

Índices ecológicos de la macrofauna edáfica en cinco de pastizales de la provincia Granma, Cuba**Ecological indices of the edaphic macrofauna in five grasslands of Granma province, Cuba**

Licet Chávez-Suárez¹ <https://orcid.org/0000-0002-7837-2168>, Idalmis Rodríguez-García² <https://orcid.org/0000-0001-5897-5431> y Alexander Álvarez-Fonseca¹ <https://orcid.org/0000-0002-5218-445X>

¹Instituto de Investigaciones Agropecuarias Jorge Dimitrov. Carretera vía Manzanillo km 16 ½, Peralejo, Bayamo, Granma, Cuba. ²Instituto de Ciencia Animal, Mayabeque, Cuba. Correo electrónico: licet@dimitrov.cu, idalmisdoloresrodriguezgarcia@gmail.com, alexanderf@dimitrov.cu

Resumen

Objetivo: Determinar los índices ecológicos de la macrofauna edáfica en cinco agroecosistemas de pastizales de la provincia Granma, Cuba.

Materiales y Métodos: Los muestreos se realizaron dos veces al año: período lluvioso y poco lluvioso, de julio de 2014 a marzo de 2017. La macrofauna edáfica se colectó según la metodología propuesta por el programa *Tropical Soil Biology and Fertility* (TSBF). Se calcularon los índices ecológicos riqueza de especies, índice de diversidad de Shannon-Weiner (H'), índice de Simpson (λ), índice de dominancia de Berger-Parker (d) y coeficiente comunitario.

Resultados: La riqueza de unidades taxonómicas fue variable en los períodos y agroecosistemas evaluados. En todos los agroecosistemas, el orden con mayor número de unidades taxonómicas fue Hymenoptera con 12 unidades en la Estación de Pastos. Le siguió El Triángulo y Ojo de agua, con 11 y 10, respectivamente. No fue posible establecer el patrón de la abundancia de la macrofauna edáfica en uno u otro período climático, excepto en los pastizales Ojo de agua y Estación de Pastos, donde esta variable fue superior en el período poco lluvioso con respecto al lluvioso. En el poco lluvioso del segundo año, hubo mayor diversidad de la macrofauna con respecto al lluvioso en todos los pastizales. La mayor similitud se registró en los pastizales Ojo de agua y El Progreso (0,63) y con la Estación de Pastos (0,60).

Conclusiones: En los agroecosistemas de pastizales estudiados, los índices ecológicos de la macrofauna edáfica mostraron un comportamiento heterogéneo en los períodos lluvioso y poco lluvioso.

Palabras clave: biodiversidad, suelo, manejo de pastizales

Abstract

Objective: To determine the ecological indexes of the edaphic macrofauna in five agroecosystems of grasslands in Granma province, Cuba.

Materials and Methods: Sampling was carried out twice a year: rainy and dry season, from July, 2014 to March, 2017. The edaphic macrofauna was collected according to the methodology proposed by the Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF) program. Ecological indices species richness, Shannon-Wiener diversity index (H'), Simpson index (λ), Berger-Parker dominance index (d) and community coefficient were calculated.

Results: The richness of taxonomic units was variable in the evaluated periods and agroecosystems. In all agroecosystems, the order with the highest number of taxonomic units was Hymenoptera with 12 units in the Pasture Station. It was followed by El Triángulo and Ojo de agua, with 11 and 10, respectively. It was not possible to establish the pattern of abundance of edaphic macrofauna in either climate period, except in the Ojo de agua and Pasture Station pastures, where this variable was higher in the dry season than in the rainy season. In the dry period of the second year, there was greater macrofaunal diversity than in the rainy period in all pastures. The highest similarity was recorded in the Ojo de agua and El Progreso pastures (0,63) and with the Pasture Station (0,60).

Conclusions: In the studied grassland agroecosystems, the ecological indices of edaphic macrofauna showed heterogeneous performance in the rainy and dry seasons.

Keywords: biodiversity, soil, rangeland management

Introducción

Las comunidades de macrofauna edáfica se consideran bioindicadores de la calidad del suelo, por ser sensibles a los cambios ambientales que pueden ocasionar variación en su abundancia y composición (Machado-Cuellar *et al.*, 2021). Este es el grupo

de la fauna del suelo más estudiado, sobre todo el efecto de los distintos usos del suelo en las comunidades. Sin embargo, pocas publicaciones caracterizan la interacción y la evolución de la macrofauna en el tiempo y en el espacio, en dependencia del diseño del sistema y el manejo (Marsden *et al.*, 2020).

Recibido: 25 de marzo de 2024

Aceptado: 07 de septiembre de 2024

Como citar este artículo:Chávez-Suárez, Licet; Rodríguez-García, Idalmis & Álvarez-Fonseca, Alexander. Índices ecológicos de la macrofauna edáfica en cinco de pastizales de la provincia Granma, Cuba. *Pastos y Forrajes*. 47:e16, 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.

En el caso de los pastizales, con la ausencia del estrato arbóreo ocurre la simplificación de la estructura vegetal, que provoca la homogeneización de la hojarasca y alteraciones en la temperatura y el contenido de materia orgánica, todo lo que trae consigo la disminución de los nichos ecológicos y, por ende, en las poblaciones de la macrofauna (Cabrera-Dávila *et al.*, 2021). El pastoreo también provoca afectaciones en dependencia de la carga animal y la intensidad, pues el pisoteo de los animales causa la destrucción mecánica de los microhábitats.

Los índices ecológicos resumen mucha información en un solo valor y permiten hacer comparaciones rápidas entre la diversidad de distintos hábitats o la diversidad de un mismo hábitat en el tiempo (Moreno, 2001). Además, se utilizan para evaluar la condición de los ecosistemas, para cuantificar la influencia de factores ambientales sobre las diferentes especies y planear las medidas de conservación (Xu *et al.*, 2020). Están relacionados con el número total de especies existentes (riqueza) y cómo la población se distribuye a través de las especies (equidad). Entre los índices ecológicos que más se utilizan para evaluar la diversidad de especies en ecología se encuentra el índice de Shanon-Wiener y el índice de Simpson (Omayio y Mzungu; 2019, Gao y Wu; 2020, Roswell *et al.*, 2021; Kunakh *et al.*, 2023).

El objetivo de esta investigación fue determinar los índices ecológicos de la macrofauna edáfica en pastizales de la provincia Granma, Cuba.

Materiales y Métodos

Localización. La investigación se desarrolló en cinco agroecosistemas de pastizales en tres municipios de la provincia Granma (figura 1), ubicada en la porción suroeste de la región oriental de la isla de Cuba, entre las coordenadas 20°23'00"N y 76°39'09"O.

En la tabla 1 se muestran las principales características de los agroecosistemas. Los muestreos se realizaron dos veces al año, una vez en el período lluvioso (PLL) y otra en el poco lluvioso (PPLL), de julio de 2014 a marzo de 2017.

Muestreo e identificación de la macrofauna edáfica. Se utilizó el método recomendado por el programa *Tropical Soil Biology and Fertility* (Anderson y Ingram, 1993). Se limpió la hojarasca previamente y se extrajo todo tipo de cuerpos extraños, tales como piedras y residuos vegetales. En la diagonal del área de muestreo, se extrajeron 5 monolitos por ha, de 25 x 25 x 20 cm, a distancia de 20 m. Manualmente, se recolectaron y contaron los individuos de la macrofauna *in situ*. Las lombrices se conservaron en formaldehído al 4 % y los invertebrados restantes en etanol al 70 %.

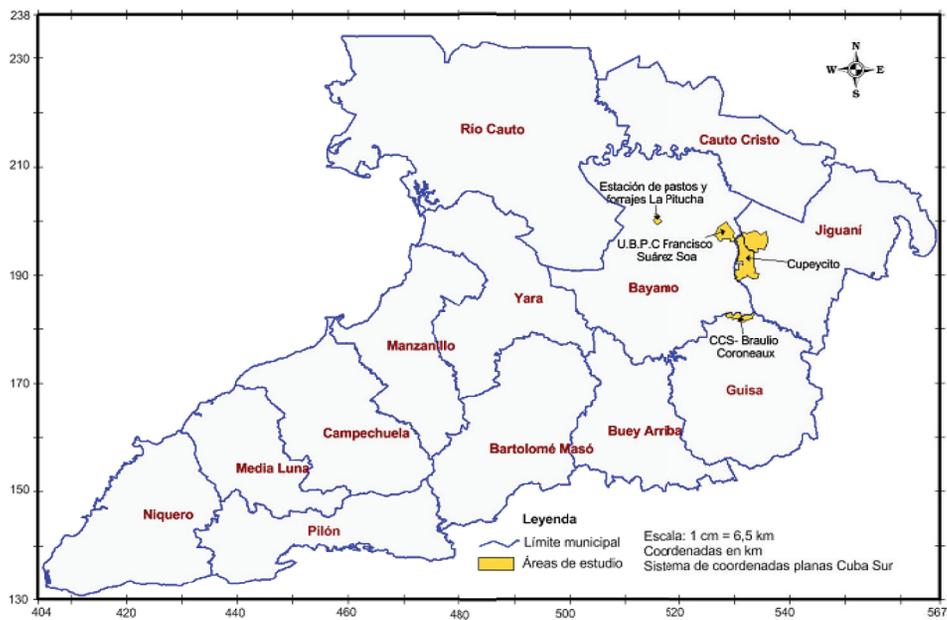


Figura 1. Ubicación geográfica de los agroecosistemas estudiados.

Tabla 1. Principales características de los agroecosistemas estudiados.

Agroecosistema	El Triángulo y El Progreso	Cupeycito	Ojo de agua	Estación de Pastos
Afiliación	UBPC Francisco Suárez Soa	Empresa Genética Manuel Fajardo	Finca de Rafael Almaguer, CCS Braulio Coroneaux	IJA Jorge Dimitrov
Tipo de suelo	Vertisol Pélico	Pardo mullido carbonatado	Pardo mullido carbonatado	Fluvisol
Método de pastoreo	Continuo	Rotacional	Continuo	Rotacional
Área de muestreo, ha	T: 2 11 %	1,8 13 %	1,2 18 %	0,8 100 %
Área total, % que representa	P: 2 10 %			
Tipo de pasto predominante	<i>Dichanthium caricosum</i> L. A. Camus y <i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst.)	<i>Megathyrus maximus</i> (Jacqs.) B.K. Simon & S.W.L. Jacobs	<i>D. caricosum</i>	Sistema silvopastoril de <i>M. maximus</i> y de <i>Leucaena leucocephala</i> (Lam) de Wit
33Tiempo de explotación	20 años	10 años	7 años	10 años
Raza y carga animal (UGM ha ⁻¹)	Mestizo Siboney 1,5	Criollo 1,7	Mestizo 2,2	Mestizo Siboney 1
Condiciones generales	Área de pastoreo totalmente deforestada, sin cuartones, se encharca en la época de lluvia	Buen nivel de sombra por árboles y acuartonamiento, alta pedregosidad. Especies de árboles: coco (<i>Cocos nucifera</i> L.); guácima (<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam); álamo (<i>Populus</i> sp.)	Buen nivel de sombra por árboles, sin cuartones, relieve con pendiente (10%). Susceptibilidad a la erosión. Especies de árboles: <i>L. leucocephala</i> ; algarrobo [<i>Samanea saman</i> (Jacq.) Merr.]; caoba [<i>Swietenia mahagoni</i> (L.) Jacq.]; cedro (<i>Cedrela odorata</i> L.)	Buen nivel de sombra, zona de intensa sequía

T: El Triángulo P: El Progreso

Para la identificación de los especímenes conservados se consultaron los trabajos de Hickman *et al.* (2001) y Brusca y Brusca (2003). También se consultó la colección entomológica perteneciente al laboratorio provincial de Sanidad Vegetal en Granma. Se denominó unidad taxonómica (UT) al nivel mínimo al que fue posible realizar la identificación. Se calcularon los índices ecológicos con el número de individuos perteneciente a cada UT: índice de diversidad de Shannon-Weiner (H'), índice de dominancia de Berguer-Parker (d), índice de dominancia de Simpson (λ) de acuerdo con Moreno (2001). Se utilizó el paquete estadístico INFOSTAT[®] versión 2012.

El Coeficiente comunitario (CC, equivalente al Índice de Similitud de Sorensen) se calculó mediante la ecuación $S = 2C/(A+B)$, donde A y B son el número de especies en cada muestra y C el número de especies comunes entre ambas muestras (Feinsinger y Ventosa-Rodríguez, 2014).

Resultados y Discusión

El número de especies es la medida más utilizada para los análisis de biodiversidad (Hernández-Chavez *et al.*, 2020). La riqueza de unidades taxonómicas fue variable en los períodos y agroecosistemas evaluados. No fue posible establecer el patrón de la abundancia de la macrofauna edáfica en

uno u otro período climático, o sea no hubo relación constante entre la época y el número de unidades taxonómicas observadas. En todas las evaluaciones realizadas en los pastizales Ojo de agua y Estación de Pastos, esta variable fue superior en el período poco lluvioso con respecto al lluvioso (tabla 2).

Cabrera-Dávila (2019) recomienda el período lluvioso para los muestreos de la macrofauna edáfica, pues es en este se registra la mayor abundancia de individuos. Sin embargo, los resultados presentados sugieren la necesidad del muestreo de la macrofauna del suelo en ambos períodos climáticos, máxime si se considera la variabilidad climática actual (Montecelos-Zamora *et al.*, 2018).

Se reconoce que la distribución de la macrofauna del suelo depende de varios factores: entre ellos las precipitaciones o la estacionalidad del clima, que a la vez definen la temperatura y la humedad del suelo (Cabrera-Dávila, 2019). Todos estos factores son de amplia variabilidad en las regiones climáticas donde se encuentran los agroecosistemas estudiados (Montecelos-Zamora *et al.*, 2018), lo que pudo influir en el comportamiento variable de la macrofauna. Una parte muy importante de la variabilidad interanual de los elementos climáticos en Cuba se explica por la presencia del Niño/Oscilación del Sur (ENOS), que tiende a favorecer una mayor precipitación en el período poco lluvioso. Este fenómeno tuvo una manifestación intensa entre 2015 y 2016 (Galván *et al.*, 2017), período incluido en esta investigación.

Estos resultados coinciden con lo informado en pastizales de diferentes regiones del planeta. Sabatté *et al.* (2021) informaron riqueza de especies de 11 en pastizales templados en Argentina, aunque este resultado es muy inferior a lo informado en otros sistemas vegetales como agroforestales y bosques (Morán-Centeno y Jiménez-Martínez, 2024).

En todos los agroecosistemas, el orden con mayor número de unidades taxonómicas fue Hymenoptera, con mayor número (12) en la Estación de Pastos, seguido de El Triángulo y Ojo de agua con 11 y 10 UT, respectivamente (figura 2). El orden Araneae estuvo mejor representado en El Triángulo, mientras que Cupeycito y la Estación de Pastos exhibieron mayor número de unidades taxonómicas de Coleoptera, con ocho.

A la prevalencia del orden Hymenoptera contribuyeron de forma significativa las unidades taxonómicas pertenecientes a Formicidae. Numerosos autores informan su dominancia en pastizales (Cabrera-Dávila, 2019; Vazquez *et al.*, 2020; Silva *et al.*, 2023). Las hormigas se consideran como ingenieros del ecosistema, pues mediante sus actividades de mantenimiento y en la construcción de nidos, pueden influenciar las propiedades físico-químicas del suelo, por lo que modifican los microhabitat. Además, como predadores actúan directa o indirectamente en la abundancia y diversidad de otros organismos en el ecosistema (De Almeida *et al.*, 2020).

La distinción de las hormigas como indicadores de perturbación se debe a su alta diversidad, abundancia y hábitos generalistas, lo que hace que ocupen gran variedad de nichos y dispongan de un amplio rango de recursos, desde semillas y material orgánico incorporado al suelo hasta pequeños organismos de movimientos lentos (huevos de insectos y algunos artrópodos adultos), lo que a la vez les permite competir y sobrevivir con mucho éxito ante otros organismos del suelo (Cabrera-Dávila *et al.*, 2021).

Asimismo, no se observó un patrón constante en el índice de diversidad de Shannon- Wiener (H') en relación con los períodos climáticos estudiados, ni una tendencia definida en los agroecosistemas de

Tabla 2. Riqueza de unidades taxonómicas de la macrofauna edáfica en cinco agroecosistemas de pastizales.

Agroecosistema	Año 1		Año 2		Año 3	
	PLL	PPLL	PLL	PPLL	PLL	PPLL
El Triángulo	5	1	8	28	6	0
El Progreso	10	10	5	12	8	3
Cupeycito	11	8	10	16	7	12
Ojo de agua	9	11	3	17	12	17
Estación de Pastos	10	17	19	28	10	22

PLL: período lluvioso; PPLL: período poco lluvioso

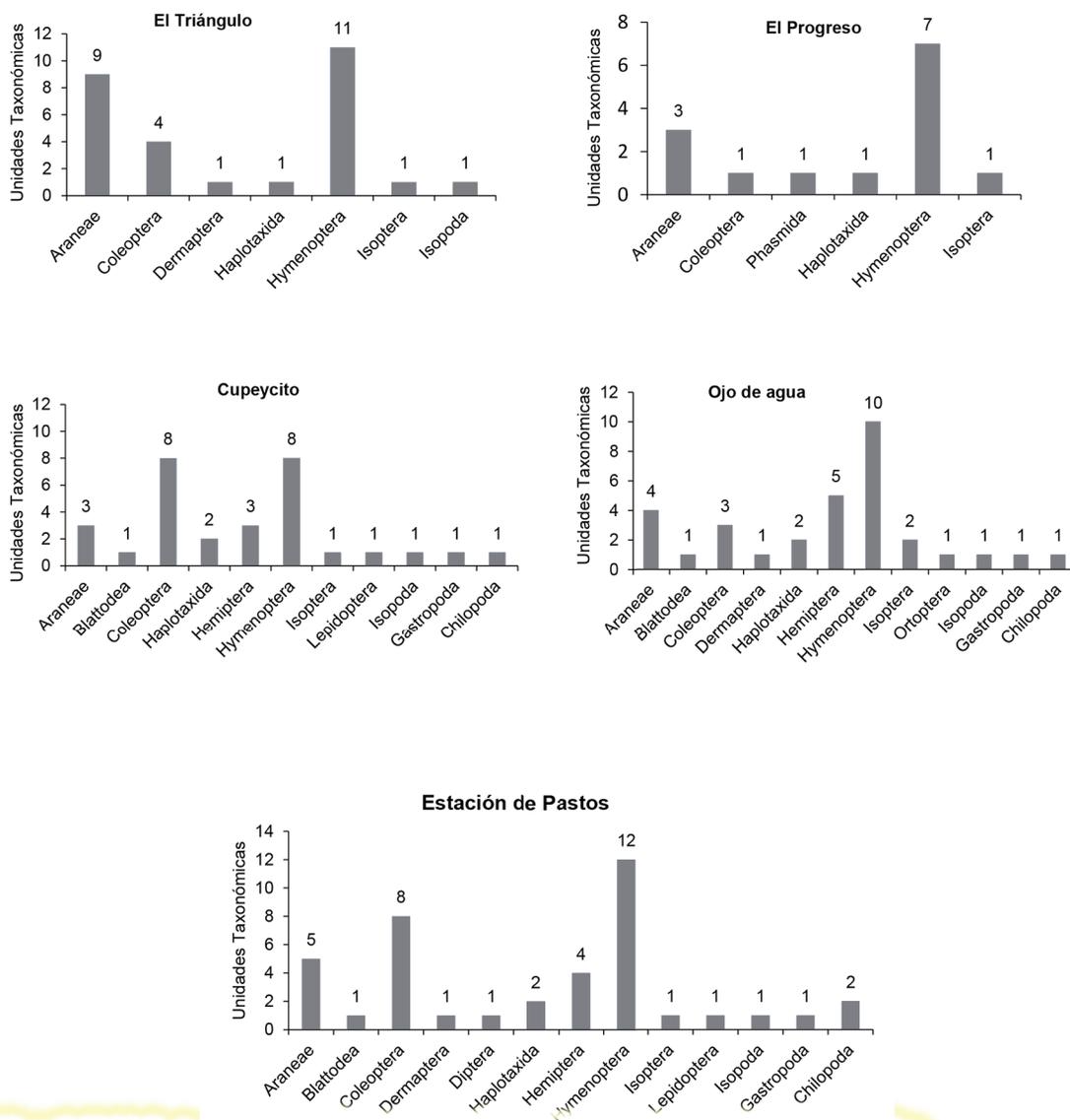
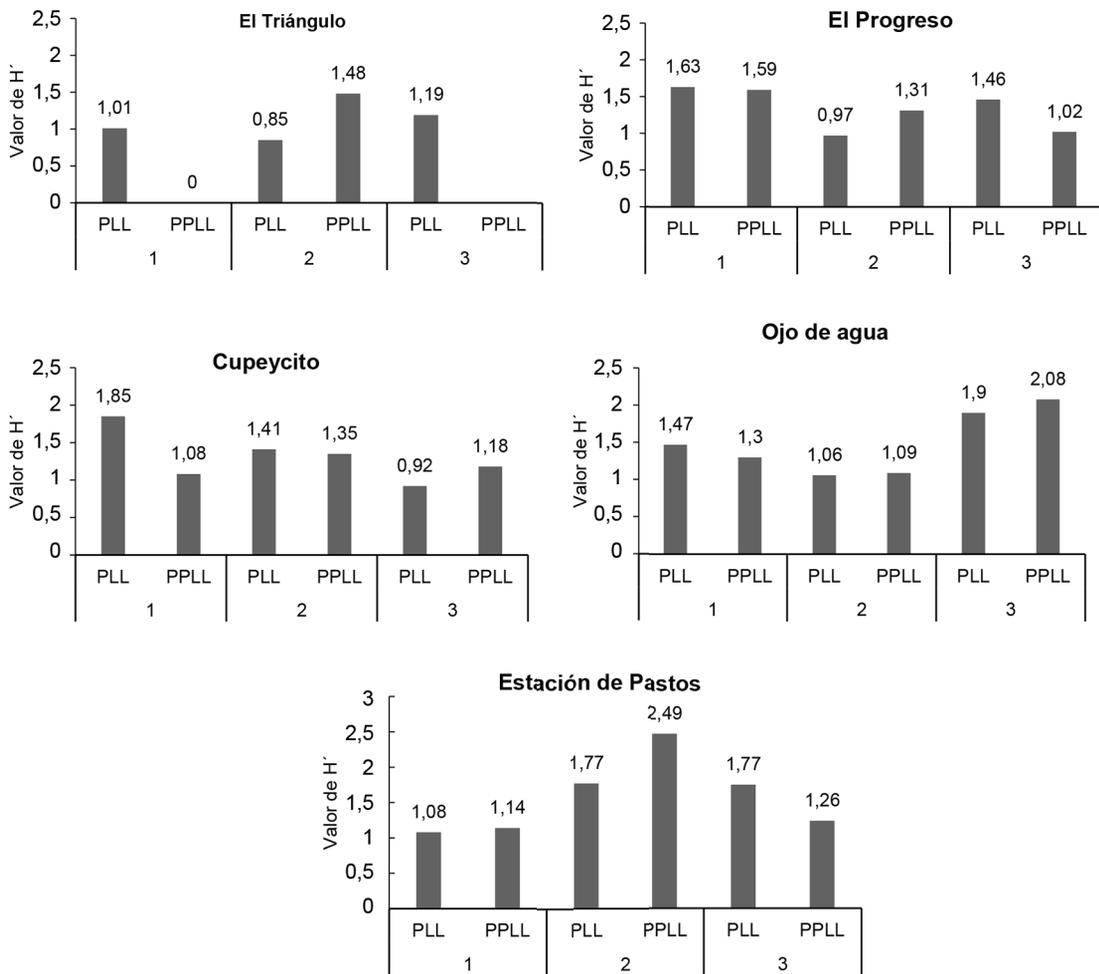


Figura 2. Unidades taxonómicas de la macrofauna edáfica en cinco agroecosistemas de pastizales.

aumento o disminución (figura 3). Este es una de las medidas más comunes para la diversidad de especies, y no sólo depende de la cantidad de especies presentes en un ecosistema, sino de su abundancia relativa. Se prefiere su uso debido a la facilidad para su cálculo e interpretación (Omayio y Mzungu, 2019). Según su valor, usualmente se encuentra entre 1,5 y 3,5.

En este estudio, el mínimo valor de este índice fue cero, pues no se registró ningún organismo en el último período poco lluvioso en El Triángulo (tabla 2). Mientras que su máximo valor se alcanzó en Estación de Pastos (2,49), en el período poco lluvio-

so del segundo año. Este valor es cercano a lo informado por otros autores en sitios más conservados, como bosques y sistemas agroforestales (Castillo-Pérez y Ñique-Álvarez, 2019; Morales-Rojas *et al.*, 2021). Este hecho enfatiza la positiva influencia de los sistemas silvopastoriles sobre la diversidad de la macrofauna edáfica y se asocia a la combinación del estrato herbáceo con los árboles de leucaena, que mejora las condiciones del suelo, por la calidad y cantidad de hojarasca que se le incorpora. La capa de hojarasca mantiene la humedad y la temperatura del suelo, lo que favorece el desarrollo de la macrofauna edáfica (Cabrera-Dávila, 2019). Otros



PLL: período lluvioso; PPLL: período poco lluvioso

Figura 3. Índice de Shannon-Wiener de la macrofauna edáfica en cinco agroecosistemas de pastizales.

autores también han informado mayor diversidad de la macrofauna edáfica en sistemas silvopastoriles con relación a los pastizales de monocultivos de gramíneas (Ramírez-Barajas *et al.*, 2019, Gutiérrez-Bermúdez *et al.*, 2020).

Hernández-Chavez *et al.* (2020) obtuvieron resultados similares al informar un valor de H' de 1,84 y 1,94 en pastizal natural y sistema silvopastoril, respectivamente, en Sancti Spiritus, Cuba. Caicedo-Rosero *et al.* (2018) constataron valores inferiores de este índice, entre 0,9 y 1,2; en sistemas silvopastoriles dedicados a la producción de leche en la provincia el Carchi, Ecuador. Rodríguez-Suárez *et al.* (2018), en pastizal de *Urochloa* sp. y sistema silvopastoril, obtuvieron valores de este índice cercanos a uno en la Amazonía colombiana. Sabatté *et al.* (2021) en pastizales templados

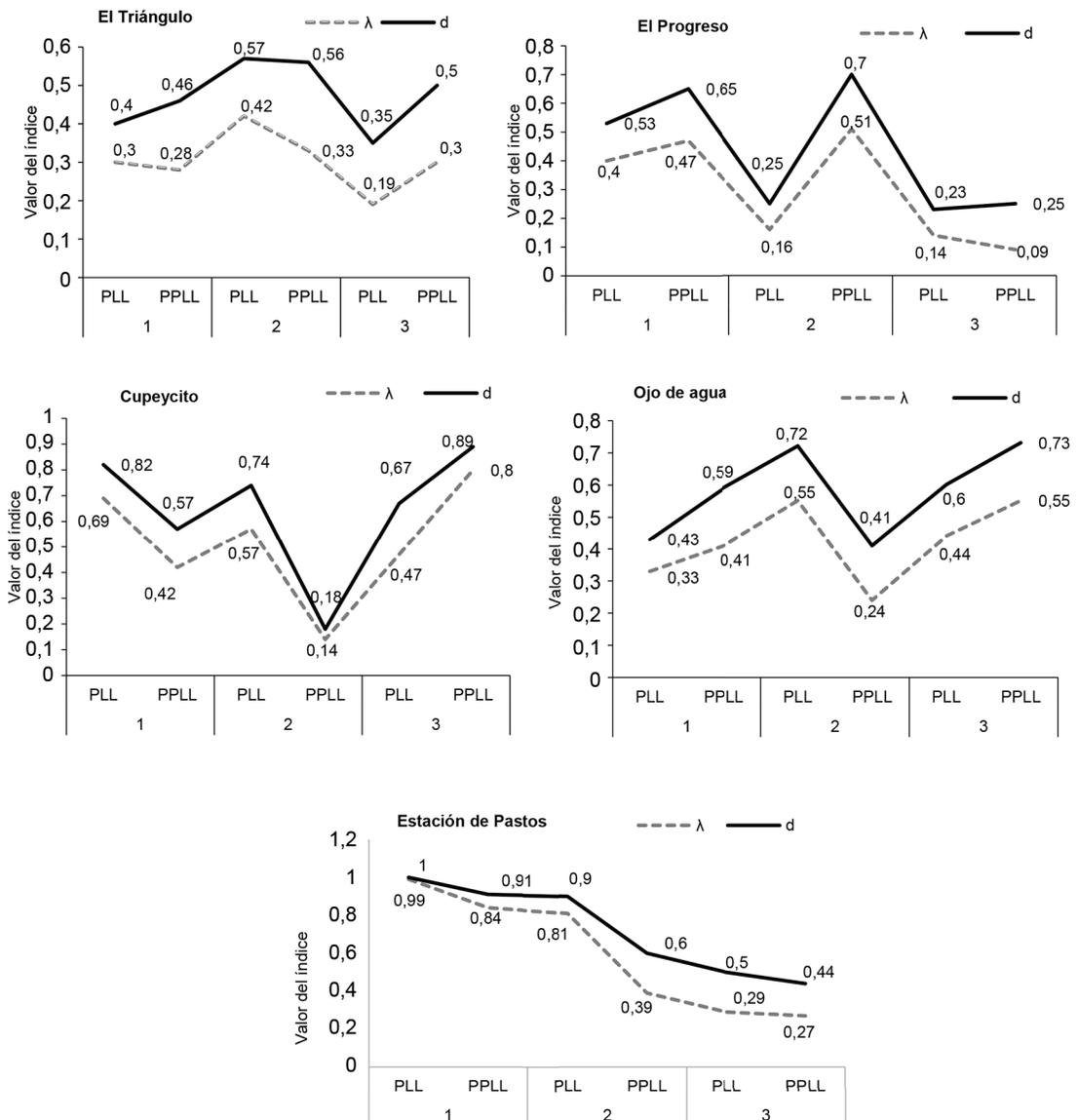
de Argentina encontraron valores cercanos a 1,5 en este índice. Mientras, en Etiopia, Bufebo *et al.* (2021) indicaron un H' de 0,17 en áreas de pastoreo extensivo.

Ramírez-Barajas *et al.* (2019) refieren que los valores de H' mostraron mayor diversidad de macroinvertebrados en los sistemas silvopastoriles de *L. leucocephala* con *M. maximus* cv. Mombaza y *Cynodon plectostachyus* (K.Schum.) Pilg. ($H'^2 = 1,58$ y $H'^2 = 1,44$; respectivamente). Señalaron que la abundancia de especies de macroinvertebrados se encuentra positivamente relacionada con la complejidad vegetal, que determina una mayor cantidad de microhábitats y de recursos disponibles. Birhanu *et al.* (2018) registraron mayor índice de Shannon-Wiener en el bosque natural (2,04), seguido del pastizal (1,83) y por último el cultivo (1,03).

Otros autores informan valores superiores de H' en otros usos de la tierra, como sistemas agroforestales y bosques en diferentes latitudes (Coelho *et al.*, 2021; Chamorro-Martínez *et al.*, 2022; Ferreira *et al.*, 2024; Morán-Centeno y Jiménez-Martínez, 2024).

El índice de Berguer- Parker (d) mide la dominancia de la especie más abundante; mientras que índice de Simpson (λ), que también es un índice de dominancia, permite estimar la probabilidad de que

dos individuos elegidos al azar en una comunidad provengan de diferentes especies (Moreno, 2001). En general, los valores del índice de Berguer-Parker fueron altos en la mayoría de las evaluaciones realizadas, sobre todo en los agroecosistemas Ojo de agua y Estación de Pastos, donde los valores fueron superiores a 0,4 en todos los muestreos (figura 4). El índice de Simpson (λ) tuvo menores valores que el índice de Berguer-Parker. Lo anterior se traduce



λ : Índice de Simpson
d: Índice Berguer-Parker

PLL: período lluvioso; PPLL: período poco lluvioso

Figura 4. Índices de dominancia de la macrofauna edáfica en cinco agroecosistemas de pastizales.

en que un pequeño número de especies dominan la comunidad de la macrofauna edáfica en estos agroecosistemas y complementa los bajos valores de H' informados previamente.

Todos los agroecosistemas mostraron tendencias diferentes en los índices de dominancia. En la Estación de Pastos se observó una tendencia sostenida a la disminución. En Ojo de Agua y Cupeycito, los menores valores de dominancia se constataron en el período poco lluvioso del segundo año. Sin embargo, en El Progreso se observaron los mayores valores en ese período.

Resultados similares obtuvieron otros investigadores como Caicedo-Rosero *et al.* (2018), quienes informaron valores de dominancia de la especie principal superiores a 0,66 %, en tres sistemas silvopastoriles. Sin embargo, Zhou *et al.* (2022) en un estudio que incluyó varias coberturas vegetales del suelo informaron un índice de Simpson de 0,14 en el pastizal. De igual forma, el resto de los sistemas estudiados mostraron valores de este índice inferiores a 0,25. Bufebo *et al.* (2021), por su parte, constataron un valor de 0,37 en pastizales con manejo extensivo en la región centro sur de Etiopía.

El coeficiente comunitario mostró rango amplio de valores, de 0,25 a 0,63, aun cuando todos los agroecosistemas estudiados se consideran en la matriz de paisajes como pastizales, con mayor o menor presencia de árboles (tabla 3). La mayor similitud existió en los pastizales Ojo de agua y El Progreso (0,63) y con la Estación de Pastos (0,60). Esta similitud entre Ojo de agua y El Progreso llama la atención si se tienen en cuenta las diferencias entre estos pastizales en cuanto a su ubicación geográfica, relieve, tipo de suelo y cobertura. El factor similar entre estos pastizales es el método de pastoreo continuo del ganado, que, al parecer, en este caso determina la presencia de unidades taxonómicas comunes en ambos agroecosistemas. Otro hecho significativo es el coeficiente comunitario menor de 0,5 entre los pastizales El Triángulo

y El Progreso. Debido a la cercanía espacial y a las características edáficas similares de estos pastizales, cabría esperar que compartieran un número mayor de especies. Al parecer es en El Triángulo donde existen las condiciones para el desarrollo de taxones exclusivos, pues expresó la similitud más baja con el resto de los pastizales.

Conclusiones

En los agroecosistemas de pastizales estudiados, los índices ecológicos de la macrofauna edáfica mostraron un comportamiento heterogéneo en los períodos lluvioso y poco lluvioso. La diversidad específica (H') de especies mostró valores medios desde 0,8 a 2,06 en los diferentes ecosistemas, independientemente del período climático evaluado.

Agradecimientos

Se agradece a los directivos y colectivos laborales de las unidades donde se realizó la investigación y al proyecto nacional P131_LH002_016 Rehabilitación de sistemas pastoriles en ecosistemas frágiles y degradados de la región oriental cubana por el financiamiento para la investigación.

Conflictos de intereses

No existe conflicto de intereses entre los autores.

Contribución de los autores

- Licet Chávez-Suárez. Diseño de la investigación, dirección del trabajo de campo, análisis e interpretación de los resultados y redacción.
- Idalmis Rodríguez-García. Diseño de la investigación, análisis e interpretación de los resultados y redacción del artículo.
- Alexander Alvarez-Fonseca. Colaboración en el diseño de la investigación, toma de muestras en campo e identificación taxonómica.

Referencias bibliográficas

Anderson, J. M. & Ingram, J. S. I. *Tropical soil biology and fertility: A handbook of methods*. 2nd ed. Wallingford, United Kingdom: CAB International, 1993.

Tabla 3. Coeficiente comunitario de la macrofauna edáfica en cinco agroecosistemas de pastizales.

Agroecosistema	El Triángulo	El Progreso	Cupeycito	Ojo de agua
El Triángulo	-	-	-	-
El Progreso	0,48	-	-	-
Cupeycito	0,25	0,35	-	-
Ojo de agua	0,41	0,63	0,55	-
Estación de Pastos	0,35	0,54	0,56	0,60

- Birhanu, G.; Gorems, W.; Girmay, Z.; Yimer, F. & Demie, G. Soil macrofaunal diversity and biomass across different land use systems in Wondo Genet, Ethiopia. *Adv. Life Sci. Technol.* 67:17-23. <https://core.ac.uk/reader/234687750>, 2018.
- Brusca, R. C. & Brusca, G. J. *Invertebrados*. España: McGraw-Hill Interamericana de España, 2003.
- Bufebo, B.; Elias, E. & Getu, E. Abundance and diversity of soil invertebrate macro-fauna in different land uses at Shenkolla watershed, South Central Ethiopia. *JoBAZ.* 82:11, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1186/s41936-021-00206-1>.
- Cabrera-Dávila, Grisel de la C. *Evaluación de la macrofauna edáfica como bioindicador del impacto del uso y calidad del suelo en el occidente de Cuba*. España: Departamento de Ecología, Universidad de Alicante, Instituto de Ecología y Sistemática. <http://hdl.handle.net/10045/88889>, 2019.
- Cabrera-Dávila, Grisel de la C.; Sánchez-Rendón, J. A. & Ponce-de-León-Lima, D. Macrofauna edáfica: composición, variación y utilización como bioindicador según el impacto del uso y calidad del suelo. *Acta Bot. Cub.* 221. <https://revistasgeotech.com/index.php/abc/article/view/404>, 2021.
- Caicedo-Rosero, D. M.; Benavides-Rosales, H. R.; Carvajal-Pérez, L. A. & Ortega-Hernández, Jessica P. Población de macrofauna en sistemas silvopastoriles dedicados a la producción lechera: análisis preliminar *La Granja.* 27 (1):77-88, 2018. DOI: <https://doi.org/10.17163/lgr.n27.2018.06>.
- Castillo-Pérez, Shirley O. & Ñique-Álvarez, M. Macrofauna del suelo como indicador biológico del estado de conservación en sistemas agroforestales del sector el Choclo en San Martín-Perú *TAYACAJA.* 2 (2):46-62, 2019. DOI: <https://doi.org/10.46908/rict.v2i2.49>.
- Chamorro-Martínez, Yiseth; Torregroza-Espinosa, Ana C.; Moreno-Pallares, María I.; Pinto-Osorio, Diana; Corrales-Paternina, Amaira & Echeverría-González, Ana. Soil macrofauna, mesofauna and microfauna and their relationship with soil quality in agricultural areas in northern Colombia: ecological implications. *Rev. Bras. Ciênc. Solo.* 46:e0210132, 2022. DOI: <https://doi.org/10.36783/18069657rbcs20210132>.
- Coelho, Virginia O.; Neto, A. R.; Anhê, Ana C. B. M.; Lima, Sandra S. de; Vieira, Dinamar M. da S.; Loss, A. *et al.* Soil macrofauna as bioindicator of soil quality in different management systems. *Res., Soc. Develop.* 10 (6):e54210616118, 2021. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i6.16118>.
- De Almeida, T.; Mesléard, F.; Santonja, M.; Gros, R.; Dutoit, T. & Blight, O. Above- and below-ground effects of an ecosystem engineer ant in Mediterranean dry. *Proc. R. Soc. B.* 287:20201840, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1098/rspb.2020.1840>
- Feinsinger, P. & Ventosa-Rodríguez, Ilarys. *El diseño de estudios de campo para la conservación de la biodiversidad*. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia: Editorial FAN. https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/2615742/mod_resource/content/3/Feinsinger%20%20Ventosa%20Rodrigues_2014.pdf, 2014.
- Ferreira, Cyndi dos S.; Lima, Sandra S. de; Ramos, Aurea P. dos; Coelho, Irene da S. & Pereira, M. G. Invertebrate macrofauna in litter of mountain environments in the state of Rio de Janeiro. *Res., Soc. Dev.* 13 (7):e2813746255, 2024. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v13i7.46255>.
- Galván, Romina; Carbonetti, Micaela; Gende, M. & Brunini, C. Impacto del evento extremo Enos 2015-2016 sobre la geometría de la superficie terrestre en la región ecuatorial de Sudamérica. *Geoacta.* 42 (2):23-44. https://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1852-77442017000200003&lng=es&tlng=es, 2017.
- Gao, B. & Wu, D. H. The effects of returning farmlands to forests or pastures on soil animal diversity and its regional differentiation characteristics in China: a meta-analysis. *Appl. Ecol. Environ. Res.* 18 (5):6335-6353, 2020. DOI: http://dx.doi.org/10.15666/aer/1805_63356353.
- Gutiérrez-Bermúdez, C del C.; Mendieta-Araica, B. G. & Noguera-Talavera, A. J. Trophic composition of edaphic macrofauna in animal husbandry systems in the Dry Corridor of Nicaragua. *Pastos y Forrajes.* 43 (1):32-40. http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v43n1/en_2078-8452-pyf-43-01-32.pdf, 2020.
- Hernández-Chavez, Marta B.; Ramírez-Suárez, Wendy M.; Zurita-Rodríguez, A. A. & Navarro-Boulanger, Marlen. Biodiversidad y abundancia de la macrofauna edáfica en dos sistemas ganaderos en Sancti Spiritus, Cuba. *Pastos y Forrajes.* 43 (1):18-25. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942020000100018, 2020.
- Hickman, C. P.; Roberts, L. S. & Larson, A. I. *Integrated principles of zoology*. 11th ed. New York: McGraw-Hill. <https://bayanbox.ir/view/8110887935878997036/PART-II-Hickmanx-Robertsx-Larson-Integrated-Principles-of-Zoology.pdf>, 2001.
- Kunakh, O. M.; Volkova, A. M.; Tutova, G. F. & Zhukov, O. V. Diversity of diversity indices: Which diversity measure is better? *Biosyst. Divers.* 31 (2):131-146, 2023. DOI: <https://doi.org/10.15421/012314>.
- Machado-Cuellar, Leidy; Rodríguez-Suárez, L.; Murcia-Torrejano, V.; Orduz-Tovar, S. A.; Ordoñez-Espinosa, Claudia M. & Suárez, J. C. Soil macrofauna and edaphoclimatic conditions in an altitude gradient of coffee growing regions, Huila, Colombia. *Rev. Biol. Trop.* 69 (1):102-112, 2021. DOI: <https://doi.org/10.15517/rbt.v69i1.42955>.

- Marsden, Claire; Martin-Chave, Ambroise; Cortet, J.; Hedde, M. & Capowiez, Y. How agroforestry systems influence soil fauna and their functions—a review. *Plant Soil*. 453:29-44, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11104-019-04322-4>.
- Montecelos-Zamora, Yalina; Cavazos, Tereza; Kretschmar, T.; Vivoni, E. R.; Corzo, G. & Molina-Navarro, E. Hydrological modeling of climate-change impacts in a tropical river basin. A case study of the Cauto River, Cuba. *Water*. 10 (9):1135, 2018. DOI: <https://doi.org/10.3390/w10091135>.
- Morales-Rojas, E.; Chávez-Quintana, S.; Chichipe-Vela, E.; Oliva, M. & Quiñones-Huatangari, L. Edaphic macrofauna and soil physicochemical properties, in smallholder coffee farms. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. 38 (4):934-950. <https://produccioncientificaluz.org/index.php/agronomia/article/view/36803>, 2021.
- Morán-Centeno, J. C. & Jiménez-Martínez, E. Soil macrofauna in agroecosystems of *Coffea arabica* L., in Tepec-Xomolth, Nicaragua. *Agron. Mesoam.* 35:57626, 2024. DOI: <https://doi.org/10.15517/am.2024.57626>.
- Moreno, Claudia E. *Métodos para medir la biodiversidad*. M&T—Manuales y Tesis SEA, vol. 1. Zaragoza, España: CYTED, ORCYT/UNESCO & SEA. <http://entomologia.rediris.es/sea/manytes/metodos.pdf>, 2001.
- Omayio, D. & Mzungu, E. Modification of Shannon-Wiener diversity index towards quantitative estimation of environmental wellness and biodiversity levels under a non-comparative scenario. *J. Environ. Earth Sci.* 9 (9):46, 2019. DOI: <https://doi.org/10.7176/JEES>.
- Ramírez-Barajas, P. J.; Santos-Chable, Bella E.; Casanova-Lugo, F.; Lara-Pérez, L. A.; Tucuch-Haas, J. I.; Escobedo-Cabrera, A. *et al.* Diversidad de macro-invertebrados en sistemas silvopastoriles del sur de Quintana Roo, México. *Rev. biol. trop.* 67 (6):1383-1393, 2019. <http://dx.doi.org/10.15517/rbt.v67i6.36944>.
- Rodríguez-Suárez, L.; Paladines-Josa, Yuli T.; Astudillo-Samboni, Erika J.; Lopez-Cifuentes, Karla D.; Durán-Bautista, E. H. & Suárez-Salazar, J. C. Soil macrofauna under different land uses in the Colombian Amazon. *Pesq. agropec. bras.* 53 (12):1383-1391, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2018001200011>.
- Roswell, M.; Dushoff, J. & Winfree, Rachael. A conceptual guide to measuring species diversity. *Oikos*. 130 (3):321-338, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1111/oik.07202>.
- Sabatté, María L.; Massobrio, M. J.; Cassani, M. T. & Momo, F. R. Macro and mesofauna soil food webs in two temperate grasslands: responses to forestation with *Eucalyptus*. *Heliyon*. 7 (1):e05869, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05869>.
- Silva, Bianca C. da; Trevisan, Adriana C. D.; Elguy, L. G. P.; Benamú, M. A. & Silva, V. L. da. Análise da macrofauna edáfica em pomar caseiro: subsídios para implantação de quintais agroflorestais no bioma Pampa. *Rev. Bras. Agroecol.* 18 (1):44-60, 2023. DOI: <https://doi.org/10.33240/rba.v18i1.23637>.
- Vazquez, E.; Teutscherova, N.; Lojka, B.; Arango, J. & Pulleman, Miriam. Pasture diversification affects soil macrofauna and soil biophysical properties in tropical (silvo)pastoral systems. *Agric. Ecosyst. Environ.* 302:107083, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.107083>.
- Xu, S.; Böttcher, L. & Chou, T. Diversity in biology: definitions, quantification and models. *Phys Biol.* 17 (3):031001, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1088/1478-3975/ab6754>.
- Zhou, Y.; Liu, C.; Ai, Ning; Xianghui, T.; Zhiyong, Z.; Gao, R. *et al.* Characteristics of soil macrofauna and Its coupling relationship with environmental factors in the loess area of Northern Shaanxi. *Sustainability*. 14 (5):2484, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/su14052484>.