

Biodiversidad y abundancia de la macrofauna edáfica en dos sistemas ganaderos en Sancti Spíritus, Cuba

Biodiversity and abundance of the edaphic macrofauna in two animal husbandry systems in Sancti Spíritus, Cuba

Marta Beatriz Hernández-Chávez¹ <https://orcid.org/0000-0003-4637-3577>, Wendy Mercedes Ramírez-Suárez¹ <https://orcid.org/0000-0001-7554-8685>, Alexis Abilio Zurita-Rodríguez² <https://orcid.org/0000-0001-6775-4315> y Marlen Navarro- Boulandier¹ <https://orcid.org/0000-0003-0351-5651>

¹Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, Universidad de Matanzas, Ministerio de Educación Superior, Central España Republicana, CP 44280, Matanzas, Cuba. ²Estación de Protección de Plantas Iguará, Yaguajay. Sancti Spiritus, Cuba. Correspondencia: wendy.ramirez@ihatuey.cu

Resumen

Objetivo: Determinar los índices de biodiversidad y abundancia de la macrofauna edáfica en dos sistemas ganaderos del municipio Yaguajay, en la provincia de Sancti Spíritus, Cuba.

Materiales y Métodos: Se realizó un estudio en áreas de una Unidad Básica de Producción Cooperativa, perteneciente a la Empresa Agropecuaria Obdulio Morales, del municipio Yaguajay, en la provincia de Sancti Spíritus, Cuba. Se evaluó un sistema silvopastoril y un pastizal natural que tenían más de 10 años de explotación, distribuidos en un diseño totalmente aleatorizado, con tres repeticiones por tratamiento. Los muestreos de la macrofauna se realizaron durante dos años en las épocas lluviosa y poco lluviosa en la hojarasca y en las profundidades 0-10; 10-20 y 20-30 cm, según la metodología del Programa de Investigación Internacional Biología y Fertilidad del Suelo Tropical. La macrofauna se identificó hasta el nivel de orden y se realizó análisis no paramétrico de *Kruskal-Wallis* con el software InfoStat®.

Resultados: Se colectaron 1 207 individuos, de los cuales 840 correspondieron al sistema silvopastoril y 367 al sistema de pastos naturales. En ambos sistemas predominaron los coleópteros (133 y 313 individuos para el pastizal y el silvopastoreo, respectivamente), seguidos de los oligoquetos (78 y 144 individuos, respectivamente). Al analizar los índices ecológicos no se encontró diferencia marcada entre los sistemas evaluados.

Conclusiones: El sistema silvopastoril le proporciona a la comunidad de macroinvertebrados condiciones favorables para el óptimo desarrollo de la macrofauna edáfica. En este sistema se encontró mayor cantidad y diversidad de individuos.

Palabras clave: biota, coleoptera, fertilidad del suelo, oligochaeta

Abstract

Objective: To determine the biodiversity and abundance indexes of the edaphic macrofauna in two animal husbandry systems in the Yaguajay municipality, Sancti Spíritus province, Cuba.

Materials and Methods: A study was conducted in areas of a Basic Unit of Cooperative Production, belonging to the Animal Husbandry Enterprise Obdulio Morales, from the Yaguajay municipality, in the Sancti Spíritus province, Cuba. A silvopastoral system and a natural pastureland, which had been exploited for more than 10 years, were evaluated, distributed in a complete randomized design, with three repetitions per treatment. The macrofauna was sampled during two years in the rainy and dry season in the litter and at the depths 0-10; 10-20 and 20-30 cm, according to the methodology of the Tropical Soil Biology and Fertility International Research Program. The macrofauna was identified to the order level, and *Kruskal-Wallis* non-parametric analysis with the software InfoStat®.

Results: A total of 1 207 individuals were collected, from which 840 corresponded to the silvopastoral system and 367 to the system of natural pastures. In both systems coleopterans prevailed (133 and 313 individuals for the pastureland and the silvopastoral system, respectively), followed by oligochaetes (78 and 144 individuals, respectively). When analyzing the ecological indexes, no marked difference was found between the evaluated systems.

Conclusions: The silvopastoral system provides the community of macroinvertebrates with favorable conditions for the optimum development of the edaphic macrofauna. In this system higher quantity and diversity of individuals were found.

Keywords: biota, Choleoptera, soil fertility, Oligochaeta

Recibido: 17 de junio de 2019

Aceptado: 10 de diciembre de 2019

Como citar este artículo: Hernández-Chávez, Marta B.; Ramírez-Suárez, Wendy M.; Zurita-Rodríguez, A. A. & Navarro-Boulandier, Marlen. Biodiversidad y abundancia de la macrofauna edáfica en dos sistemas ganaderos en Sancti Spíritus, Cuba. *Pastos y Forrajes*. 43:18-25.

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

Uno de los retos que enfrenta la agricultura cubana es detener los procesos que degradan los suelos y poder establecer un sistema agrícola sostenible, capaz de solventar la creciente demanda alimentaria de la población (Aguilar *et al.*, 2016).

Los suelos dedicados a la ganadería en Cuba presentan factores limitantes y han perdido su fertilidad, debido a su manejo deficiente, lo que influye negativamente en la productividad de los sistemas ganaderos.

Un análisis realizado por Lok (2016) indicó que 90,6 % del área agrícola utilizable de las empresas ganaderas evaluadas en Cuba está afectada por uno o más factores limitantes: 45 % con baja fertilidad natural; 30,3 % con poca profundidad efectiva; 20,5 % con baja capacidad de retención de humedad, principalmente en suelos arenosos, 22,0 % con topografía irregular y 7,4 % tiene salinidad.

Además, 29,7 % de los suelos ganaderos en Cuba posee mal drenaje, que afecta el equilibrio aire - agua en el suelo y favorece a la compactación; 26 % presenta acidez y 11,8 % es pedregoso.

Estas limitaciones influyen negativamente en el establecimiento y posterior desarrollo de los pastos y forrajes.

La conservación del suelo en áreas dedicadas a la ganadería debe estar encaminada a realizar prácticas de manejo, que permitan detener la degradación de este recurso o recuperar sus características en un rango que no afecte la producción y la calidad de las producciones agropecuarias. Se debe basar en el conocimiento del estado de sus propiedades, el tipo de suelo, la pendiente, el pasto, la finalidad de su explotación y las características del ganado (Lok, 2016).

Por lo antes planteado, es necesario evaluar la calidad del suelo mediante indicadores que constituyen una herramienta poderosa para la toma de decisiones en el manejo y uso del suelo a escala local, regional y global, y su estudio se debe hacer de forma particular, según las condiciones de cada agroecosistema (García *et al.*, 2012). Uno de estos indicadores pudiera ser el análisis de la abundancia, diversidad y funcionalidad de la biota edáfica, específicamente la macrofauna, debido a la factibilidad para su determinación.

Velasquez y Lavelle (2019) resaltan las ventajas de la utilización de las comunidades de macroinvertebrados como indicadores de la calidad del suelo, por su simplicidad y bajo costo. Además, la macrofauna es muy sensible a las condiciones del suelo. Debido a la diversidad de estrategias adaptativas de

estos organismos, generalmente se encuentran representados en un intervalo de 10 a 15 órdenes. El estudio de estas comunidades permite obtener una estimación general del suelo, basada en servicios ecosistémicos.

El objetivo de esta investigación fue determinar los índices de biodiversidad y abundancia de la macrofauna edáfica en dos sistemas ganaderos en la provincia de Sancti Spiritus, Cuba.

Materiales y Métodos

Caracterización del área de estudio. El estudio se realizó en áreas de la Unidad Básica de Producción Cooperativa La Elvira, perteneciente a la Empresa Agropecuaria Obdulio Morales, en el municipio de Yaguajay, provincia de Sancti Spiritus, Cuba. Esta entidad productiva tiene un área total de 1 878 ha. De ellas, 720 ha están destinadas a la ganadería.

Condiciones edafoclimáticas. El suelo pertenece al agrupamiento de los Gleysoles, y al tipo genético Gleysol vértico (Hernández-Jiménez *et al.*, 2015). Estos suelos se caracterizan por su topografía llana, por presentar una textura arcillosa, una profundidad efectiva de 0,90 m y un drenaje superficial e interno deficiente. La precipitación en el área experimental durante la investigación varió entre 1 200-1 400 mm como promedio anual, con dos épocas bien diferenciadas: una época lluviosa (mayo-octubre), en la que ocurrió 76 % de las precipitaciones y un período poco lluvioso (noviembre-abril). La temperatura media anual fue de 25,6 °C.

Diseño experimental y tratamientos. El diseño experimental fue totalmente aleatorizado, con tres repeticiones por tratamiento. Se evaluaron dos sistemas, con más de 10 años de explotación, que constituyeron los tratamientos:

Sistema silvopastoril. La composición arbórea estuvo conformada por las especies de árboles *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit; *Albizia niopoides* (Spruce ex Benth.) Burkart y *Talipariti elatum* (Swartz) Fryxell. La composición herbácea la integraron los pastos naturales.

Pastizal. Se evaluó un sistema de pastizal, compuesto principalmente por las especies *Bothriochloa pertusa* (L.) A. Camus y *Urochloa ruziziensis* (R. Germ & C.M. Evrard). La cobertura de pastos en todos los cuarterones estuvo por encima de 90 %.

Procedimiento experimental. Los muestreos de la macrofauna se realizaron entre las 7:00 y 9:00 a.m., en sitios representativos de cada parcela, en

ambas épocas durante dos años, según la Metodología del Programa de Investigación Internacional Biología y Fertilidad del Suelo Tropical (Anderson e Ingram, 1993). Esta metodología consiste en la extracción de monolitos de 25 x 25 x 30 cm en un transecto, cuyo punto de origen se determina al azar y en dirección lineal. Se evaluaron 12 monolitos por sistema y por época. Se tuvieron en cuenta los estratos de hojarasca 0-10, 10-20 y de 20-30 cm. La macrofauna se recolectó manualmente *in situ*. Las lombrices se conservaron en formaldehído al 4 % y los invertebrados restantes, en alcohol al 70 %, para su posterior identificación en el laboratorio.

La macrofauna se identificó al nivel taxonómico de orden, mediante el empleo de las claves de Ruiz *et al.* (2008). Se determinaron los valores promedio de densidad (ind.m⁻²) para la comunidad edáfica, para cada taxón y por estrato, en cada sistema en estudio. La densidad se determinó en función del número de individuos. Se calcularon los índices que se describen a continuación:

Índice de diversidad de Shannon-Wiener ($H' = -\sum p_i \log_2 p_i$). Con los datos del número de individuos por orden de la macrofauna, que expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. Este índice asume que los individuos se seleccionan al azar y que todas las especies están representadas en la muestra (Magurran, 1988).

Índice de equidad. La equidad de Shannon (E) tiene un rango entre 0 y 1. El valor es 0, cuando existe dominancia total de una especie, y 1 cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos (Magurran, 1988). Se calculó a partir de la fórmula:

$$E = H' / H \text{ máx.} = H' / \ln S$$

Donde:

S = número de especies de la muestra

Índice de Simpson. Se conoce como una medida de concentración y se refiere a la probabilidad de extraer individuos de una misma especie. Se utiliza como medida de dominancia, dada su marcada dependencia de las especies más abundantes. Le corresponde la siguiente fórmula:

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

Donde:

n_i - número de individuos de las especies i

N - número total de individuos

Índice de Margalef (IM). También conocido como Índice de biodiversidad de Margalef, es una medida utilizada en ecología para estimar la biodiversidad de

una comunidad sobre la base de la distribución numérica de los individuos de las diferentes especies, en función del número de individuos existentes en la muestra analizada. La fórmula es la siguiente:

$$IM = (S - 1) / \ln N$$

Donde:

S: número total de especies

N: número total de individuos de todas las especies

Mediante el software *Species Diversity & Richness* versión 4.1.2 (Pisces Conservation, 2020) se determinaron los índices de diversidad antes descritos y la curva de rango/abundancia para las comunidades de la macrofauna edáfica en cada sistema estudiado.

Análisis estadístico. Para el análisis de las variables en estudio se comprobó el cumplimiento de los supuestos de homogeneidad de varianza (Levene, 1960) y de distribución normal (Shapiro y Wilk, 1965). Al no cumplir con el requisito de homogeneidad, se realizó análisis no paramétrico de *Kruskal-Wallis*. Para el procesamiento estadístico se usó el software InfoStat®, versión libre para Windows®.

Resultados y Discusión

Se colectaron un total de 1 207 individuos (tabla 1). De estos, 840 correspondieron al sistema silvopastoril y 367 al de pastos naturales.

El sistema silvopastoril mostró mayor riqueza taxonómica (tabla 1), debido a que los árboles presentes hacen mayor aporte de hojarasca y mejoran las propiedades físicas de los suelos, al aumentar la cantidad de microporos encargados del drenaje y la aireación del suelo (Benavides *et al.*, 2015). Además, la copa de los árboles permite la regulación de los factores temperatura y humedad, los que favorecen el microclima del medio y el desarrollo de la macrofauna edáfica.

Schindler *et al.* (2016) y Martínez-Pastur *et al.* (2017) plantearon que los sistemas con árboles son capaces de conservar la biodiversidad y aportar servicios ambientales a los ecosistemas.

Al analizar los índices ecológicos (tabla 2), no se encontró diferencia marcada entre los sistemas evaluados. El Índice de *Shannon-Wiener* es un estimador de la diversidad y su valor usualmente se encuentra entre 1,5 y 3,5.

El número de especies es la medida más utilizada para los análisis de biodiversidad. Los índices de Shannon y Equitatividad indicaron valores medios de diversidad y mostraron que la comunidad

Tabla 1. Número de individuos por orden en ambos sistemas.

Orden	Pastos naturales	Sistema silvopastoril	Total
Coleoptera	133	313	446
Haplotaxida	78	144	222
Spirobolida	5	11	16
Moluscos	7	43	50
Lepidoptera	9	40	49
Aracnido	16	18	34
Isopoda	50	117	167
Chilopoda	16	50	66
Ortoptera	39	46	85
Diptera	10	20	30
Hemiptera	9	43	52
Total	367	840	1 207

Tabla 2. Índices de biodiversidad por sistema.

Índice	Pastos naturales	Sistema silvopastoril
Shannon Wiener	1,83	1,94
Equitatividad	0,76	0,81
Simpsons D	4,75	5,00
Margalef	1,52	1,48

de la macrofauna del sistema silvopastoril es más diversa y uniforme que en el sistema de pastizal.

Los valores del Índice de Shannon fueron superiores a los informados por Escobar-Montenegro *et al.* (2017), quienes refirieron 1,69 en pastizales y 1,68 en un sistema silvopastoril, aunque sin diferencias significativas entre ambos.

La riqueza de especies, determinada por el Índice de Margalef, evidenció homogeneidad de taxones en los dos sistemas. Sin embargo, Margalef (2002) señaló que valores inferiores a 2,0 se relacionan con zonas de baja biodiversidad (en general como resultado de efectos antropogénicos). Valores superiores a 5,0 se consideran como indicativos de alta biodiversidad. En este estudio se encontró baja diversidad de la macrofauna en los dos tratamientos (pastos naturales y sistema silvopastoril), lo que se puede deber al drenaje deficiente de este suelo y a las perturbaciones causadas por la actividad del hombre al manejar estos sistemas. Es necesario un plan de rehabilitación de estas áreas, con mayor cantidad de especies, sobre todo de gramíneas mejoradas y leguminosas herbáceas,

que contribuyan al mejoramiento y conservación del suelo.

En cuanto al Índice de Simpson, el mayor valor se presentó en el sistema silvopastoril, lo que indica la mayor probabilidad de que dos individuos elegidos al azar en una comunidad provengan de diferentes especies.

En la figura 1 se muestra la curva de rango/abundancia de la comunidad de la macrofauna edáfica para la riqueza por orden del sistema de los pastos naturales. Se encontró que el orden Coleoptera fue el más abundante, seguido de Oligochaeta e Isopoda. Los menos representados fueron los individuos de los órdenes Lepidoptera, Hemiptera, Gastropoda y Spirobolida, con menos de 10 individuos.

El sistema silvopastoril mostró abundancia superior de la macrofauna (figura 2), lo que coincide con lo informado por Cabrera-Dávila *et al.* (2017) y se atribuye a la mayor cobertura del suelo, que ofrece condiciones óptimas de temperatura y humedad para el desarrollo de la fauna edáfica. Esta curva

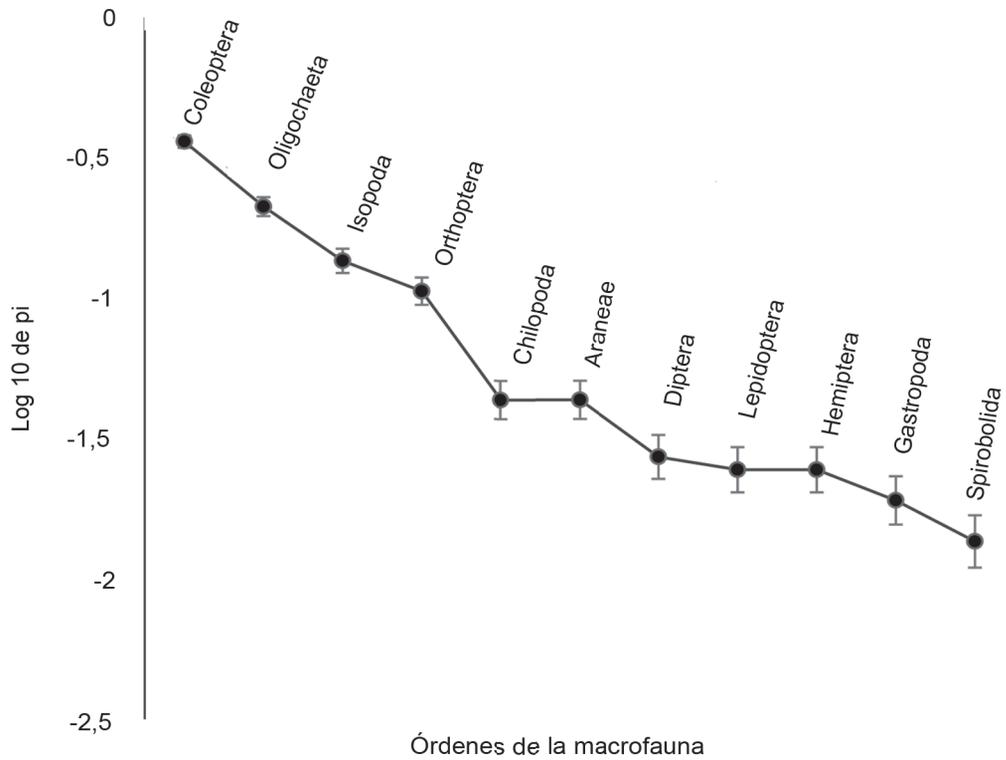


Figura 1. Curva de rango/abundancia de la macrofauna edáfica en pastos naturales.

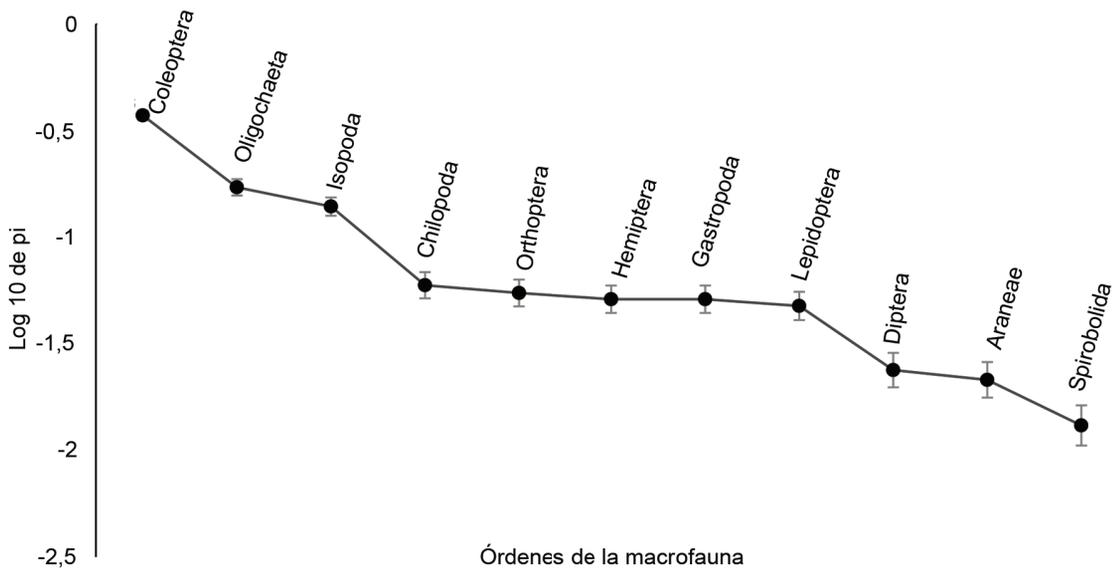


Figura 2. Curva de rango/abundancia de la macrofauna edáfica en el sistema silvopastoril.

mostró, además, que el orden Coleoptera, seguido de Oligochaeta, fue el más abundante en el sistema silvopastoril. Los menos representados fueron Araneae y Spirobolida.

La presencia de los coleópteros como orden más abundante en ambos sistemas es importante, ya que realizan funciones ecológicas valiosas para el equilibrio de los agroecosistemas. Son fundamentales en la limpieza de las praderas, al enterrar el estiércol y evitar que el área de pastoreo que contiene bosta sea rechazada por el ganado (Cárdenas-Castro y Páez-Martínez, 2017).

Según Cabrera-Dávila *et al.* (2017), este orden, de acuerdo con su funcionalidad, puede ser detritívoro, depredador y herbívoro. El grupo funcional de los detritívoros abarca gran parte de los invertebrados que habitan en el interior del suelo (endógeos) y en su superficie (epígeos). Estos últimos son los principales encargados de triturar los restos vegetales y animales que forman la hojarasca, lo que reduce el tamaño de las partículas de detrito e incrementa la superficie expuesta a la actividad descomponedora de bacterias y hongos. Sin la acción de los organismos detritívoros se hacen más lentos los procesos de descomposición de la materia orgánica y el reciclaje de nutrientes en el suelo.

Los depredadores, por su parte, consumen invertebrados y pequeños vertebrados vivos, de forma que modifican el equilibrio de sus poblaciones, el balance entre estas y los recursos disponibles en el ecosistema.

Los herbívoros se alimentan de las partes vivas de las plantas, lo que influye en la cantidad de material vegetal que ingresa al suelo y, por ende, contribuyen al incremento de su fertilidad.

En cuanto a los oligoquetos, numerosos autores informan que este grupo es predominante en la macrofauna edáfica en la mayoría de los sistemas agropecuarios (Chávez-Suárez *et al.*, 2016). Se clasifican por su actividad como ingenieros del ecosistema, influyen en las transformaciones de la materia orgánica y las propiedades físicas del suelo, al establecer canales y poros que favorecen la aireación, el drenaje, la estabilidad de agregados y la capacidad de retención de agua. Además, generan estructuras biogénicas, que son reservorios de nutrientes, controlan la disponibilidad de recursos para otros organismos y activan la microflora edáfica a través de interacciones mutualistas (Lavelle *et al.*, 2016).

Estos resultados avalan la importancia de los sistemas silvopastoriles para la conservación de la

fertilidad de los suelos ganaderos en comparación con el monocultivo de gramíneas, lo que coincide con lo informado por Sánchez y Crespo (2004) en Cuba, en cuanto a la mayor abundancia de macrofauna en los sistemas silvopastoriles respecto a los pastos en monocultivo.

El modelo de monocultivo de gramíneas ha demostrado que no es la mejor alternativa tecnológica en los ecosistemas tropicales (Mauricio, 2012), debido a la baja calidad nutricional de estas especies, más aún cuando predomina el pastoreo continuo. Estas condiciones generan períodos críticos en la época de sequía, durante la cual disminuyen de manera drástica la disponibilidad y la calidad de los forrajes y, por ende, se afecta la producción de leche, carne y los parámetros reproductivos en los sistemas de producción bovina (Cuartas-Cardona *et al.*, 2014; Navas-Panadero, 2017).

La densidad de la macrofauna edáfica se afecta por la riqueza de especies vegetales presentes en los sistemas y la cobertura. Esto se podría explicar porque diversas especies de plantas le brindan a la biota del suelo hábitats propicios para su desarrollo, debido a la disponibilidad de nutrientes y condiciones de temperatura y humedad que favorecen su desarrollo. Esto coincide con estudios recientes de Wu y Wang (2019), quienes comprobaron la hipótesis de que la macrofauna depende de las condiciones específicas de microhábitats del suelo creadas por la vegetación. Estos autores resaltan que la distribución espacial de la macrofauna del suelo es más clara en su composición comunitaria, abundancia y diversidad que la mesofauna. Lo anterior también repercute en la heterogeneidad de los recursos para la alimentación, desarrollo y refugio de la macrofauna, ya que no se crea un microclima favorable.

Por lo antes expuesto, es necesario minimizar el desbalance de la producción de alimentos que caracteriza a los sistemas sin árboles (Murgueitio-Restrepo *et al.*, 2016) y hacer un uso más eficiente de las asociaciones de gramíneas con árboles leguminosos, que contribuyen a mejorar la fertilidad de los suelos.

Conclusiones

El sistema silvopastoril le proporciona a la comunidad de macroinvertebrados condiciones favorables para el óptimo desarrollo de la macrofauna edáfica. En este sistema se encontró mayor cantidad y diversidad de individuos.

La composición taxonómica de la macrofauna edáfica es similar en los sistemas evaluados, y existen diferencias en cuanto a la diversidad y equitatividad

de los órdenes. Los órdenes Coleoptera y Oligochaeta fueron los más dominantes. Sin embargo, no hubo diferencia marcada entre los índices ecológicos en ambos sistemas ganaderos.

Agradecimientos

Se agradece a la dirección de la Unidad Básica de Producción Cooperativa, donde se realizaron los muestreos y a la Estación Territorial de Protección de Plantas de Iguará, en Yaguajay, por el apoyo en la identificación de la macrofauna edáfica.

Contribución de los autores

- Marta Beatriz Hernández-Chávez. Concibió la idea de la investigación, participó en el análisis e interpretación de los datos y redactó el artículo.
- Wendy Mercedes Ramírez-Suárez. Concibió la idea de la investigación, participó en el análisis e interpretación de los datos y redactó el artículo.
- Alexis Abilio-Zurita. Participó en la concepción de la investigación, realizó los experimentos, la recolección de datos y participó en el análisis y discusión de los resultados.
- Marlen Navarro-Boulandier. Participó en la concepción de la investigación, en el análisis e interpretación de los datos.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto entre ellos.

Referencias bibliográficas

- Aguilar, Yulaidis; Castellanos, Nicasio & Riverol, M. Manejo ecológico del suelo. En: F. Funes-Aguilar y L. L. Vázquez-Moreno, eds. *Avances de la Agroecología en Cuba*. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey. p. 91-106, 2016.
- Anderson, J. M. & Ingram, J. S. I., Eds. *Tropical soil biology and fertility: a handbook of methods*. 2nd ed. Wallingford, UK: CABI, 1993.
- Benavides, E. L.; Morales, Lidia N. & Navia, J. F. Propiedades físicas y contenido de materia orgánica en diferentes usos del suelo en Samaniego, Colombia. *Agroforestería neotropical*. 5:27-41, 2015.
- Cabrera-Dávila, Grisel; Socarrás-Rivero, Ana A.; Hernández-Vigoa, Guillermina; Ponce de León-Lima, D.; Menéndez-Rivero, Yojana I. & Sánchez-Rendón, J. A. Evaluación de la macrofauna como indicador del estado de salud en siete sistemas de uso de la tierra en Cuba. *Pastos y Forrajes*. 40 (2):118-126, 2017.
- Cárdenas-Castro, Estrella & Páez-Martínez, A. Comportamiento reproductivo de coleópteros coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae) en condiciones de

laboratorio. *Revista de Ciencias Agrícolas*. 34 (1):74-83, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.22267/rcia.173401.64>.

- Chávez-Suárez, Licet; Labrada-Hernández, Yakelín & Álvarez-Fonseca, A. Macrofauna del suelo en ecosistemas ganaderos de montaña en Guisa, Granma, Cuba. *Pastos y Forrajes*. 39 (3):111-115, 2016.
- Cuartas-Cardona, C. A.; Naranjo-Ramírez, J. F.; Taronza-Morales, A. M.; Murgueitio-Restrepo, E.; Chará-Orozco, J. D.; Ku-Vera, J. *et al.* Contribution of intensive silvopastoral systems to animal performance and to adaptation and mitigation of climate change. *Rev. Colom. Cienc. Pecuaria*. 27 (2):76-94, 2014.
- Escobar-Montenegro, Alexa del C.; Bartolomé-Filella, J. & González-Valdivia, N. Estudio comparativo macrofauna del suelo en sistema agroforestal, potrero tradicional y bosque latifoliado en microcuencas del trópico seco, Tomabú, Nicaragua. *Revista Científica de FAREM-Esteli. Medioambiente, tecnología y desarrollo humano*. 6 (22):39-49, 2017.
- García, Y.; Ramírez, Wendy & Sánchez, Saray. Indicadores de la calidad de los suelos: una nueva manera de evaluar este recurso. *Pastos y Forrajes*. 35 (2):125-138, 2012.
- 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.
- Lavelle, P.; Spain, A.; Blouin, M.; Brown, G.; Decaens, T.; Grimaldi, M. *et al.* Ecosystem engineers in a self-organized soil: a review of concepts and future research questions. *Soil Sci.* 181 (3/4):91-109, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1097/ss.000000000000155>.
- Levene, H. Robust test for equality of variance. In: I. Olkin, S. G. Ghurye, W. Hoeffding, W. G. Madow and H. B. Mann, eds. *Contributions to probability and statistics: essays in honor of Harold Hotelling*. Palo Alto, USA: Stanford University Press. p. 278-292, 1960.
- Lok, Sandra. Soils dedicated to cattle rearing in Cuba: characteristics, management, opportunities and challenges. *Cuban J. Agric. Sci.* 50 (2):279-290, 2016.
- Magurran, A. E. *Ecological diversity and its measurement*. New Jersey, USA: Princeton University Press, 1988.
- Margalef, R. Diversidad y biodiversidad. En: A. Bonet, ed. *Gestión de espacios protegidos*. Alicante, España: Departamento de Ecología, Universidad de Alicante, 2002.
- Martínez-Pastur, G. J.; Peri, P. L.; Huertas-Herrera, A.; Schindler, S.; Díaz-Delgado, R.; Lencinas, María V. *et al.* Linking potential biodiversity and three ecosystem services in silvopastoral managed forest

- landscapes of Tierra del Fuego, Argentina. *Int. J. Biodivers. Sci. Ecosyst. Serv. Manag.* 13 (2):1-11, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1080/21513732.2016.1260056>.
- Mauricio, R. M. Comment to “Pasture shade and farm management effects on cow productivity in the tropics” by Justin A.W. Ainsworth, Stein R. Moe, C. Skarpe [Agric. Ecosyst. Environ. 155 (2012) 105-110]. *Agric. Ecosyst. Environ.* 161:78-79, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2012.07.012>.
- Murgueitio-Restrepo, E.; Barahona-Rosales, R.; Flores-Estrada, Martha X.; Chará-Orozco, J. D. & Rivera-Herrera, J. E. Es posible enfrentar el cambio climático y producir más leche y carne con sistemas silvopastoriles intensivos. *Ceiba*. 54 (1):23-30, 2016. DOI: <https://doi.org/10.5377/ceiba.v54il:2774>.
- Navas-Panadero, A. Conocimiento local y diseño participativo de sistemas silvopastoriles como estrategia de conectividad en paisajes ganaderos. *Rev. Med. Vet.* (34 supl.):55-65, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.19052/mv.4255>.
- Pisces Conservation. *Species diversity & richness (SDR)*. Version 4.1.2. Lymington, UK: Pisces Conservation Ltd, 2020.
- Ruiz, Nuria; Lavelle, P. & Jiménez, J. *Soil macrofauna field manual. Technical level*. Rome: IRD, FAO, 2008.
- Sánchez, Saray & Crespo, G. Comportamiento de la macrofauna del suelo en pastizales con gramíneas puras o intercaladas con leucaena. *Pastos y Forrajes*. 27 (4):347-353, 2004.
- Schindler, S.; O'Neill, Fionnuala H.; Biró, Marianna; Damm, C.; Gasso, V.; Kanka, R. *et al.* Multifunctional flood plain management and biodiversity effects: A knowledge synthesis for six European countries. *Biodiv. Conserv.* 25:1349-1382, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10531-016-1129-3>.
- Shapiro, S. S. & Wilk, M. B. An analysis of variance test for normality. *Biometrika*. 52 (3/4):591-611, 1965. DOI: <https://doi.org/10.2307/2333709>.
- Velasquez, E. & Lavelle, P. Soil macrofauna as an indicator for evaluating soil based ecosystem services in agricultural landscapes. *Acta Oecol.* 100:103446, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.actao.2019.103446>.
- Wu, P. & Wang, C. Differences in spatiotemporal dynamics between soil macrofauna and mesofauna communities in forest ecosystems: The significance for soil fauna diversity monitoring. *Geoderma*. 337:266-272, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.09.031>.