

CARACTERIZACIÓN DE LA AGROBIODIVERSIDAD EN DOS SISTEMAS PRODUCTIVOS DE CAFÉ (*COFFEA ARABICA*) EN LA CIDRA

CHARACTERIZATION OF AGROBIODIVERSITY IN TWO COFFEE (*COFFEA ARABICA*) PRODUCTION SYSTEMS IN CIDRA

Yasiel Cairo Sosa^{1*}, Mariol Morejón García², José Reinaldo Díaz Rivera³, Yoan Miguel Miranda Cruz⁴, Dagoberto Rodríguez Valdés⁵.

¹Universidad de Pinar del Río "Hermanos Saíz Montes de Oca". Facultad de Ciencias Forestales y Agropecuarias, Departamento de Agronomía de Montaña San Andrés, Pinar del Río, Cuba, CP 20100. <https://orcid.org/0009-0008-7177-0447>.

²Universidad "Hermanos Saíz Montes de Oca" de Pinar del Río, Facultad de Ciencias Forestales y Agropecuaria, CP 24100, Cuba. <https://orcid.org/0000-0002-0166-877X3>.

³Universidad de Pinar del Río "Hermanos Saíz Montes de Oca". Facultad de Ciencias Forestales y Agropecuarias, Departamento de Agronomía de Montaña San Andrés, Pinar del Río, Cuba, CP 20100 <https://orcid.org/0009-0008-0743-9003>.

⁴Centro Politécnico "Jorge Miranda Landeiro". Pinar del Río, Cuba, CP 20100. <https://orcid.org/0009-0002-3479-1229>.

⁵Universidad de Pinar del Río. Departamento de Enseñanza Media. Pinar del Río Cuba, CP20100. <https://orcid.org/0000-0001-6647-256X>.

*Autor para la correspondencia (e-mail): yasiel.cairo@upr.edu.cu.

Recibido para su publicación: 07/05/2025 - Aceptado para su publicación: 12/08/2025

Resumen

La investigación se realizó en el año 2024 en dos sistemas productivos cafetaleros (SP#1 y SP#2) en La Cidra, Valle de San Andrés. Surgió a través de la siguiente interrogante problemática ¿Cuáles son los índices de agrobiodiversidad presentes en los dos sistema productivo de café (*Coffea arabica* L.)? El objetivo principal fue caracterizar la biodiversidad agrícola en cada sistema productivo. Se utilizó la metodología para el cálculo de índices de biodiversidad agrícola (riqueza específica, equitatividad, Margalef, Shannon-Weaver y Simpson) según las recomendaciones de Moreno (2001). Los métodos incluyeron el uso del software Past 4.13, utilizando los datos de inventarios de composición y abundancia de especies cuantificadas en ambos sistemas en otras investigaciones. Los resultados para el SP#1 mostraron una riqueza de 16 especies (18.501 individuos), con índices de Equitatividad (0,349), Margalef (1,527), Shannon-Weaver (0,9675) y Simpson (0,4207) que indican la necesidad de incrementar la riqueza, estando dominado por *Coffea arabica* (54,05% de contribución). El SP#2 presentó una mayor riqueza (41 especies; 74.222 individuos) pero un desbalance extremo, con baja equitatividad (0,3943), diversidad limitada de Shannon-Weaver (1,4642) y dominancia crítica de Simpson (0,2983), donde *Phaseolus vulgaris* (44,91% de individuos) y *Coffea arabica* (26,95%) concentran el 91,9% del control comunitario. Se concluye que los hallazgos demuestran que ambos agroecosistemas poseen una biodiversidad limitada y un desbalance en la dominancia de especies. Este diagnóstico evidencia la oportunidad de implementar prácticas agroecológicas para incrementar la diversidad de especies, fortalecer la seguridad alimentaria y mejorar la sostenibilidad productiva en la zona.

Palabras claves: biodiversidad agrícola; dominancia; equitatividad; inventarios; riqueza.

Abstract

The research was conducted in 2024 in two coffee production systems (SP#1 and SP#2) in La Cidra, Valle de San Andrés. It arose from the following problematic question: What are the agrobiodiversity indices present in the two coffee (*Coffea arabica* L.) production systems? The main objective was to characterize the agricultural biodiversity in each production system. The methodology for calculating agricultural biodiversity indices (species richness, evenness, Margalef, Shannon-Weaver, and Simpson) was used according to the recommendations of Moreno (2001). The methods included the use of the software Past 4.13, utilizing data from inventories of species composition and abundance quantified in both systems in other research. The results for SP#1 showed a richness of 16 species (18,501 individuals), with evenness (0.349), Margalef (1.527), Shannon-Weaver (0.9675), and Simpson (0.4207) indices indicating a need to increase richness, as it is dominated by *Coffea arabica* (54.05% contribution). SP#2 presented a higher richness (41 species; 74,222 individuals) but an extreme imbalance, with low evenness (0.3943), limited Shannon-Weaver diversity (1.4642), and critical Simpson dominance (0.2983), where *Phaseolus vulgaris* (44.91% of individuals) and *Coffea arabica* (26.95%) concentrate 91.9% of the community control. It is concluded that the findings demonstrate that both agroecosystems possess limited biodiversity and an imbalance in species dominance. This diagnosis highlights the opportunity to implement agroecological practices to increase species diversity, strengthen food security, and improve productive sustainability in the area.

Keywords: agricultural biodiversity; dominance; evenness; inventories; richness.

INTRODUCCIÓN

La agrobiodiversidad, definida por la FAO como un componente esencial de la biodiversidad, abarca la diversidad genética, de especies y de ecosistemas en sistemas productivos, garantizando la producción de alimentos y otros productos agrícolas (BÉLANGER y PILLING, 2019). Este concepto también incluye las redes de producción, consumo, relaciones sociales e instituciones vinculadas a la gestión de recursos agrícolas, destacando el papel humano en su conservación.

Actualmente, se busca cuantificar la diversidad vegetal mediante muestreos que permiten calcular indicadores como densidad, abundancia, dominancia y frecuencia, así como índices de diversidad y similitud, útiles para evaluar el estado de conservación de la flora en un área determinada (CÉSPEDES *et al.*, 2019).

En Cuba se han realizado varios estudios con el propósito de evaluar el estado de la biodiversidad manejada por los productores, para definir nuevas estrategias ecológicas que permitan mejorarla y proponer índices que permitan evaluar la eficiencia de la agrobiodiversidad en estos sistemas (LEYVA y LORES, 2018).

La transición hacia una agricultura sostenible en Cuba debe basarse en principios agroecológicos, como señala Funes Monzote en el postulado expresado en el artículo "El secreto de la prosperidad", afirmando que "Más allá de lograr que en el campo se produzca, hay que crear condiciones para que la producción sea consecuencia del actuar de quienes viven allí?", además se puede agregar que la producción debe ser resultado del trabajo de quienes habitan y cultivan la tierra, garantizando la soberanía y seguridad alimentaria que necesita nuestro país (MARTÍN, 2019).

En los sistemas cafetaleros, la agrobiodiversidad permite obtener recursos a diferentes plazos y favorece la adaptación a condiciones ambientales adversas. La agrobiodiversidad de especies en los sistemas productivos de café permite obtener recursos a corto, mediano y largo plazo con una serie de interacciones que permite el desarrollo de estrategias morfológicas y biológicas para adaptarse a las condiciones ambientales adversas (GILLISON *et al.*, 2013).

En Cuba, numerosas fincas han implementado agroecosistemas diversificados, integrados, sustentables y manejados con recursos locales, con fuentes alternativas de energía y un mínimo uso de insumos (FUNES AGUILAR, 2016), lo que se ha convertido en una prioridad en los últimos años. Es por ello que el estudio de sistemas biodiversos y de su potencial se identifica como un aspecto necesario para una agricultura sostenible (Nova, 2016) citado por Olivera Castro *et al.* (2023). La evaluación de los índices de agrobiodiversidad servirá como elemento de aprendizaje de los productores que adquieren conocimientos acerca de cómo continuar mejorando la sostenibilidad social, económica y ambiental de sus sistemas productivos.

Este estudio también provee una herramienta científica para cuantificar y comparar objetivamente la diversidad biológica, lo que permite identificar las prácticas agrícolas que mejor conservan los ecosistemas; socialmente, este conocimiento empodera a los productores al validar sus métodos tradicionales y facilita su acceso a mercados que valoran la sostenibilidad, promoviendo así un modelo de producción rentable que beneficia tanto al agricultor como al medio ambiente.

Teniendo en cuenta lo anterior surge la siguiente interrogante problemática: ¿cuáles son los índices de agrobiodiversidad presentes en los dos sistemas productivos de café (SP#1: Yadian Toledo Remedio y SP#2: Yorkier Acosta Remedio) en la Cidra, Valle de San Andrés? El objetivo de esta investigación es caracterizar la agrobiodiversidad en ambos sistemas productivos cafetaleros, con el fin de conocer los índices de biodiversidad agrícola. Si determinamos

los índices de riqueza específica (S), Equitatividad (E), índice de riqueza de especies Margalef (IM), diversidad de especies de Shannon-Weaver (H) y el índice de dominancia de Simpson (D), estaremos en condiciones de proponer estrategias para optimizarlos, contribuyendo así a la seguridad alimentaria y la sostenibilidad productiva de la finca.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en el año 2024 en dos sistemas productos cafetaleros (Yadian Toledo Remedio y Yorkier Acosta Remedio), La Cidra, Valle de San Andrés. Este sitio se encuentra al sur del municipio La Palma en la provincia de Pinar del Río. El terreno, fue otorgado en usufructo en 2019 por la UBPC El Llano por un período de 20 años (Decreto Ley No 358/2018 “Sobre la entrega de tierras estatales ociosas en usufructo”, 2018), tuvo uso agrícola diverso antes del triunfo de la revolución. Sin embargo, a partir de 1967, con la implementación del Plan Integral San Andrés, se decidió destinar estos terrenos al cultivo del café (*Coffea arabica* L.) bajo sombra permanente proporcionada por (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp (CAIRO *et al.*, 2024).



Figura 1. Toma satelital del área de estudio (Fuente: Google Maps)
Figure 1. Satellite shot of the study area (Source: Google Maps)
Nota: las imágenes muestran los dos sistemas productivos de café evaluados: izquierda SP#1 Yadian Toledo Remedio y derecha SP#2 Yorkier Acosta Remedio.

Coordenadas de los sistemas productivos cafetaleros

Tabla 1. Coordenadas de los sistemas productivos evaluados.

Table 1. Coordinates of the evaluated productive systems.

Sistemas productivos de Café	Latitud norte (N)	Lagitud oeste (W)	Metros sobre el nivel del mar (msnm)
Yadian Toledo Remedio	22°39'54"	83°33'01"	138,07
Yorkier Acosta Remedio	22°39'43"	83°32'45"	142,27

El suelo corresponde a Ferralíticos Amarillentos Lixiviados según la clasificación de HERNÁNDEZ JIMÉNEZ *et al.* (2015), caracterizado por nódulos ferruginosos, perfil ABtC y coloración amarilla dominante con manchas rojizas ocasionales, presentando una CIC en arcilla inferior a 20 cmol kg⁻¹ (HERNÁNDEZ JIMÉNEZ *et al.*, 2019). Climáticamente, la zona registra una precipitación anual promedio de 1854 mm (74.9% en período húmedo: 1389 mm; 25.1% en seco: 465 mm), valores consistentes con los rangos isoyéticos regionales de 1600-2000 mm y 1200-1400 mm respectivamente. Las temperaturas medias anuales oscilan entre 18.2°C (mínima) y 29.67°C (máxima) (PLASENCIA *et al.*, 2020) citado por Cairo *et al.* (2024).

MÉTODOS

La metodología empleada se basó en un estudio de caso con un enfoque de sistemas como herramienta. Debido a la complejidad y particularidades de ambos agroecosistemas. Se calcularon los índices de agrobiodiversidad (riqueza específica, equitatividad, Margalef, Shannon-Weaver y Simpson) según las recomendaciones de Moreno (2001), utilizando el software Past 4.13, basándose en datos del inventario de composición y abundancia de especies obtenidos por Cairo *et al.* (2024) para el SP#1 y Cairo *et al.* (2025) en el SP#2. En los dos sistemas productivos se realizó la caracterización rápida de biodiversidad, utilizando la metodología propuesta por Vázquez y Matienzo, (2013), la cual permite clasificar la complejidad del sistema productivo, se realizó a nivel del sistema de producción cafetalero o finca. Se evaluaron la biodiversidad productiva, auxiliar, asociada, introducida y nociva en ambos sistemas de producción para analizar su comportamiento. Se tomaron en cuenta 23 indicadores que se proponen como componentes de esta biodiversidad en la finca, aunque en la práctica agraria pueden incorporarse otros.

Índices de agrobiodiversidad evaluados

1. Índice de equitatividad de Pielou (J): El índice de equitatividad de Pielou (J) Proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada.

$$J' = H' / H'max$$

Dónde: $H'max = \ln(S)$

2. Índice de Shannon-Weaver permite conocer la heterogeneidad de una comunidad con base en dos factores: el número de especies presentes y su abundancia relativa (GONZÁLEZ *et al.*, 2018), así:

Incluye número de especies agrícola o pecuario y la total del sistema

$$H = \sum p_i \ln(p_i)$$

Donde:

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.

$$p_i = \frac{n_i}{N}$$

Donde: n_i = número total de individuos y N = número total de la suma de todos los individuos de todas las especies.

3. Índice de dominancia de Simpson enfatiza en las especies más comunes o aquellas que están mejor representadas (dominan) en el área de muestreo, y representa la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie (GONZÁLEZ *et al.*, 2018):

$$D = \sum \frac{n(n-1)}{N(N-1)}$$

Donde:

p_i = Abundancia proporcional

n_i = Número de individuos de la misma especie

N = Número de individuos totales

4. Índice de Margalef (Mg) estima la diversidad teniendo en cuenta la riqueza de las especies en una comunidad. Es una medida utilizada en ecología para estimar la biodiversidad de una comunidad con base en la distribución numérica de los individuos de las diferentes especies en función del número de individuos existentes en la muestra analizada. Incluye especies de cultivos, árboles y animales domésticos.

$$IM = (S - 1)/LnN$$

Donde:

S= Número total de especies

N= Número total de individuos de todas las especies, incluye animales, cultivos, frutales y forestales.

Para la interpretación de los índices de biodiversidad se siguieron los siguientes criterios:

- Índice de Margalef (IM): Valores inferiores a 2,0 son considerados como relacionados con zonas de baja biodiversidad (en general resultado de efectos antropogénicos) y valores superiores a 5,0 son considerados como indicativos de alta biodiversidad (MARGALEF, 2002).
- Índice de diversidad de Shannon-Weaner (H): su valor se encuentra entre 1,5 y 3,5 difícilmente sobrepasa el valor de 4,5 (CAMPO y DUVAL, 2014).
- Índice de Simpson: Manifiesta la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie (MORENO, 2001).
- Índice de equitatividad de Pielou (J): su valor va de 0 a 0,1, de forma que 0,1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundante (MORENO, 2001).

Las siguientes tablas (1, 2 y 3) muestran las especies, familias e individuos de cultivos, animales y árboles para la evaluación de los índices de biodiversidad agrícola presentes en el sistema productivo cafetalero DEL PRODUCTOR Yadian Toledo Remedio (SP#1).

Tabla 1. Cultivos presentes en el sistema productivo de *Coffea arabica*.

Table 1. Crops present in the *Coffea arabica* production system.

Árboles y plantas	Nombre científico	Familia	Especies	Número de individuos	Ha
Yuca	<i>Manihot esculenta</i> Crantz	Euphorbiaceae	1	6250	0.5
Café	<i>Coffea arabica</i> L.	Rubiaceae	1	10000	2.0
Total		2	2	16250	2.5

Tabla 2. Animales presentes en el sistema productivo de *Coffea arabica*.

Table 2. Animals present in the *Coffea arabica* production system.

Animales	Nombre científico	Familias	Especies	Número de individuos
Cerdos	<i>Sus scrofa domestica</i> L.	Suidae	1	1
Galllos y gallinas criollas	<i>Gallus gallus domesticus</i> L.	Phasianidae	1	5
Caballo	<i>Equus ferus caballus</i> L.	Equidae	1	1
Total	3		3	7

Tabla 3. Árboles presentes en el sistema productivo de *Coffea arabica*.

Table 3. Trees present in the *Coffea arabica* production system.

Árboles	Nombre científico	Familias	Número de individuos	Especies
Almácigo	<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sargent.	Burseraceae	2	1
Piñón florido	<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Kunth. y Walp	Fabaceae	2222	3
Leucaena	<i>Leucaena leucocephala</i> L.	Fabaceae	4	
Algarrobo	<i>Ceratonia siliqua</i> L.	Fabaceae	5	
Aguacate	<i>Persea americana</i> L.	Lauraceae	1	1
Caoba	<i>Swietenia mahagoni</i> (L.) Jacq.	Meliaceae	1	2
Yamoa	<i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer	Meliaceae	2	
Guayaba	<i>Psidium guajava</i> L.	Myrtaceae	2	1
Naranja agria	<i>Citrus aurantium</i> L.	Rutaceae	1	1
Guácima	<i>Guazuma ulmifolia</i> L.	Sterculiaceae	3	1
Guanábana	<i>Annona muricata</i> L.	Annonaceae Juss	1	1
Total		8	2244	11

Las siguientes tablas (4, 5 y 6) muestran las especies, familias e individuos de cultivos, animales y árboles para la evaluación de los índices de biodiversidad agrícola presentes en el sistema productivo cafetalero del productor Yorkier Acosta Remedio (SP#2).

Tabla 4. Cultivos presentes en el sistema productivo de *Coffea arabica*.

Table 4. Crops present in the *Coffea arabica* production system.

Nombre común	Nombre científico	Familia	Especie	Número de individuos	Ha
Maíz	<i>Zea Mays</i> L.	Poaceae	1	3704	
Frijol	<i>Phaseolus vulgaris</i> L.	Fabaceae	1	33333	0.30
Ajo	<i>Allium sativum</i> L.	Liliaceae	1	400	0.01
Tomate	<i>Lycopersicon esculentum</i> L.	Solanaceae	1	2540	0.08
Pepino	<i>Cucumis sativus</i> L.	Cucurbitaceae	1	83	0.04
Boniato	<i>Ipomoea batatas</i> L.	Convolvulaceae	1	9583	0.23
Café	<i>Coffea arabica</i> L.	Rubiaceae	1	20000	4.0
Total		7	7	69643	4.66

Tabla 5. Animales presentes en el sistema productivo de *Coffea arabica*.

Table 5. Animals present in the *Coffea arabica* production system.

Animales	Nombre científico	Familias	Especies	Número de individuos
Cerdos	<i>Sus scrofa domestica</i> L.	Suidae	1	2
Gallos y gallinas criollas	<i>Gallus gallus domesticus</i> L.	Phasianidae	1	12
Carneros	<i>Ovis aries</i> L.p	Bovidae	3	4
Chivos	<i>Capra aegagrus hircus</i>	Bovidae		2
Bueyes	<i>Bosprimigenius taurus</i> L.	Bovidae		2
Caballo	<i>Equus ferus caballus</i> L.	Equidae	1	1

Total	4	6	23
-------	---	---	----

Tabla 6. Árboles presentes en el sistema productivo de *Coffea arabica*.

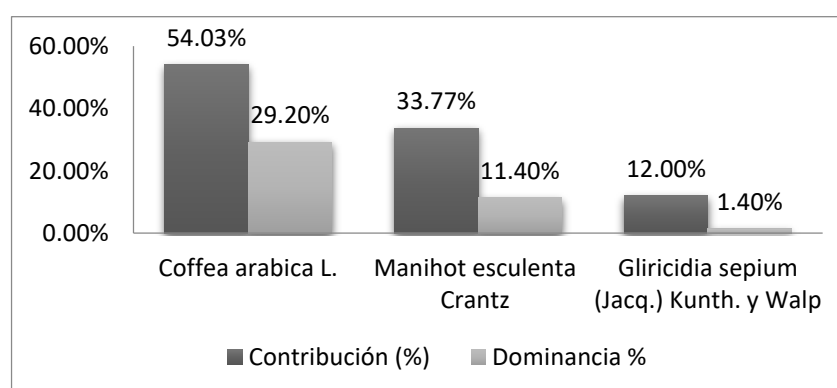
Table 6. Trees present in the *Coffea arabica* production system.

Árboles	Nombre científico	Familias	Especies	Número de individuos
Maguey	<i>Agave tubulata</i> L.	Agavaceae	1	2
Mango	<i>Mangifera indica</i> L.	Anacardiaceae	1	1
Palma real	<i>Roystonea regia</i> (H.B.K.) O.F. Kooc.	Arecaceae	2	5
Coco	<i>Cocos nucifera</i> L.	Arecaceae		1
Ceibón	<i>Bombacopsis cubensis</i> Robyns	Bombacaceae	1	9
Almácigo	<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sargent.	Burseraceae	1	4
Palo de vaca	<i>Maytenus buxifolia</i> (A.Rich) Griseb	Celastraceae	1	6
Yagrumo hembra	<i>Cecropia schreberiana</i> L.	Cecropiaceae	1	5
Huesito	<i>Erythroxylon areolatum</i> L.	Erythroxylaceae	1	2
Amansa guapo	<i>Savia sesiliflora</i> (Sw.) Willd.	Euphorbiaceae	1	8
Tamarindo	<i>Tamarindus indica</i> L.	Fabaceae	4	3
Piñón florido	<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Kunth. y Walp	Fabaceae		4444
Leucaena	<i>Leucaena leucocephala</i>	Fabaceae		3
Algarrobo	<i>Ceratonia siliqua</i>	Fabaceae		7
Aguacate	<i>Persea americana</i> L.	Lauraceae	1	4
Caoba	<i>Swietenia mahagoni</i> (L.) Jacq.	Meliaceae	3	2
Yamao	<i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer	Meliaceae		6
Cedro	<i>Cedrela odorata</i> L.	Meliaceae		2
Higuera	<i>Ficus crassinervia</i> Willd.	Moraceae	2	2
Jaguey	<i>Ficus laevigata</i> Vahl	Moraceae		4
Guayaba	<i>Psidium guajava</i> L.	Myrtaceae	2	1
Guayabo	<i>Psidium rotundatum</i> Griseb	Myrtaceae		5
Jagüilla	<i>Guetarda calyptrapa</i> A Rich.	Rubiaceae	1	6
Bonita de sierra	<i>Spathelia brittonii</i> P.Wilson	Rutaceae	3	7
Naranja agria	<i>Citrus aurantium</i> L.	Rutaceae		2
Ayúa	<i>Zantoxylum martinicense</i> (Lam.) DC.	Rutaceae		5
Jaboncillo	<i>Sapindus saponaria</i> L.	Sapindaceae	1	2
Guácima	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Sterculiaceae	1	8
Total	18		28	4556

RESULTADOS

El sistema productivo de café SP#1 arrojó una riqueza de 16 especies vegetales y animales, y la riqueza específica de la finca alcanzó un valor de 18501 individuos. El índice de Equitatividad alcanzó un valor de 0,349 y según Moreno (2001) este índice debe encontrarse entre cero y uno (0-1), mientras más cercano este el valor de uno mejor estarán repartidas las especies, por lo que podemos afirmar que todas las especies no tienen la misma cantidad de individuos. Mientras que el SP#2 se evaluaron 74,222 individuos, pertenecientes a 41 especies de 29 familias, donde el índice de Equitatividad obtuvo un valor de 0.3943 mostrando que tanto la fauna como la flora participan en la producción del sistema. El valor obtenido señala la necesidad de aumentar los individuos de las especies menos abundantes para lograr una mejor distribución. Al acercarse a 1 sugiere que el ecosistema está próximo a su máxima diversidad potencial, lo que implica oportunidades para diversificar la producción no solo añadiendo especies, sino también equilibrando la producción entre todas ellas. Esta muestra es superior en cuanto al número de individuos y al número de especies y familias evaluadas en el SP#1, mayor al número de individuos y menor al número de especies y familias que las analizadas por Ravelo *et al.* (2020) quien cuantificó 2490 individuos, 73 especies y 35 familias en un estudio de la vegetación de mogote en el Valle de San Andrés, La Palma, Pinar del Río.

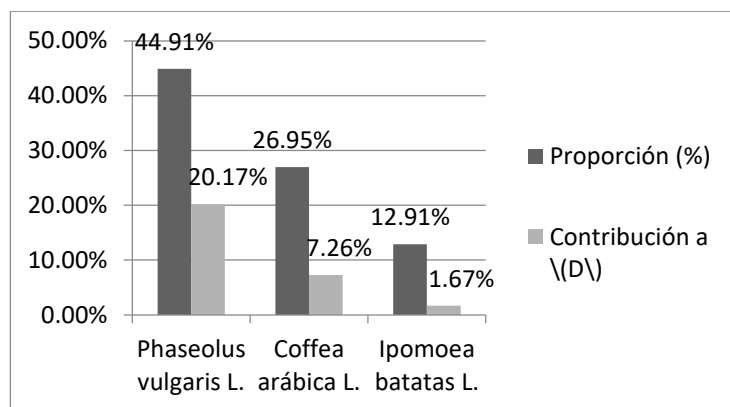
También se obtuvieron valores en el SP#1 de 1.527, 0.9675, y 0.4207 para los Índices de diversidad de Margalef, de Shannon-Weaver y Simpson (D), respectivamente, valores todos que indican la necesidad de incrementar la riqueza de especies. Mejores resultados fueron obtenidos en el SP#2 con 3.56 para el índice de diversidad de Margalef lo que confirma una diversidad de especies numerosa y variada. Estos resultados, con un valor inferior a cinco pero superior a dos, se consideran aceptables, aunque son menores que los obtenidos por Milián García *et al.*, (2018) en la finca agroecológica La Paulina del municipio de Perico, Cuba., 1.4642 de diversidad Shannon-Weaver evidencia la influencia del manejo sobre la diversidad y revela una distribución desigual de las especies, es decir, falta de equidad en su representación. Este tipo de diversidad, denominada heterogeneidad de especies (MORENO, 2001), es un rasgo estructural que diferencia a las comunidades, la baja diversidad medida por Shannon se atribuyó, en parte, a la marcada abundancia de ciertas especies (*Phaseolus vulgaris* L., *Coffea arabica* L., *Ipomoea batatas* L., *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp, *Zea mays* L., *Lycopersicon esculentum* L., *Allium sativum* L., *Cucumis sativus* L. y *Gallus gallus domesticus*) en comparación con otros grupos donde cada especie contaba con menos de 10 individuos y el índice de Simpson (D) obtuvo un resultado de 0.2983, indica que existe dominancia significativa de especies. Las gráficas 1 y 2 muestran las especies dominantes evaluados en cada sistema productivo de *Coffea arabica*.



Gráfica 1. Especies dominantes evaluados en el sistema productivo de *Coffea arabica* (SP#1).

Graph 1. Dominant species evaluated in the *Coffea arabica* production system SP#1).

Las especies más dominantes en el SP#1 fueron los cultivos de *Coffea arabica* con un 54.05 % de contribución y 29.2% de dominancia con respecto al total de especies cuantificadas, en segundo lugar *Manihot esculenta* con el 33.78 % de contribución y 11.4 % de dominancia y en tercer lugar la especie leñosa de *Gliricidia sepium* con 12.01% de contribución y 1.4% de dominancia con respecto al total de especies cuantificadas. En total se registraron 13 especies con abundancias menores o iguales a cinco, las menos representadas fueron *Annona muricata*, *Citrus aurantium*, *Equus ferus caballus*, *Sus scrofa domestica* y *Swietenia mahagoni* con un individuo por cada una de las especies.



Gráfica 2. Especies dominantes evaluados en el sistema productivo de *Coffea arabica* (SP#2).

Graph 2. Dominant species evaluated in the *Coffea arabica* production system (SP#2).

Las especies más dominantes en el SP#2 fueron (*Phaseolus vulgaris*, concentra el 44.91% de los individuos y contribuye en 67.6% al índice de dominancia de Simpson, *Coffea arabica*, actúa como especie co-dominante representa el 26.95% de individuos y contribuye al 24.3% de dominancia de Simpson, pero no anula la supremacía numérica de *Phaseolus vulgaris*). Las otras 39 especies son subdominantes, ninguna supera el 6% de abundancia.

DISCUSIÓN

En el SP#1 se encontró que la riqueza específica fue de 16 especies y en el SP#2 de 41 especies lo cual se corresponde con el número total de especies cuantificadas (MORENO, 2001).

El índice de equitatividad obtenido en ambos sistemas productivos de café (*Coffea arabica* L.) confirma una distribución desigual, donde pocas especies concentran la mayoría de los individuos, también señala la necesidad de aumentar los individuos de las especies menos abundantes para lograr una mejor distribución. Resultados superiores obtuvieron Hernández Chávez *et al.* (2019) al evaluar la biodiversidad y abundancia de la macrofauna edáfica en dos sistemas ganaderos en Sancti Spiritus, donde los valores medios de diversidad mostraron que la comunidad de la macrofauna del sistema silvopastoril es más diversa y uniforme que en el sistema de pastizal (0.81 sistema silvopastoril y 0.76 sistema de pastizal).

Respecto al Índice de diversidad de Margalef, que muestra la biodiversidad de los agroecosistemas, indicador importante y necesario para avanzar por el camino de la sostenibilidad agroecológica (transición) hacia una agricultura sostenible (FUNES y VÁZQUEZ, 2016). El valor obtenido en el SP#1 indica que se debe incrementar la riqueza de especies ya que este indicador tiene en cuenta el número de especies y el número total de individuos, y alcanza valores más elevados mientras más especies e individuos haya en el mismo. Al obtener un valor inferior a 2,0 es considerado como zona de baja biodiversidad (MARGALEF, 2002). Mientras que en el SP#2 se obtuvo un mejor resultado ya que

el indicador de especies arbóreas mostró un notable enriquecimiento, se consideraron las especies presentes en el ecótopo base de un mogote ubicado en el área de estudio (CAIRO *et al.*, 2025). Estos resultados fueron inferiores a los obtenidos por Olivera Castro *et al.* (2023) valores que se incrementaron con los años de estudio (2017, 2018, 2019) favorecido por la implementación de un grupo de prácticas, como rotación de cultivos, asociación de cultivos, intercalamientos de cultivos, empleo de fertilización orgánica, uso de barreras vivas, utilización de la diversificación de especies, variedades y cultivares vegetales, reciclaje de residuos de cosecha, fomento de áreas de sistema silvopastoril con acuartonamiento y delimitación con cercas vivas; además de la combinación de leguminosas y gramíneas para la alimentación del ganado y la siembra de árboles frutales y maderables. López Hernández *et al.* (2017) determinaron la composición y la diversidad de especies de árboles en México, y obtuvieron valores inferiores de riqueza de especies (1,35) con respecto a los hallados en esta investigación.

Con relación a la diversidad de especies (índice de Shannon) utilizado para medir la biodiversidad específica, expresándose con un número positivo, que puede variar entre 0,5 y cinco, aunque su valor normal está entre dos y tres; valores inferiores a dos se consideran bajos en diversidad y superiores a tres son altos; respecto a esto el valor obtenido en el SP#1 indica que la diversidad es baja, mientras que el resultado obtenido por el SP#2 a pesar de ser mayor que el SP#1 corrobora la baja heterogeneidad, atribuible al desbalance entre especies hiperabundantes y especies subdominantes (<6% de abundancia cada una), en este sentido Blanco *et al.* (2014), obtuvo resultados superiores en sus fincas evaluadas (1.6 y 2.16), planteando que este problema está relacionado con el propósito productivo fundamental de la finca que es la producción de leche, por lo que es necesario enfocarse en función de diversificar el agroecosistema con prácticas agroecológicas que permitan alcanzar valores medios de agrobiodiversidad de especies (CASIMIRO, 2016) y (RODRÍGUEZ *et al.*, 2017). Pese a ello, la presencia de 41 especies en el SP#2 sugiere una base para la transición hacia policultivos más equilibrados. Casimiro (2016) y Rodríguez *et al.* (2017) recomiendan que es necesario trabajar en función de diversificar el agroecosistema con prácticas agroecológicas que permitan alcanzar valores medios de agrobiodiversidad de especies. Hallazgos similares fueron reportados por Rivero *et al.* (2020) en estudios sobre factores sociales que impactan la diversidad arbórea en la parte alta de la cuenca del río San Diego.

Cairo *et al.* (2024) considera que el SP#1 evaluado se centra únicamente en el producto comercial (*Coffea arabica* L.) sin considerar la diversificación de cultivos para el consumo y venta en el hogar ya que solamente se cultiva yuca (*Manihot esculenta* Cratz) con este propósito. Es crucial promover la diversificación de la producción de manera que no dependa el productor únicamente de los productos comerciales, sino que también cultiven variedades de alimentos para el consumo y venta local. Esto les brindará mayor seguridad alimentaria y resiliencia ante las variaciones del mercado.

A través del índice de Simpson en el SP#1 se resalta la dominancia de unas cuantas especies en la estructura de la comunidad, es decir que en este sistema productivo cafetalero existe una probabilidad de un 42.07 % de que dos individuos tomados al azar sean de la misma especie; que en este caso serían las especies más abundantes. Valores superiores fueron obtenidos por Salazar Villarreal *et al.* (2019), en fincas campesinas de dos municipios del Valle del Cauca, Colombia, donde obtuvo valores en las fincas de los dos municipios cercanos a 1, es decir, no hay especies dominantes. Esto se corrobora con los valores cercanos a 0 obtenidos para el índice de dominancia de los dos municipios, mostrando que no existen especies dominantes en las fincas evaluadas y por lo tanto hay una distribución equitativa de las especies y variedades dentro de cada especie. Mientras que en el SP# 2 la dominancia de *Phaseolus vulgaris* (44.91% de individuos) y *Coffea arabica* (26.95%) juntas contribuyen al 91.9% del índice de Simpson, limita la

resiliencia ante perturbaciones. Esta tendencia coincide con resultados similares de López *et al.* (2013) al evaluar la influencia del incremento de la biodiversidad agrícola en la sostenibilidad de una finca cafetalera del macizo Guamuhaya, estos autores obtuvieron una dominancia con un valor de 0.21.

Los árboles también benefician el ecosistema, ya que son mejoradores del entorno y de la calidad física, química y biológica de los suelos. Además, incrementan el contenido de la materia orgánica, se pueden usar como cercas vivas, brindan sombra, aportan fruto, reciclan nutrientes, abaratan el costo de los productos en los mercados, protegen el potencial hídrico del lugar, sirven de hábitat a la fauna silvestre y proveen bienes y servicios beneficiosos para la población humana (POZO, 2019); (AMAYA ROMERO y GUTIÉRREZ CASTRO, 2020). En este sentido en los dos sistemas productivos los incrementos de individuos de frutales y especies maderables menos representadas como (frutales: *Psidium guajava*, *Citrus aurantium*, *Mangifera indica*, *Cocos nucifera* y maderables: *Swietenia mahagoni* y *Cedrela odorata*) dentro de los sistema productivo equilibraría los índices de biodiversidad ya que estas son las especies de menor dominancia. Pueden emplearse como cercas vivas perimetrales o como sistemas de sombra del café. Reducir la densidad de *Gliricidia sepium* como sistema de sombra intercalando estos frutales equilibraría sus índices. También incorporar otras especies de frutales especialmente *Mussa spp*, ya que estudios realizados en México demuestran que este cultivo representa una excelente alternativa de producción en asociación con el café, ya que permite un mejor y mayor aprovechamiento del recurso suelo, sin degradarlo. Además mejora la calidad del cafeto debido a la sombra que le proporciona, dicha asociación trae también otros beneficios al productor, como son: la generación de recursos económicos extras provenientes de la venta del plátano, generación de empleo para las familias cafetaleras y disponibilidad de otro producto en la dieta alimenticia familiar (LANDEROS SÁNCHEZ *et al.*, 2011) citado por Gabriel Hernández y Barradas (2024). Las especies maderables antes mencionadas pueden utilizarse como un límite, la cual se la puede establecer con la siembra de árboles o arbustos, a una distancia corta donde se puede colocar hilos de alambre con el fin de regular el paso de animales o personas, sus ventajas aparte de ser un límite nos ayuda a ser cortinas rompe vientos que ayudan a minimizar el estrés a nuestro animal o minimiza la propagación de plagas y enfermedades. El uso de árboles y arbustos a nivel del suelo contribuyen a minimizar la erosión enriquecen el suelo a nivel de estructura y nutrición (FAO, 2018).

En el SP #2 la asociación y el intercalamiento de cultivos son prácticas agroecológicas clave, donde *Phaseolus vulgaris* es la especie dominante al cultivarse junto a *Zea mays*. Para equilibrar esta dominancia, el productor puede incluir otros cultivos como *Lycopersicon esculentum*, *Cucumis sativus* e *Ipomoea batatas*. Según Altieri *et al.* (2021), los diseños agroecológicos mejoran la resiliencia climática y permiten una producción sostenible sin insumos químicos. Una revisión sistemática de 115 estudios confirmó que la diversificación agrícola especialmente mediante policultivos y sistemas agroforestales es el enfoque con mayor respaldo científico para la adaptación climática. Aunque los efectos en mitigación son limitados, la agroforestería destaca por su capacidad de secuestrar carbono en suelos y biomasa.

CONCLUSIONES

- Los índices de agrobiodiversidad en el SP#1 mostraron valores de Margalef (1.527), Shannon-Weaver (0.9675) y Simpson (0.4207), indicando una baja diversidad y una distribución desigual de las especies, respaldado además por un índice de equitatividad de 0.349, lo que confirma la predominancia de ciertas especies sobre otras.
- En el SP#2 los índices de biodiversidad agrícola evaluados revelan un sistema productivamente frágil por su desbalance extremo, pero corregible mediante manejo agroecológico basado en los resultados numéricos

obtenidos, riqueza específica ($S=41$), equitatividad ($E= 0.3943$), Margalef ($IM= 3.56$), diversidad de Shannon-Weaver ($H=1.4642$) y dominancia de Simpson (D) de 0.2983.

- Los hallazgos demuestran que los agroecosistemas evaluados poseen una biodiversidad limitada, lo que permite implementar prácticas agroecológicas que contribuyan a incrementar la diversidad de especies y de esta manera fortalecer la seguridad alimentaria y la sostenibilidad productiva.

ÉTICA Y CONFLICTO DE INTERESES

Las personas autores del manuscrito en cuestión, declaran que han cumplido totalmente con todos los requisitos éticos y legales pertinentes, tanto durante el estudio como en la producción del manuscrito; que no hay conflictos de intereses de ningún tipo; que todas las fuentes financieras que se mencionan completa y claramente en la sección de agradecimientos; y que están totalmente de acuerdo con la versión final editada del artículo.

REFERENCIAS

- Altieri, M. A. y Nicholls, C. I., (2013). Agroecología y resiliencia al cambio climático: Principios y Consideraciones metodológicas. En: M. A. Altieri, C. I. Nicholls y L. R. Ríos, edits. Agroecología y cambio climático: Metodologías para evaluar la resiliencia socioecológica en comunidades rurales. Medellín: SOCLA. 7-20.
- Altieri, M., Nicholls, C., Astier, M., Vasquez, L., Henao, A., Infante, A. (2021). Documentando la evidencia en Agroecología: Una perspectiva Latinoamericana. Centro Latinoamericano de Investigaciones Agroecológicas. Boletín Científico 5, 1-82. <https://www.researchgate.net/publication/354378798>.
- Amaya Romero, Y. R. y Gutiérrez Castro, N. H. (2020). Adaptación al cambio climático estimando la captura de carbono en la cobertura vegetal de árboles frutales, en la finca Buenos Aires, Vereda La Mojarra, municipio de Los Santos, Santander. Bucaramanga, Colombia: Unidades Tecnológicas de Santander. <http://repositorio.uts.edu.co:8080/xmlui/handle/123456789/2225>
- Blanco, D., Suárez, Funes Monzote, F. R., Boillat, S, Martín, G., y Fonte, L. (2014). Procedimiento integral para contribuir a la transición de fincas agropecuarias a agroenergéticas sostenibles en Cuba. Pastos y Forrajes. 37 (3), 284-290.
- Bélanger, J. y Pilling, D. (2019). The state of the world's biodiversity for food and agriculture. FAO. <https://www.fao.org/3/CA3129E/CA3129EN.pdf>
- Cairo Sosa, Y., Díaz Rivera, J. R., Gallardo Rodríguez, R., Crespo Palomino, Y., y Hernández Sosa, Y. (2025). Evaluación de la biodiversidad en una finca cafetalera en la Cidra, Valle de San Andrés. XIII Simposio Internacional sobre Manejo Sostenible de los Recursos Forestales (SIMFOR). Medio Ambiente, Sostenibilidad y Salud Forestal. ISBN 978-959-85011-4-4.
- Cairo Sosa, Y., Gallardo Rodríguez, R., Crespo Palomino, Y., Díaz Rivera, J. R. y Hernández Sosa, Y. (2024). Caracterización rápida de biodiversidad de una finca cafetalera en La Cidra, Valle de San Andrés. 14 (3), 190-199.
- Campo, A. M. y Duval, V. S. (2014). Diversidad y valor de importancia para la conservación de la vegetación natural. Parque Nacional Lihué Cael (Argentina). Anales de Geografía de la Universidad Complutense. 34 (2), 1-25.

- Casimiro, L. (2016). Necesidad de una transición agroecológica en Cuba, perspectivas y retos. Pastos y Forrajes. 39 (3): 81-91.
- Céspedes, J. L., Jiménez, M. y Estévez, M. R. (2019). Diversidad de especies vegetales en seis fincas del municipio Minas, Camagüey, Cuba. Agrisost. 25 (1), e2724. <https://revistas.reduc.edu.cu/index/agrisost>.
- Decreto-Ley No. 358 de 2018. Sobre la entrega de tierras estatales ociosas en usufructo. 7 de agosto de 2018. GOC2018-504-EX39.
- Dussi, M., Flores, L. y Fernández, C. (2015). Aplicación de principios ecológicos en el estudio de agroecosistemas frutícolas. Memorias del V Congreso Latinoamericano de Agroecología. A1-153.
- FAO, (2018). Guía de buenas prácticas para la gestión y uso sostenible de los suelos en áreas rurales. 1-144p. <https://www.fao.org/3/i8864es/I8864ES.pdf>
- Funes-Aguilar, F. (2016). Actualidad de la agroecología en Cuba. En: F. Funes-Aguilar y L. L. Vázquez-Moreno, eds. Avances de la Agroecología en Cuba. Matanzas, Cuba. EEPF Indio Hatuey. 19-46.
- Funes, F. y Vázquez, L. (2016). Avances de la agroecología en Cuba. Editora Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey. Matanzas, Cuba. 1era edición. 58p.
- Gillison, A. N., Bignell, D. E., Brewer, K. R., Fernandes, E. C., Jones, D. T., Sheil, D. y Nunes, P. C. (2013). Plant functional types and traits as biodiversity indicators for tropical forests: two biogeographically separated case studies including birds, mammals and termites. Biodiversity and Conservation. 22(9), 1909-1930. <http://doi.org/10.1007/s10531-013-0517-1>.
- González, R., Treviño, E. J., González, M. A., Duque, Á., Gómez C, M. y Bautista Cruz, A. (2018). Diversidad y estructura arbórea en un bosque de *Abies vejarii* Martínez en el sur del estado de Nuevo León. Revista mexicana de ciencias forestales, 9(45), 36-65. <http://doi.org/10.29298/rmcf.v9i45.142>.
- Gabriel Hernández, L. y Barradas, V. L. (2024). Panorama of Coffee Cultivation in the Central Zone of Veracruz State, Mexico: Identification of Main Stressors and Challenges to Face. Sustainability, 16 (802), 1-26. <https://doi.org/10.3390/su16020802>
- Hernández Chávez, M. B., Ramírez Suárez, W. M., Zurita Rodríguez, A. B. y Navarro Boulandi, M. (2020). Biodiversidad y abundancia de la macrofauna edáfica en dos sistemas ganaderos en Sancti Spíritus, Cuba. Pastos y Forrajes. 43 (1), 18-25.
- Hernández Jiménez, A., Pérez Jiménez, J. J., Bosch Infante, D., y Castro Speck, N. (2015). Clasificación de los suelos de Cuba 2015. Mayabeque, Cuba: Ediciones INCA. ISBN: 978-959- 7023-77-7. 91 p.
- Hernández Jiménez, A., Pérez Jiménez, J. M., Bosch Infante, D. y Castro Speck, N. (2019). La clasificación de suelos de Cuba: énfasis en la versión de 2015. Ediciones INCA. Revista Cultivos Tropicales, 40 (1), a15-e15.
- Landeros Sánchez, C., Moreno Secaña, J.C., Escamilla Prado, E., Ruiz Bello, R. (2011). Diversificación de cultivos. In La Biodiversidad en Veracruz. CONABIO: Tlalpan, Mexico. 1, 1-14. https://www.researchgate.net/profile/CesareoLanderosSanchez/publication/280319363_Diversificacion_de_los_cultivos/links/55b2873208aec0e5f431cf2b/Diversificacion-de-los-cultivos.pdf

- Leyva, Á. y Lores, A. (2018). Assessing agroecosystem sustainability in Cuba: A new agrobiodiversity index. *Elem. Sci Anth.* 6(1), 80. doi: <http://doi.org/10.1525/elementa.336>
- López, R. R. P., Ortiz, R. S. y Castro, A. S. (2013). Influencia del incremento de la biodiversidad agrícola en la sostenibilidad de una finca cafetalera del macizo Guamuha. *Revista Científica Agroecosistemas.* 1(1)
- López Hernández, J. A., Aguirre Calderón, Ó. A., Alanís Rodríguez, E., Monarrez González, J. C., González Tagle, M. A. y Jiménez Pérez, J. (2017). Composición y diversidad de especies forestales en bosques templados de Puebla, México. *Madera y bosques.* 23 (1):39-51. DOI: <https://doi.org/10.21829/myb.2017.2311518>
- Margalef, R. (2002). Diversidad y biodiversidad. En: A. Bonet, ed. *Gestión de espacios protegidos.* Alicante. España: Universidad de Alicante, Departamento de Ecología.
- Martín, M. (2019). El secreto de la prosperidad. *Juventud Rebelde.* 21, 8.
- Milián García, I., Sánchez Cárdenas, S., Wencomo Cárdenas, H. B., Ramírez Suárez, W. M. y Navarro Boulandier, M. (2018). Estudio de los componentes de la biodiversidad en la finca agroecológica La Paulina del municipio de Perico, Cuba. *Pastos y Forrajes,* 41 (1), 50-55.
- Moreno, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. *M&T–Manuales y Tesis SEA,* Zaragoza. 1, 1-84.
- Olivera Castro, Y., Núñez García, N, F. y Ramírez Suárez, W. M. (2023). Determinación de la biodiversidad y evolución de la complejidad en la finca "La Palma" del municipio de Perico. *Pastos y Forrajes.* 46,e03.
- Plasencia, T. A., Herrero, J. A., Renda, A., Zaldívar, A. y Escarré, A. (2020). Estación Hidrológico Forestal "Amistad" Antecedentes. Principales Resultados y Perspectivas. Editorial [researchgate.](https://www.researchgate.net/publication/345313145) <https://www.researchgate.net/publication/345313145>.
- Pozo, P. P. (2019). Los sistemas silvopastoriles. Una alternativa para el manejo ecológico de los pastizales: Experiencias de su aplicación en Cuba. *Cadernos de Agroecología.* 14 (2). <http://cadernos.aba-agroecologia.org.br/index.php/cadernos/article/view/2539>.
- Rivero Arteaga, A., Valdés Hernández, L., Valdés Corrales, R. J., y Sarmiento Cruz, A. A. (2020). Problemas sociales que afectan la diversidad arbórea en la parte alta de la cuenca del río "San Diego". *Revista ECOVIDA.* 10 (1), 109-120.
- Rodríguez Izquierdo, L., Rodríguez Jiménez, S.L., Macías Figueroa, O.L., Benavides Martell, B., Amaya Martínez, O., Perdomo-Pujol, R., Pardo-Mesa, R., y Miyares Rodríguez, Y. (2017). Evaluación de la producción de alimentos y energía en fincas agropecuarias de la provincia Matanzas, Cuba. *Pastos y Forrajes.* 4 (3), 222-229.
- Salazar Villarreal, M. C., Vallejo Cabrera, F. A., Salazar Villarreal, F. A. (2019). Inventarios e índices de diversidad agrícola en fincas campesinas de dos municipios del Valle del Cauca, Colombia. *Revista Ciencias Agrárias.* 15(2), 264-274. <http://dx.doi.org/10.18041/1900-3803/entramado.2.5744>