar es una especie capaz de producir grandes cantidades de materiales lignocelulósicos, especialmente se distinguen en este sentido las denominadas variedades energéticas, que son individuos *F1* (originados de cruzamientos entre las especies *Saccharum officinarum* y *Saccharum spontaneum*) que utilizan más eficientemente la energía solar y poseen mayor producción de biomasa. Estas producen el doble de materia seca por área que las variedades tradicionales y 5 o más veces que los bosques energéticos más precoces (Cuadro 1).Estas variedades no son exigentes en cuanto a fertilidad del suelo, por lo que podrían plantarse en suelos marginalmente aptos y prolongarse la zafra durante el período seco con el propósito de producir energía, en tanto que el guarapo serviría como alimento animal o para fabricar alcohol.

Cuadro 1. Comparación de las potencialidades de producción de materia seca de la caña energética con especies forestales (ICIDCA, 1986).

Cultivo	t de m.s./ha/año
Eucalipto (ciclo de 7 años)	12
Pino	10-20
Caña energética	50-90
Caña tradicional, planta completa	30-82

La caña energética alcanza, incluso en suelos con malas propiedades, rendimientos que casi duplican el de las variedades tradicionales, su contenido de bagazo duplica ampliamente el de estas variedades. Por ello, el potencial energético de una hectárea de estas equivale a cuatro de las tradicionales. Otra variante no menos atrayente es la producción de papel o tableros de bagazo en un mundo donde cada día la madera es más escasa y costosa. El empleo de la caña de azúcar, como fuente renovable de energía o para producir papel o tableros con el bagazo tiene un gran futuro, pues el sol continuara irradiando durante los próximos 5000 millones de años, lo que garantizara la producción de biomasa vegetal.

El suelo inicia y cierra el ciclo

El fundamento para lograr la protección ambiental es el aprovechamiento de todos los residuos, esto significa que aunque exista una máxima diversificación, finalmente los residuos, cerrarán el ciclo al ser aplicados a los suelos. En la Figura 1 se presenta un esquema, según el cual, el azúcar se venderá para el consumo; el bagazo se utilizara para generar la energía necesaria para el proceso, mientras el resto se suministrara a la red eléctrica nacional; la miel servirá como alimento animal o se destinara a la producción de alcohol, que es punto de partida de la alcoho-química, además queda un residuo, la vinaza, que podría sustituir a la miel en la producción de levadura torula. La cachaza es materia prima para obtener cera, alimento animal o como abono orgánico. En la generalidad de los casos los productos finales que se obtienen, como sucede con muchos residuos orgánicos y excretas de animales, pueden servir para la obtención de biogás o retornar directamente al suelo, manteniendo o mejorando su fertilidad, sustituyendo fertilizantes minerales y sirviendo como una nueva fuente de agua. Uno de los retos importantes que se generan en estas instalaciones es el dar solución a la contaminación con los residuos.

En la Figura 1 se ilustra como la diversificación de la agroindustria de la caña de azúcar esta en armonía con la obtención de alimentos, energía, abonos, protección de la contaminación, sustitución de fertilizantes minerales y mejoras en la fertilidad de los suelos. Por otra parte, se evidencia que el suelo constituye el eslabón fundamental de ese sistema cerrado.

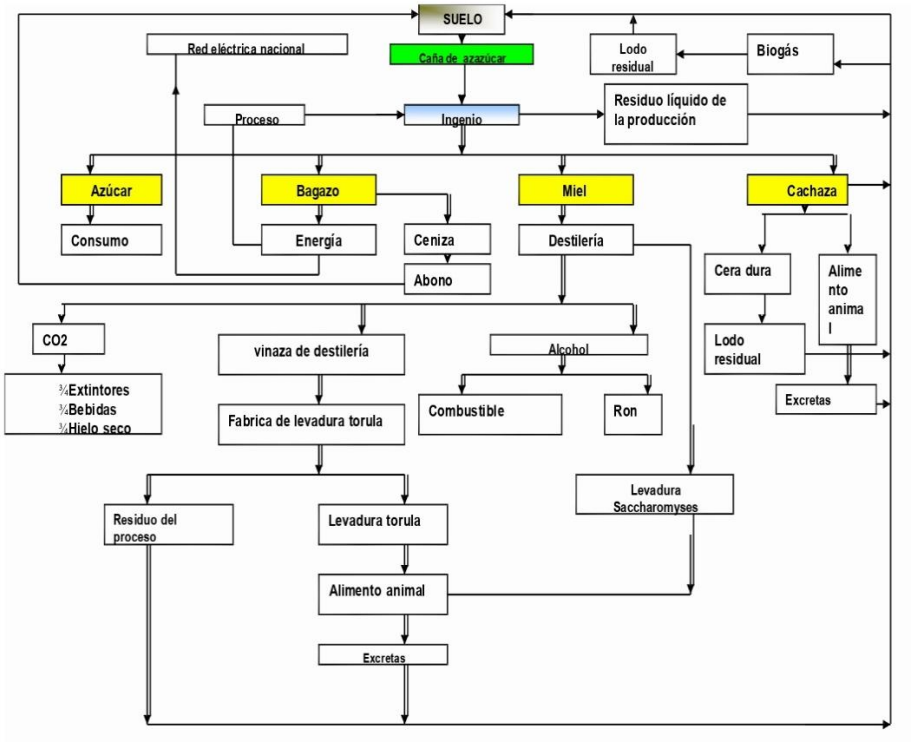


Figura 1. Ciclo cerrado posible a establecer con la diversificación de la agroindustria de la caña de azúcar

Un ejemplo, que se ilustra con una variante del esquema general de diversificación de la agroindustria de la caña de azúcar antes mencionado, se muestra en la Figura 2.

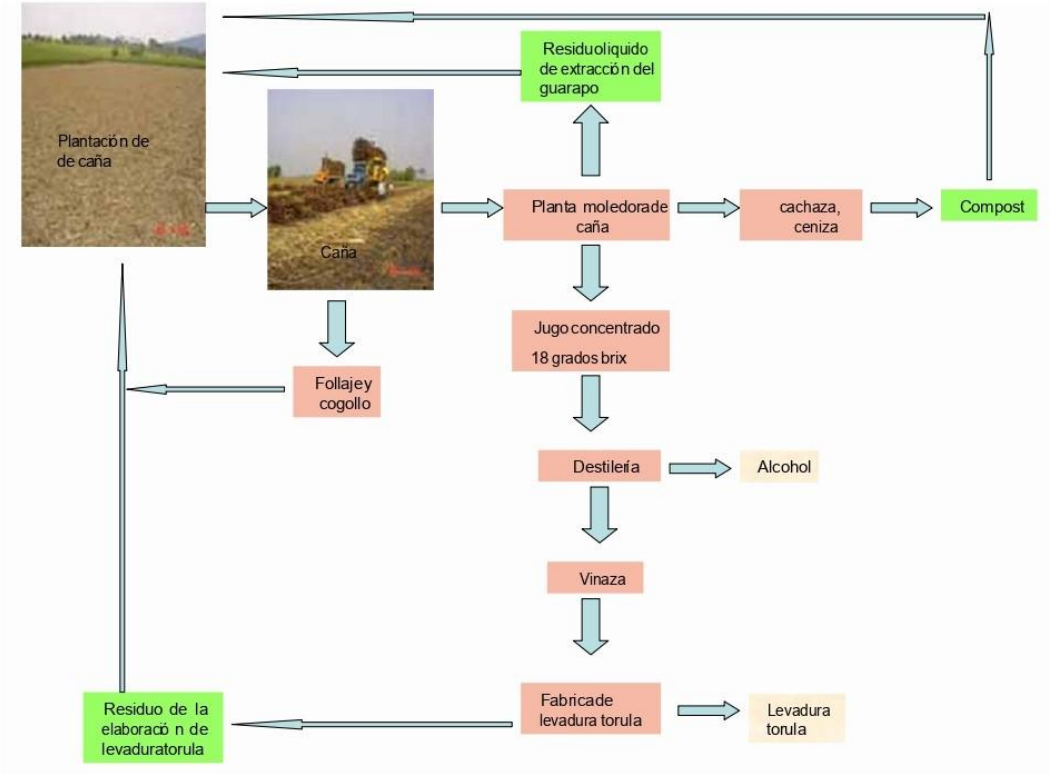


Figura 2. Variante del esquema general de diversificación de la agroindustria de la caña de azúcar.

Residuo líquido de producción de azúcar crudo

Los residuos de producción de azúcar crudo(RC) son pobres en nutrientes(0.036, 0.033 y 0.064 Kg/m^3 de N,P y K respectivamente),al igual que el efluente liquido del almacenamiento de bagazo para elaborar papel(se lava con agua la pila de bagazo y entonces drena un efluente ácido y pobre en nutrientes)conocido como patio de bagazo(PB).Al comparar estos con un control que recibió fertilización mineral completa y una norma total de riego con agua, igual a la utilizada para ambos residuos, resultó que: los rendimientos del RC y del PB fueron similares al control, sin diferencia significativa entre ambos, lo cual, sugiere, que cualquiera de ellos utilizado en normas como si de agua de riego se tratara, sustituye la fertilización mineral y el agua de riego (Cuadro2).

Cuadro 2. Influencia en diferentes proporciones con el RC y del PB sobre el rendimiento de la caña de azúcar y el contenido de fósforo asimilable en el suelo (Arzola y Yera, 1995).

Tratamientos (m^3/ha/cosecha)	t de pol/ha			P-asimilable (mg P/100 g de suelo)
	Planta	1er retoño	2do retoño	
***I. Riego con agua con norma de 1750m^3**	19.29	19.71	21.59	2.08b
II. Riego con RC con norma de 1750m^3	22.12	20.11	16.27	3.71a
III. Riego con PB con norma de 1750m^3	21.71	20.88	20.25	2.94ab
IV. Mezcla de 290m^3 de PB y 1460m^3 de RC	23.93	22.32	18.42	2.62ab
V. 160m^3 de PB y 1590m^3 de RC	23.12	21.98	17.28	2.68ab



VI. 110m^3 de PB y 1640m^3 de RC	20.81	20.56	18.02	3.31ab
VII. 85m^3 de PB y 1665m^3 de RC	20.64	20.86	18.43	2.47ab
Sx	2.18	1.37	3.77	0.30a

Vinaza y residuo de la elaboración de levadura torula

En la actualidad las materias primas empleadas para la síntesis biológica de etanol a partir de la caña de azúcar son: las mieles y el jugo de la caña. Las vinazas de destilería son los residuales de mayor agresividad y carga orgánica que genera la agroindustria de la caña de azúcar en su conjunto, su carga orgánica varía entre 60 000 a 150 000 mg DQO/L, casi mil veces mayor que la permitida por las normas ambientales vigentes

La vinaza se utiliza en Cuba con buenos resultados para sustituir la miel en la elaboración de la levadura torula (RLT), que es un microorganismo unicelular que en presencia de oxígeno puede reproducirse muy rápidamente consumiendo azúcares reductores contenidos en la miel final o en la vinaza. El producto final es un sólido pulverulento de color beige claro, con un contenido de proteína bruta base seca de hasta 47.8 %, de alto poder nutritivo en la alimentación de ganado vacuno, aves y cerdos.

De la elaboración de levadura torula también queda un residuo líquido (RLT), mucho menos agresivo y contaminante que la vinaza, además se puede utilizar en mayores normas de riego, sin perjuicio para los suelos y beneficia sus propiedades físicas, químicas y biológicas pues su contenido orgánico es alto (Arzola y Yera, 1995a).

Los residuos de la destilería son particularmente ricos en potasio, por ello, podrían emplearse en los suelos insuficientes en ese nutriente, conjuntamente con la cachaza o el compost, para lograr un abonado más balanceado, mientras que desde otro punto de vista, el efecto tan pronunciado que ellos poseen sobre el contenido de potasio cambiable del suelo, sugiere que su análisis podría servir para diagnosticar la necesidad de priorizar su empleo, en áreas pobres en ese elemento o de rotar aquellas que han alcanzado un contenido muy elevado del mismo.

Atendiendo a los resultados experimentales obtenidos en diferentes países, se elaboró un algoritmo para determinar las normas de vinazas o residuos de levadura torula que se deben aplicar para una cosecha. Este incluye, el contenido de potasio cambiable del suelo, la exportación por la cosecha en Kg. de K_2O/ t de tallos cosechados (C) y el rendimiento en toneladas de caña/ha (TCH), como aparece en el Cuadro 3. La multiplicación de (TCH) (C) será la exportación en Kg. de K_2O /ha, cifra que es inferior al valor de exportación medio de una cosecha de caña (2.15 kg de K_2O/ha) para las categorías de muy alto y alto y superior a esa cifra en las categorías de medio y bajo contenido de potasio del suelo.

Cuadro 3. Categorías de K intercambiable de los suelos y dosis de potasio a emplear con el fertirriego.

Categorías	Descripción	K Intercambiable ($cmol^{(+)}.Kg.^{-1}$)	Dosis de K_2O/ha	Valores de C
I	Muy Alto	> 0.70	(TCH)(C_1)	C_1 = 1.00
II	Alto	0.41 – 0.70	(TCH)(C_2)	C_2 = 1.75
III	Medio	0.20 – 0.40	(TCH)(C_3)	C_3 = 2.25
IV	Bajo	< 0.20	(TCH)(C_4)	C_4 = 2.75

Una vez que se conoce el valor de la exportación en kg de K_2O/ha, se procede a determinar la dosis o norma de residuo a utilizar para suministrar esa cantidad de potasio y para ello se debe conocer el contenido de potasio del residuo, a modo de ilustración se exponen algunos valores de composición posible, entonces puede emplearse la fórmula siguiente:

$$m^3 \text{ /ha/cosecha} = (TCH)\ (C)/ \text{ kg de } K_2O \text{ por } m^3 \text{ de residuo.}$$

Vinaza= 1.5 kg de K_2O/ m^3 de residuo.

Residuo de Torula = 0.57 kg de K_2O/ m^3 de residuo.

Residuo: 20 % de vinaza + 80 % de residuo torula= 0.76 Kg de K_2O x m^3 de residuo.

No se recomienda la aplicación de ninguno de estos residuos si el suelo posee un contenido de K_2O superior al 10 % de la CIC del suelo.

La irrigación de estos residuos con camiones cisternas permite la aplicación de la dosis exacta por aspersión con enrolladores y su aprovechamiento en las áreas donde mayores beneficios se puedan alcanzar con su empleo.

Cachaza y compost

La cachaza, mejora la germinación de las yemas, el desarrollo del sistema radical y la asimilación de nutrientes; como el fósforo, sustituyendo la fertilización mineral nitrogenada durante no menos de tres cosechas y la fosfórica en más de cinco(Arzola,1989). Tradicionalmente la cachaza ha sido incorporada antes de la plantación con toda la capa arable del suelo requiriéndose cuando se emplea ese procedimiento aplicar elevadas dosis, es por ello que, con el propósito de disminuir los elevados gastos de transportación y aplicación que esto ocasiona se ha introducido en la agricultura un método de aplicación que ha sido denominado (localizado) y que consiste en tapar los esquejes de caña una vez colocados en el surco con la propia cachaza.

Las ventajas del método localizado, consisten en requerirse solo la mitad o la tercera parte de la dosis que por el incorporado para alcanzar similar producción, lo que a la vez que disminuye gastos de transporte y aplicación, permite beneficiar mayor área con la cachaza que se obtiene en una zafra (Arzola et al.,1996).

Con los dos métodos de aplicación de cachaza, se obtienen ganancias, lo que demuestra lo ventajoso que resulta el aprovechamiento de este residuo de la agroindustria de la caña de azúcar como abono orgánico, incluso en áreas alejadas apreciablemente del ingenio, pero es de destacar, que las ganancias son en todos los casos mucho mayores por el método localizado, pues los mejores resultados se obtienen con 50 t.ha-1, mientras que con el incorporado se requieren 150 t.ha-1 lo que confirma su ventaja sobre el incorporado.

En un Ferralsol, el compost aplicado localizado en el surco, en plantación, a razón de 5 $t.ha^{-1}$ (compost elaborado sin añadirle inoculo), duplicó la producción de caña por unidad de superficie agrícola y sustituyó la fertilización mineral.

En retoños, el efecto de la aplicación de compost, sobre el rendimiento, también resultó favorable en un Gleysol, aunque los incrementos obtenidos, tanto en producción de caña como de azúcar por unidad de superficie agrícola, no fueron tan pronunciadas como los mencionados anteriormente en caña planta.

La valoración económica de las cosechas realizadas, muestran que el compost no sólo resulta una opción económicamente factible, sino que puede superar la fertilización mineral, tanto en la ganancia obtenida como en el costo por peso producido.

CONCLUSIONES

1. Un sistema cerrado en la agroindustria de la caña de azúcar, comienza y termina en el suelo, con la aplicación de los residuos en la agricultura; permite: diversificar la producción, proteger el entorno y dar valor agregado a las producciones principales que se obtienen con este cultivo.

2. La diversificación de la agroindustria de la caña de azúcar bajo un esquema de ciclo cerrado contribuye a la producción de alimentos, energía, sustitución de materias primas y a la protección del medio ambiente.

BIBLIOGRAFÍA

Arzola, N. Aprovechamiento de residuos de origen orgánico en la Agricultura. Cursos de postgrado impartidos en el ISACA. Ciego de Ávila (1989) 120pp.

Arzola, N.; Yera, B. Posibilidad de empleo en el fertirriego de la caña de azúcar del efluente del patio de bagazo y el de elaboración de azúcar crudo del central. Centro Azúcar. Revista del Ministerio de Educación Superior de la República de Cuba editada por la Universidad Central de Las Villas, 22(2) (1995)87-91pp.

Arzola, N.; Yera, B. Utilización del residuo de elaboración de levadura torula para la fertilización de la caña de azúcar. Centro Azúcar. Revista del Ministerio de Educación Superior de la República de Cuba editada por la Universidad Central de Las Villas, 22(2) (1995a)73-77pp.

Arzola, N.; Blanco, C.; Julia Martín. Mayores ganancias mediante el empleo de cachaza en los cañaverales. Revista Cuba & Caña. Publicación del Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar de Cuba (INICA), n.1(1996)20-23pp.

Crisóstomo, J; Jose, M.; Simionato, R. Complementação nitrogenada em áreas fertilizadas com vinhaça. Coopersucar. Reunião Técnica Agronômica,1984.

ICIDCA: La industria de los derivados de la caña de azúcar, 1986.



PMICA-08. Resultados de la aplicación de vinaza en la UBPC Pablo Noriega

Results of application of vinasse at the UBPC Pablo Noriega

J. M. Sosa Escalona[1]; J. Rodríguez García[2]; E. Pineda Ruiz[3]; D. Baigorría Padrón[4]; R. Andreu y A. Vázquez Pérez[5]*

[1]Unidad Básica de Producción Cooperativa (UBPC) Pablo Noriega. Empresa Azucarera Mayabeque. Quivican, Mayabeque, Cuba

[2]Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA) Sede Central, Cuba, javier.rodriguezg770227@gmail.com. ORCID iD: https://orcid.org/0000-0001-7848-2706

[3]Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA) Villa Clara, Cuba,

[4]Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA) Mayabeque, Cuba,

[5]Instituto de Ciencia Animal, Carretera Central km ½, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba

[*]Correspondencia a: yusnel.rivero@inica.azcuba.cu

RESUMEN

Presente trabajo tuvo como objetivo evaluar una tecnología para el uso racional y eficaz de vinaza en áreas dedicadas a caña de azúcar mediante la aplicación de un correcto esquema de monitoreo mediante un proceso tecnológico limpio, evitando así la contaminación del medio ambiente. La investigación se realizó en campos de producción de la UBPC Pablo Noriega de la Empresa Agroindustrial Manuel Fajardo del municipio Quivican, Mayabeque. Para ello, se establecieron controles de monitoreo, que fueron empleados en el escenario de aplicación del residual. Esto permitió conocer a mediano y largo plazo como influye esta propuesta sobre el rendimiento de la caña de azúcar incrementando 15 ton/ha y la fertilidad del suelo. Además, se utilizó la vinaza en cultivos de yuca con rendimientos de hasta 33 ton/ha, en boniato con rendimientos de 25 ton/ha. La aplicación se realizó a 10 ton/ha de vinaza concentrada, procedente de la destilería de Habana Club Internacional ubicada en San José de las Lajas, Mayabeque y modificando un camión cisterna de la unidad para su aplicación en el campo.

Palabras clave: *monitoreo, aplicación, rendimiento, residuo de destilería*

XIII CONGRESO INTERNACIONAL DE SISTEMAS SILVOPASTORILES

III CONGRESO DE LA RED GLOBAL DE SISTEMAS SILVOPASTORILES

VIII CONGRESO INTERNACIONAL DE PRODUCCIÓN ANIMAL TROPICAL



Innovación tecnológica para la sostenibilidad, resiliencia y equidad de los sistemas ganaderos en América Latina y el Caribe

2025

SILVOPAT

ISBN: 978-959-7171-88-1

INSTITUTO DE CIENCIA ANIMAL ICA

Red Global de Sistemas Silvopastoriles

INTA Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria

CIPAV

CATIE Solutions for Inclusive Green Development Soluciones para el Desarrollo Verde Inclusivo