

Caracterización de la biodiversidad florística de una finca del circuito sur en Cumanayagua, provincia de Cienfuegos, Cuba¹**Characterization of the floristic biodiversity of a farm of the southern circuit in Cumanayagua, Cienfuegos province, Cuba¹**

Jorge Luis Prieto-Duarte¹ <https://orcid.org/0000-0002-4306-933>, Tania Sánchez-Santana² <https://orcid.org/0000-0002-2634-830X>, Yhosvanni Pérez-Rodríguez¹ <https://orcid.org/0000-0002-2078-8961>, Diadelys Carpio-Quintana³ <https://orcid.org/0009-0004-6409-6926> y Juan Antonio Mateo-Rodríguez³ <https://orcid.org/0009-0005-1464-7061>

¹Universidad de Cienfuegos Carlos Rafael Rodríguez, Cienfuegos, Cuba. ²Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, Universidad de Matanzas, Ministerio de Educación Superior, Central España Republicana, CP 44280, Matanzas, Cuba. ³Centro Universitario Municipal Cumanayagua, Cienfuegos, Cuba. Correo electrónico: jlpuarte@ucf.edu.cu, tania@ihatuey.cu

Resumen

Objetivo: Caracterizar la biodiversidad florística de una finca del circuito sur en Cumanayagua, provincia de Cienfuegos, Cuba.

Materiales y Métodos: El estudio se realizó en una finca del municipio Cumanayagua, provincia de Cienfuegos. El suelo corresponde al tipo Pardo, sin carbonato, subtipo rendzina roja típico (XIII A). Se aplicó la metodología de monitoreo de biodiversidad con transectos diseñados desde fotos satelitales. Se levantaron todas las especies de la flora y se determinaron los índices de abundancia relativa, origen, endemismo y potencial invasor. Se caracterizó la biodiversidad florística y se evaluaron indicadores como riqueza específica (S), índice de diversidad de Margalef y dominancia de Simpson.

Resultados: La finca tiene un área total de 67,1 ha, de las cuales 38,6 % está en explotación activa. El uso principal incluye cultivos varios (8,9 %), silvopastoreo (61,4 %) y ganadería (7,5 %). Se identificaron 21 581 individuos y 321 especies, con un índice de diversidad de Margalef de 5,45. La dominancia de Simpson fue de 0,01, lo que indica la ausencia de dominancia significativa. El índice de diversidad de Simpson fue de 0,99, clasificado como alto. Las familias más representadas fueron Fabaceae (9,6 %), Malvaceae (6,5 %) y Cyperaceae (6,2 %). Se encontraron seis especies únicas, cada una perteneciente a una familia botánica diferente. Estas especies únicas mostraron la riqueza florística y la variabilidad genética del área.

Conclusión: El ecosistema presenta alta biodiversidad y diversidad de especies, con baja dominancia de cualquier especie en particular. Estas características son deseables y sugieren que el ecosistema es robusto y saludable, con buena capacidad para resistir cambios ambientales y mantener su funcionalidad ecológica.

Palabras clave: agroecología, conservación de la biodiversidad, indicadores

Abstract

Objective: To characterize the floristic biodiversity of a farm of the southern circuit in Cumanayagua, Cienfuegos province, Cuba.

Materials and Methods: The study was carried out on a farm in Cumanayagua municipality, Cienfuegos province. The soil corresponds to the Brown type, without carbonate, typical red rendzina subtype (XIII A). The biodiversity monitoring methodology was applied with the use of transects designed from satellite photos. All flora species were surveyed and indices of relative abundance, origin, endemism and invasive potential were determined. Floristic biodiversity was characterized and biodiversity indicators (specific richness (S), Margalef's diversity index and Simpson's dominance) were evaluated.

Results: The farm has a total area of 67,1 ha, of which 38,6 % is under active exploitation. The main use includes miscellaneous crops (8,9 %), silvopasture (61,4 %) and animal husbandry (7,5 %). A total of 21 581 individuals and 321 species were identified, with a Margalef diversity index of 5,45. Simpson's dominance was 0,01, indicating the absence of significant dominance. Simpson's diversity index was 0,99, classified as high. The most represented families were Fabaceae (9,6 %), Malvaceae (6,5 %) and Cyperaceae (6,2 %). Six unique species were found, each belonging to a different botanical family. These unique species showed the floristic richness and genetic variability of the area.

Conclusion: The ecosystem shows high biodiversity and species diversity, with low dominance of any particular species. These characteristics are desirable and suggest that the ecosystem is robust and healthy, with good capacity to resist environmental changes and maintain its ecological functionality.

Keywords: agroecology, biodiversity conservation, indicators

¹ Trabajo presentado en VII Convención Internacional Agrodesarrollo 2024. Centro de Convenciones Plaza América, Varadero, Cuba. 21 al 25 de octubre del 2024

¹ Paper presented at the VII International Convention Agrodesarrollo 2024. Plaza America Convention Center, Varadero, Cuba. October 21-25, 2024

Recibido: 12 de agosto de 2024

Aceptado: 2 de octubre de 2024

Como citar este artículo: Prieto-Duarte, Jorge Luis; Sánchez-Santana, Tania; Pérez-Rodríguez, Yhosvanni; Carpio-Quintana, Diadelys & Mateo-Rodríguez, Juan Antonio. Caracterización de la biodiversidad florística de una finca del circuito sur en Cumanayagua, provincia de Cienfuegos, Cuba. *Pastos y Forrajes*. 47:e15, 2024.

Este es un artículo de acceso abierto distribuido en Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional (CC BY-NC4.0) <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/> El uso, distribución o reproducción está permitido citando la fuente original y autores.

Introducción

La transición hacia la agroecología y la conservación de la biodiversidad son aspectos fundamentales en la búsqueda de sistemas agrícolas más sostenibles y resistentes a los cambios climáticos. Es importante abordar cómo estas prácticas se relacionan con la agricultura convencional y la necesidad de desarrollar alternativas más amigables con el medio ambiente.

Los sistemas productivos basados en la agricultura convencional se caracterizan por su dependencia de insumos externos y tecnologías transferidas desde otras regiones. Esto puede llevar a menor adaptabilidad a las condiciones locales y a mayor vulnerabilidad ante factores exógenos como el cambio climático. Al mismo tiempo, la agroecología propone un enfoque más integrador, buscando maximizar la eficiencia de los recursos naturales y promover soluciones basadas en la naturaleza (Altieri *et al.*, 2021). Sin embargo, la adopción de prácticas agroecológicas requiere una transformación profunda en las formas de pensar y actuar de los agricultores. Es necesario comprometerse con una nueva visión de la agricultura que vaya más allá de la simple producción de alimentos, incorporando la conservación del medio ambiente y el mantenimiento de la biodiversidad (Sierra-Reyes *et al.*, 2023).

Altieri *et al.* (2012) plantearon que el enfoque agroecológico puede contribuir significativamente a la sostenibilidad ambiental y social de la agricultura mediante la promoción de prácticas que fortalezcan la infraestructura biológica del suelo, reduzcan la dependencia de insumos externos y mejoren la resiliencia de los ecosistemas agrarios.

La transición hacia sistemas agroecológicos puede tener beneficios significativos para la economía local, al fomentar la producción y el consumo de alimentos locales, reducir la dependencia de insumos externos y mejorar la calidad de vida de los trabajadores rurales (FAO, 2018).

Según la FAO (2023), los sistemas agroecológicos diversificados son más resilientes, tienen mayor capacidad para recuperarse de las perturbaciones, en particular de fenómenos meteorológicos extremos como la sequía, las inundaciones o los huracanes, y para resistir el ataque de plagas y enfermedades.

La conservación de la biodiversidad desempeña una función crucial en este proceso. Al mantener una gran variedad de especies, los ecosistemas pueden proporcionar servicios esenciales, como la

regulación climática, la filtración del agua, el suelo fértil y el mantenimiento de hábitats para otras formas de vida. Sin embargo, muchos ecosistemas enfrentan presiones crecientes, debido a actividades humanas, lo que puede llevar a pérdidas significativas de la biodiversidad y disminución de estos servicios ecosistémicos (Sierra-Reyes *et al.*, 2023).

Este estudio tuvo como objetivo caracterizar la biodiversidad florística de la finca La Lima del circuito sur en Cumanayagua, provincia de Cienfuegos, Cuba.

Materiales y Métodos

Localización. La finca La Lima está ubicada a 21.83516 de latitud y 80.10702 de longitud, compuesta por dos parcelas, una con un área de 13,4 ha, en X (592 186.48), Y (223 271.74). Limita al norte con la finca de la productora Paula Oromi, al sur con la Unidad Básica de Producción Cooperativa (UBPC) Camilo Cienfuegos, al este con la Empresa de Aprovechamiento Hidráulico Cienfuegos, al oeste con la UBPC Camilo Cienfuegos. Tiene una segunda parcela, con área de 53,7 ha en X (592 261.70), Y (226 289.06), con límites al norte con la UBPC Camilo Cienfuegos, al sur con la UBPC Camilo Cienfuegos y la finca del productor Armando Fontanil Guerrero. Al este colinda con la finca de Armando Fontanil Guerrero y al oeste con la UBPC Camilo Cienfuegos en la demarcación Cabagán, siendo esta una forma productiva de la Empresa Pecuaria Sierrita, que pertenece al circuito sur del municipio Cumanayagua, en la provincia de Cienfuegos.

Características del clima. La temperatura media de junio a septiembre supera los 25 °C como promedio. La mínima muestra valores superiores a los 20 °C desde mayo hasta octubre, y las máximas por encima de 30 °C se comienzan a presentar a partir de junio y persisten hasta septiembre. En la zona de estudio, los acumulados medios anuales de las lluvias alcanzan un total de 1 608,1 mm. Se aprecia acentuada estacionalidad anual. Se destaca un período lluvioso entre mayo y octubre, en el que se acumula 81,7 % del total de precipitaciones, y otro poco lluvioso de noviembre a abril con 18,3 % restante (Viera-González *et al.*, 2024).

Evaluación de las propiedades del suelo. El suelo de la finca objeto de estudio es Pardo sin carbonato, subtipo rendzina roja típico (XIII A). El proceso de formación que lo origina es la humificación, su coloración es de pardo rojizo a rojo amarillento, presenta contenido de materia orgánica entre 2-5 %, es un suelo saturado por bases, pedregoso,

moderadamente rocoso y medianamente erosionado, elementos que limitan la profundidad efectiva a 20 cm. La clase textural que le corresponde es arcilla caolinita con predominio de arcillas del tipo 1:1, de ahí que muestre una capacidad de cambio catiónico entre 20-45 cmol (+) kg⁻¹, lo que influye en su fertilidad natural. El drenaje interno y superficial se evalúa de bueno, con pendiente fuertemente ondulada (Hernández-Jiménez *et al.*, 2015).

Procedimiento experimental. La composición florística del ecosistema se determinó con la aplicación de la metodología de monitoreo de la biodiversidad con la utilización de transectos, propuesta por Ferro-Díaz (2015) en su manual para investigaciones. Los trabajos de campo se efectuaron con transectos dirigidos y diseñados a partir de fotos satelitales del área, que abarcaron todos los ecosistemas y formaciones presentes en la zona. La zonificación se determinó por las características físicas y de los niveles de afectación de las áreas muestreadas para poder establecer parámetros de naturalidad y relaciones tróficas entre las especies. Se realizó el levantamiento de todas las especies de la flora y se determinaron los índices de abundancia relativa, así como su origen, endemismo y potencial invasor. Además, se calcularon los indicadores de biodiversidad (tabla 1).

La identificación de especies se realizó mediante el cotejo de los materiales colectados con los atesorados en el herbario AJBC del Jardín Botánico de Cienfuegos y *online* con otros herbarios de Cuba y del mundo, fundamentalmente Nueva York, Berlín y Estocolmo.

Resultados y Discusión

La finca cuenta con un área total de 67,1 ha, de estas 38,6 % está en explotación activa. El uso

principal incluye cultivos varios (8,9 %), silvopastoreo (61,4 %) y ganadería (7,5 %). Los cultivos específicos son *Cucurbita maxima* Duchesne (5,0%), *Manihot esculenta* Crantz (28,3 %) y *Musa × paradisiaca* L. (66,7 %). Además, se dedica una porción significativa al silvopastoreo, que abarca 61,4 % del área total, lo que indica importante presencia de prácticas agroforestales y de manejo ganadero integrado. La ganadería ocupa 7,5 % del área total, con una división entre *Saccharum officinarum* L. y *Cenchrus purpureus* (Schumach.) Morrone para el alimento animal (tabla 2).

Los sistemas silvopastoriles (SSP) son una alternativa agroecológica que contribuye a solucionar los problemas ambientales y productivos, al combinar los pastos con plantas leñosas (árboles, arbustos, y palmas) mediante la utilización de diferentes estratos vegetales. En ellos, los animales interactúan con especies arbóreas y herbáceas mediante un manejo integral y racional, con el propósito de mitigar los efectos adversos del clima que inciden en la productividad del ganado y la utilización de las áreas de pastoreo (Castillo-Gallegos y Jarillo-Rodríguez, 2020).

Las plantas arbóreas en los SSP ofrecen varios beneficios a los productores ganaderos y sus familias (Pacheco-Hernández y Jerónimo-Hernández, 2023). Su sombra reduce el estrés calórico del rebaño y mejora su condición corporal, la respuesta inmunológica a enfermedades e influye en el comportamiento reproductivo del hato, que se manifiesta en mayor productividad de los animales (Castillo-Gallegos y Jarillo-Rodríguez, 2020). Proveen forraje de alto valor nutritivo, ya que las leguminosas les proporcionan proteína y logran reducir

Tabla 1. Método de cálculo para la medición de los indicadores de biodiversidad.

Índice	Fórmula	Significados
Riqueza específica (S)	$S=Nte$	Nte: Número total de especies obtenido por un censo de la diversidad.
Índice de diversidad de Margalef	$D_{Mg} = \frac{S - 1}{\ln N}$	S= número de especies. N= número total de individuos.
Dominancia de Simpson	$\lambda = \sum p_i^2$	p_i = abundancia proporcional de la especie i , es decir, el número de individuos de la especie i , dividido entre el número total de individuos de la muestra.

Tabla 2. Balance de áreas y su uso en la finca.

Indicador	Área, ha	Porcentaje del total
1- Área total	67,1	100
En explotación	25,9	38,6
2- Con cultivos varios	6,0	8,9
<i>C. maxima</i> (calabaza)	0,3	5,0
<i>M. esculenta</i> (yuca)	1,7	28,3
<i>Musa × paradisiaca</i> L. (plátano)	4,0	66,7
3- Ganadería	5,0	7,5
<i>S. officinarum</i> (caña)	3,0	60,0
<i>C. purpureus</i> (king grass)	2,0	40,0
4- Frutales	1,5	2,2
<i>Annona squamosa</i> L. (anón)	0,0	1,3
<i>Annona muricata</i> L. (guanábana)	0,2	13,3
<i>Annona cherimola</i> Miller (chirimoya)	0,4	26,7
<i>Melicoccus bijugatus</i> Jacq. (mamoncillo)	0,8	53,3
Otros	0,1	5,3
5- Silvopastoreo	41,2	61,4

entre 20,0 y 38,0 % la emisión de gases de efecto invernadero (Sandoval-Pelcastre *et al.*, 2020). Al consumir el nivel de taninos adecuado, protegen al nitrógeno de la degradación ruminal, estimulan su utilización y controlan algunos parásitos internos (López-López, 2023).

Los frutales representan 2,2 % del área. Se destaca la presencia de *M. bijugatus* como el cultivo más extenso en esta categoría, seguido por *A. cherimola* y *A. muricata*, entre otros. Esta diversificación en el uso del suelo evidencia una estrategia de manejo agrícola y pecuario que busca optimizar los recursos disponibles, promoviendo la producción agrícola como la sostenibilidad ambiental en la finca.

Diversidad florística de la finca. Se pudo constatar la presencia de un importante número de especies que la potencian, como una finca diversa con buena representación de especies (tabla 3).

Tabla 3. Diversidad de especies en la finca.

Variable	Valor
Número total de individuos, N	21 581
Número total de especies, S	321

El índice de diversidad de Margalef con valor de 5,45 indica alta biodiversidad, ya que se considera que valores superiores a cinco evidencian una

diversidad significativamente alta. Ello sugiere que el ecosistema posee un gran número de especies diferentes, lo que es generalmente positivo, ya que puede contribuir a la resiliencia del ecosistema ante perturbaciones ambientales (tabla 4).

La dominancia de Simpson mide cuán dominantes son ciertas especies en una comunidad. Un valor bajo, como el 0,01 obtenido aquí, indica que ninguna especie domina significativamente sobre las demás, lo que es deseable desde el punto de vista del mantenimiento de una comunidad biológica equilibrada y saludable. Valores bajos de dominancia suelen asociarse con comunidades más diversas y resilientes.

Este índice de diversidad de Simpson es complementario al anterior y se utiliza para medir la diversidad de especies en una comunidad, teniendo en cuenta la riqueza de especies como su abundancia relativa. Un valor de 0,99, cercano a 1, indica diversidad muy alta, ya que valores superiores a 0,67 se consideran indicativos de alta diversidad. Esto reafirma la observación de una comunidad biológica rica y equilibrada, donde muchas especies coexisten sin que ninguna domine de manera excesiva.

La familia con mayor representación fue Haloragaceae, con 4,3 %, lo que indica que esta especie es relativamente abundante en comparación con las demás (tabla 5). Sin embargo, la diferencia porcentual entre las especies fue bastante pequeña,

Tabla 4. Índices de biodiversidad de la finca.

Índice	Valor	Valoración
Índice de diversidad de Margalef	5,45	La biodiversidad se considera alta, dado que el valor es superior a 5
Dominancia de Simpson	0,01	La dominancia es baja, ya que el valor obtenido se encuentra en el rango de 0,01 a 0,33
Diversidad de Simpson	0,99	La diversidad es alta, ya que el valor obtenido es superior a 0,67

Tabla 5. Especies más abundantes en el ecosistema de la finca.

Familia	Nombre científico	Nombre vulgar	Cantidad	Porcentaje
Haloragaceae	<i>Myriophyllum pinnatum</i> (Walter) Britton, Sterns & Poggenb.	Cola de zorro verde	933	4,3
Rhizophoraceae	<i>R. mangle</i>	Mangle rojo	856	4,0
Poaceae	<i>A. donax</i>	Guin	456	2,1
Cyperaceae	<i>Cyperus cuspidatus</i> Kunth	Sombrillita	451	2,1
Malvaceae	<i>Urena lobata</i> L.	Guizado	411	1,9
Annonaceae	<i>Annona squamosa</i> L.	Anón	399	1,8
Bromeliaceae	<i>Tillandsia recurvata</i> (L.) L.	Curujey	399	1,8
Fabaceae	<i>Dichrostachys cinerea</i> (L.) Wight & Arn.	Marabú	394	1,8
Anacardiaceae	<i>Comocladia dentata</i> Jacq.	Guao	391	1,8
Combretaceae	<i>Laguncularia racemosa</i> (L.) Gaertn. F.	Patabán	384	1,8
Fabaceae	<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Kunth	Bienvestido	356	1,6
Cyperaceae	<i>Cyperus aggregatus</i> (Willd.) Endl.	Cebolleta	346	1,6
Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.	Almácigo	301	1,4
Acanthaceae	<i>Avicennia germinans</i> (L.) L.	Mangle Prieto	294	1,4
Malvaceae	<i>Sida rhombifolia</i> L.	Guizado	291	1,3
Arecaceae	<i>Roystonea regia</i> (Kunth) O.F. Cook	Palma Real	288	1,3

lo que sugiere una distribución equitativa de las especies en el área. Esto es indicativo de un ecosistema saludable, donde ninguna especie domina excesivamente sobre las otras. Entre las especies listadas, algunas son de particular interés debido a sus características ecológicas y económicas. Por ejemplo, *Rhizophora mangle* L. (mangle rojo) tiene una función crucial en los ecosistemas de manglar, proporcionando hábitat para una gran cantidad de vida silvestre y protege las costas contra la erosión. *Arundo donax* L., aunque menos abundante, se conoce por su uso en la fabricación de instrumentos musicales y como planta ornamental. En cuanto a los frutales, la familia más representada fue Annonaceae, con cuatro géneros y 572 ejemplares, muy abundantes con una aceptación marcada en los habitantes de toda la región.

La familia Fabaceae es la más representativa en este estudio, con 34 géneros y 2 061 especies

(tabla 6). Su importancia radica en su capacidad para fijar nitrógeno atmosférico, gracias a la simbiosis con bacterias de la familia Rhizobiaceae, especialmente los géneros *Rhizobium*, *Bradyrhizobium* y *Azorhizobium*. Estas bacterias infectan y nodulan las raíces de las plantas, estableciendo una relación simbiótica (Mayea *et al.*, 1982, Estrada-de-los-Santos *et al.*, 2001). Esta diversidad de organismos con capacidad para fijar nitrógeno es fundamental para el ecosistema, ya que mejora la fertilidad del suelo y reduce la dependencia de fertilizantes químicos sintéticos.

Se identificaron seis especies vegetales que son ejemplares únicos en el ecosistema (tabla 7), cada una perteneciente a una familia botánica diferente. Esta diversidad de especies mostró la riqueza florística y la variabilidad genética presente en el área donde se encuentran estas plantas. Dicha diversidad destaca la importancia de conservar y estudiar

Tabla 6. Familias y géneros más abundantes en el ecosistema de la finca.

Familia	Género	Cantidad	Porcentaje
Fabaceae	34	2 061	9,6
Malvaceae	14	1 409	6,5
Cyperaceae	6	1 344	6,2
Asteraceae	12	1 120	5,2
Bromeliaceae	5	915	4,2
Poaceae	6	843	3,9
Apocynaceae	8	687	3,2
Combretaceae	4	668	3,1
Boraginaceae	9	583	2,7
Annonaceae	4	572	2,6
Burseraceae	2	543	2,5
Amaranthaceae	7	518	2,4
Euphorbiaceae	17	500	2,3
Anacardiaceae	6	483	1,7
Arecaceae	5	429	2,0
Convolvulaceae	9	385	1,8

Tabla 7. Especies representadas por ejemplares únicos y su función en el ecosistema.

No	Familia	Nombre científico	Nombre vulgar	Función
1	Acanthaceae	<i>Sanchezia nobilis</i> Hook.	Sankesia	Se conoce por sus plantas con flores vistosas, que son atractivas para los polinizadores.
2	Asparagaceae	<i>Beaucarnea recurvata</i> Lem.	Pata de Elefante	Es notable por su peculiar forma que recuerda a la pata de un elefante. Se adapta bien a condiciones áridas y se utiliza como planta ornamental.
3	Bignoniaceae	<i>Bignonia diversifolia</i> Kunth	Bejuco de vieja	Es una planta trepadora que puede cubrir amplias áreas con su follaje y flores coloridas, por lo que contribuye al paisaje y proporciona hábitat para la fauna local.
4	Combretaceae	<i>Combretum indicum</i> (L.) DeFilipps	Picuala	Se valora por sus propiedades medicinales como por su belleza ornamental. Sus flores cambian de color, lo que la hace especialmente atractiva en jardines y paisajes.
5	Convolvulaceae	<i>Turbina corymbosa</i> (L.) Raf.	Campanilla	Esta planta es una enredadera que produce flores tubulares en forma de campana. Se conoce por sus propiedades psicoactivas y ha sido utilizada en rituales ceremoniales en algunas culturas.
6	Moraceae	<i>Ficus trigonata</i> L.	Jagüey	Es una especie de higuera, que puede formar parte importante de los ecosistemas locales, ya que proporciona alimento y refugio para la fauna.

la flora local para entender mejor las interacciones ecológicas y aprovechar los recursos naturales de manera sostenible.

Conclusiones

El ecosistema estudiado posee alta biodiversidad y diversidad de especies, con baja dominancia de cualquier especie en particular. Estas características son deseables y sugieren que el ecosistema es robusto y saludable, con buena capacidad para resistir cambios ambientales y mantener su funcionalidad ecológica. La conservación y el manejo sostenible de este tipo de ecosistemas son cruciales para preservar su riqueza biológica y los servicios ecosistémicos que proporcionan.

Agradecimientos

Este estudio se realizó por especialistas del proyecto Gobernanza climática municipal y producción agroforestal sostenible de alimentos con bajas emisiones y adaptadas al cambio climático en Cienfuegos y Pinar del Río, Cuba (CIENPINOS), ejecutado por la Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey (EPPFIH) y el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) y financiado por la Agencia Sueca de Cooperación Internacional para el Desarrollo (ASDI).

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses entre ellos.

Contribución de los autores

- Jorge Luis Prieto-Duarte. Generación de la idea, realización de mediciones, búsqueda de información bibliográfica, redacción y revisión del manuscrito.
- Tania Sánchez-Santana. Búsqueda de información, análisis y revisión crítica del manuscrito.
- Yhosvanni Pérez-Rodríguez. Generación de la idea, búsqueda de información bibliográfica, redacción y revisión del manuscrito.
- Diadelys Carpio-Quintana. Realización de las mediciones, búsqueda de información bibliográfica, redacción y revisión del manuscrito.
- Juan Antonio Mateo-Rodríguez. Realización de las mediciones, búsqueda de información bibliográfica, redacción y revisión del manuscrito.

Referencias bibliográficas

Altieri, M. A.; Funes-Monzote, F. R. & Petersen, P. Agroecologically efficient agricultural systems for smallholder farmers: contributions to food sovereignty. *Agron. Sustain. Dev.* 32 (1):1-13, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13593-011-0065-6>.

- Altieri, M. A.; Nicholls, Clara I.; Astier, Marta; Vasquez, L.; Henao, A. & Infante, A. *Documentando la evidencia en Agroecología: Una perspectiva Latinoamericana*. Boletín Científico No. 5. Medellín, Colombia: Centro Latinoamericano de Investigaciones Agroecológicas, 2021.
- Castillo-Gallegos, E. & Jarillo-Rodríguez, J. Sistemas silvopastoriles para manejo sostenible de la alimentación de rumiantes bajo pastoreo en el trópico. *Rev. Mex. Agroecosistemas.* 8 (1):11-13. <https://revistaremaeitvo.mx/index.php/remae/article/view/222>, 2020.
- Estrada-de-los-Santos, P.; Bustillos-Cristales, R. & Caballero-Mellado, J. *Burkholderia*, a genus rich in plant-associated nitrogen fixers with wide environmental and geographic distribution. *Appl. Environ. Microbiol.* 67 (6):2790-2798, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1128/AEM.67.6.2790-2798.2001>.
- FAO. *Agroecology, sustainable agriculture, and ecological interactions*. Rome: FAO. 2018.
- FAO. *Resiliencia: mejorar la resiliencia de las personas, las comunidades y los ecosistemas es fundamental para lograr sistemas alimentarios y agrícolas sostenibles*. Roma: FAO. <https://www.fao.org/agroecology/knowledge/10-elements/balance/es/?page=6&ipp=5>, 2023.
- Ferro-Díaz, J. Manual revisado de métodos útiles en el muestreo y análisis de la vegetación. *ECOVIDA.* 5 (1):139-186. <https://revistaecovida.upr.edu.cu/index.php/ecovida/article/view/72>, 2015.
- Hernández-Jiménez, A.; Pérez-Jiménez, J. M.; Bosch-Infante, D. & Castro-Speck, N. *Clasificación de los suelos de Cuba 2015*. Mayabeque, Cuba: Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Instituto de Suelos, Ediciones INCA, 2015.
- López-López, Jacqueline L. *Estudio exploratorio del mercado lácteo caprino en Turrialba y Jiménez, Costa Rica*. Turrialba, Costa Rica: CATIE. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/12317>, 2023.
- Mayea, S.; Novo, R. & Valiño, A. *Introducción a la microbiología del suelo*. La Habana: Editorial Pueblo y Educación, 1982.
- Pacheco-Hernández, A. & Jerónimo-Hernández, Diana I. Alimentación de pequeños rumiantes en pastoreo del trópico. *Braz. J. Develop.* 9 (12):31017-31039, 2023. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv9n12-030>.
- Sandoval-Pelcastre, A. A.; Ramírez-Mella, M.; Rodríguez-Ávila, N. L. & Candelaria-Martínez, B. Árboles y arbustos tropicales con potencial para disminuir la producción de metano en rumiantes. *Trop. Subtrop. Agroecosyst.* 23:33. <https://www.revista.ccba.uady.mx/ojs/index.php/TSA/article/view/3061>, 2020.

Sierra-Reyes, Yurisandra; Dios-Martínez, Ana de & Valido-Tomes, Arelys. Análisis teórico-metodológico de la planificación territorial de la agricultura urbana. *Retos de la Dirección*. 17 (1):e23101. <https://revistas.reduc.edu.cu/index.php/retos/article/view/4416>, 2023.

Viera-González, E. Y.; Fuentes-Roque, Lennis B.; Gómez-Díaz, Dianelly; Mejías-Seibanes, L.; Sánchez-Santana, Tania & Pérez-Rodríguez, Y. Caracterización climática del circuito sur de Cumanayagua, Cienfuegos, Cuba. *Revista UGC*. 2 (3):113-123. <https://universidadugc.edu.mx/ojs/index.php/rugc/article/view/60>, 2024.