

La macrofauna

del suelo y su fertilidad bajo monocultivo de caña de azúcar en comparación con ecosistemas naturales

Soil macrofauna and its fertility under sugarcane monoculture compared to natural ecosystems

Recibido: 07/01/25

Aceptado: 25/03/25

Publicado: 2/04/25

Emma Bárbara Pineda Ruiz¹

E-mail: emma.pineda@inicavc.azcuba.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9880-3060>

Iliá Lugo Ruiz²

E-mail: ilia.lugo@inicavc.azcuba.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2185-5273>

Onelio Fundora Herrera²

E-mail: o.fundora@uclv.edu.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4190-0852>

¹Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA Villa Clara). Cuba.

²Universidad Central de Las Villas (UCLV). Cuba.

*Autor para correspondencia

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Pineda Ruiz, E. B., Lugo Ruiz, I. y Fundora Herrera, O. (2025). La macrofauna del suelo y su fertilidad bajo monocultivo de caña de azúcar en comparación con ecosistemas naturales. *Revista Científica Agroecosistemas*, 13, e758. <http://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/758>

RESUMEN

Los ecosistemas naturales tienen un efecto protector sobre el suelo, de ahí que la comparación de la fertilidad de los mismos con la asociada al cultivo de la caña de azúcar contribuiría a una mejor valoración de las consecuencias de este cultivo sobre la calidad del suelo, para ello se evaluó como indicador biológico a la macrofauna en un suelo Pardo vértico bajo monocultivo durante 35 años, en relación con ecosistemas naturales, bajo regímenes de cultivos diferentes: bosque y pasto; se muestrearon los ecosistemas a diferentes profundidades y los resultados fueron analizados estadísticamente utilizando el paquete SPSS, versión 18.0, los datos de la macrofauna se sometieron a análisis de varianza de clasificación simple, con posterior comparación de medias (prueba HSD de Tukey). Para el estudio de la biodiversidad se incluyó un área de cultivos anuales además de las anteriormente mencionadas. La diversidad de la macrofauna presente en los ecosistemas resultó mayor en el bosque, similar en pasto y caña de azúcar e inferior en los cultivos en hileras. Los resultados evidencian que los indicadores biológicos evaluados, relacionados con la macrofauna, muestran al monocultivo de la caña de azúcar con una influencia moderada en la disminución de la fertilidad biológica del suelo.

Palabras clave:

Biodiversidad, Cultivos, Indicador Biológico.

ABSTRACT

Natural ecosystems have a protective effect on the soil, hence the comparison of their fertility with that associated with sugarcane cultivation would contribute to a better assessment of the consequences of this crop on soil quality. To this end, the macrofauna in a Vertic Brown soil under monoculture for 35 years was evaluated as a biological indicator, in relation to natural ecosystems, under different crop regimes: forest and pasture. To this end, the ecosystems were sampled at different depths and the results were statistically analyzed using the SPSS package, version 18.0. The macrofauna data were subjected to simple classification variance analysis, with subsequent comparison of means (Tukey's HSD test). For the study of biodiversity, an area of annual crops was included in addition to those previously mentioned. The diversity of macrofauna present in the ecosystems was greater in the forest, similar in grass and sugar cane and lower in row crops. The results show that the biological indicators evaluated, related to macrofauna, show that sugar cane monoculture has a moderate influence on the decrease in soil biological fertility.

Keywords:

Biodiversity, Crops, Biological Indicator.

INTRODUCCIÓN

La fertilidad del suelo se define como la capacidad continua de este recurso para mantener el crecimiento sano de las plantas y la productividad del ecosistema, lo cual depende de las características químicas, físicas y biológicas del mismo. La fertilidad biológica se vincula, con los procesos biológicos del suelo, relacionados con sus organismos, en todas sus formas. Estos organismos son imprescindibles para sostener diversos procesos del suelo que representan servicios de interés para todo el ecosistema (Sarandón et al., 2014).

En el suelo existen millones de organismos por cada m², que son divididos en mesofauna, macro y microorganismos. La mesofauna está compuesta por protozoarios, nemátodos, ácaros y colémbolos. La macrofauna por ciempiés, hormigas, termitas, larvas de insectos, lombrices y moluscos, mientras que los microorganismos están compuestos por bacterias, hongos, algas y actinomicetos. La mayoría de los componentes de la mesofauna y muchos de la macrofauna mejoran la fertilidad física de los suelos, al revolverlo y cavarlo y movilizan nutrientes a través de la secreción de enzimas. También las enzimas secretadas por los animales del suelo, como lombrices nematoides saprófagos, larvas de insectos, etc., pueden estimular el crecimiento de las plantas (Hernández, 2023).

La macrofauna del suelo es responsable de una serie de funciones ecológicas y servicios ecosistémicos únicos, que incluye la descomposición de la materia orgánica, el secuestro de carbono orgánico, el ciclaje de nutrientes, el mantenimiento de la estructura del suelo y la infiltración del agua en el suelo. Por la importancia de estas funciones vitales para los ecosistemas, la macrofauna del suelo ha recibido mucha atención en medio de un contexto de cambio global (Coyle et al., 2017; Machado et al., 2021).

El comportamiento de su riqueza taxonómica, diversidad, densidad, biomasa y composición funcional se ha usado directamente en la evaluación de diferentes usos y manejos de los suelos (Chávez et al., 2020).

Por la función ecológica que desempeñan estos organismos y su relación con las propiedades del suelo, tanto físicas como químicas, que determinan su establecimiento (por ejemplo: humedad, compactación, porosidad, materia orgánica), son valorados como bioindicadores de fertilidad del suelo y del impacto de diferentes sistemas de manejo. Entre los rasgos que justifican su utilización como indicadores biológicos se pueden señalar: la ventaja de su diversificación taxonómica y ecológica, sus hábitos relativamente sedentarios, la presencia a lo largo del año, la consecuente transformación del contenido de materia orgánica, la posibilidad de que sean manipulados e identificados (tratamiento taxonómico).

Además, su corto período entre generaciones permite una rápida respuesta poblacional a los cambios ambientales, y su alta densidad y capacidad de reproducción posibilitan

un muestreo intensivo, sin que ello provoque desequilibrio en la comunidad (Cabrera, 2014). El hecho de que sean fáciles de ver, identificar y manipular en el campo, y por la frecuencia con que son encontrados durante el proceso de preparación del terreno por los propios productores, es que se toman en cuenta para su uso como bioindicador (Cabrera et al., 2022).

El presente trabajo tuvo por objetivo comparar el efecto del monocultivo de la caña de azúcar con otros ecosistemas naturales; bosque y pastos y cultivos “limpios en hileras” sobre la macrofauna como indicador de la biodiversidad y la fertilidad del suelo.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación realizada se desarrolló en cuatro ecosistemas sobre suelo Pardo vértico (Hernández et al., 2015), en áreas de INICA Villa Clara, municipio de Ranchuelo.

Ecosistema 1: Se encuentra dedicado al cultivo de la caña de azúcar, (*Saccharum spp.*) plantada en el año 1988 y cosechada verde, manualmente con más de 30 años bajo esta condición de agricultura convencional.

Ecosistema 2: Establecido con árboles de más de 70 años de edad, con plantación inicial de *Tectona grandis* L. (teca), que se ha ido diversificando en el número de especies, hasta adquirir la estructura y composición semejante a un área de bosque natural.

Ecosistema 3: Se encuentra desprovisto de árboles y presenta fundamentalmente los siguientes pastos naturales *Dichanthium annulatum* (Forsk.) Stapf. (pitilla villareña), *Digitaria adscendens* (Kunth) Henr. (pata de gallina) y *Panicum maximum* Jacq. (yerba de guinea), el cual presenta un periodo de existencia de más de 70 años como área de pasto natural.

Ecosistema 4: Área seleccionada bajo sistema de agricultura convencional aledaña a los ecosistemas anteriores que ha presentado una larga secuencia de cultivos anuales en hileras (“cultivos limpios”), tales como *Zea mays* L. (maíz) y *Phaseolus vulgaris* L. (frijol), para comparar, y estudiar el comportamiento de la macrofauna en el suelo con respecto a los otros ecosistemas, y contar con más elementos al valorar el efecto de la caña de azúcar sobre la fertilidad del suelo.

La caracterización de los sitios evaluados se hizo a través de perfiles de suelo pertenecientes a la Red de perfiles INICA, correspondiente al suelo Pardo vértico (Hernández et al., 2015), el cual correlacionó con un Cambisol éutrico vértico según World Reference Base for Soil Resources (WRBSR, 2022).

Para realizar el análisis microbiológico, se tomaron cinco muestras por cada ecosistema, en el último año evaluado en la investigación, para estudiar la macrofauna, donde se determinó el número total de individuos con un marco de 0.25 cm por 0.25 cm, a 0-10 y 10-20 cm de profundidad y el

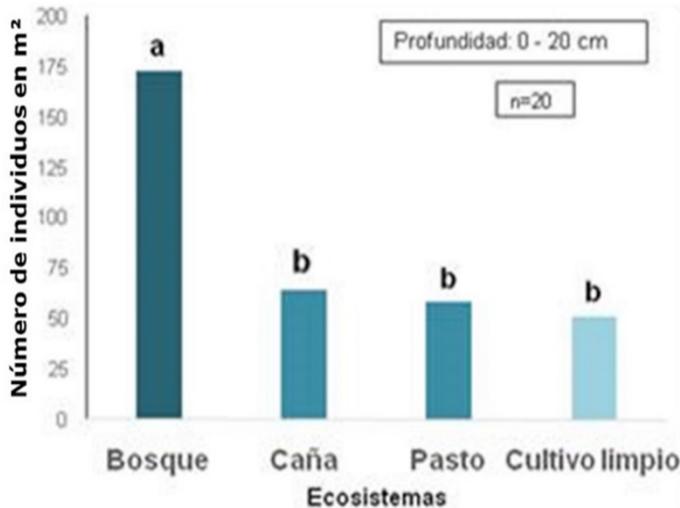
número de taxones (Ordenes y Clases) y de individuos por cada uno de ellos, según metodología utilizada en Cuba por Sánchez *et al.* (1997); Cabrera, (2014); Yera, (2011) entre otros. Lo resultados se expresan en totales de 0-20 cm, sumando los resultados en ambas profundidades.

Para los análisis estadísticos se utilizó el paquete SPSS, versión 18.0 y los datos obtenidos de la macrofauna se sometieron a análisis de varianza de clasificación simple, con posterior comparación de medias (prueba HSD de Tukey).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El bosque ofrece las mejores condiciones para la macrofauna por el ambiente que crea, favorables situaciones y más estables de temperatura y humedad, abundante material disponible para la alimentación de los diferentes niveles tróficos, además de mayor contenido de humus, por ello no son de extrañar los resultados respecto a número de individuos y de taxones. Es de destacar que los otros cultivos no mostraran diferencias significativas entre ellos. Los valores alcanzados en caña de azúcar la ubican en una posición intermedia entre el bosque y el resto de ellos cultivos evaluados. La caña cubre la mayor parte del tiempo el suelo, con todo el efecto favorable que esto puede tener para su bioactividad, ya sea sombreándolo o cubriéndolo con residuos. (Machado *et al.*, 2021).

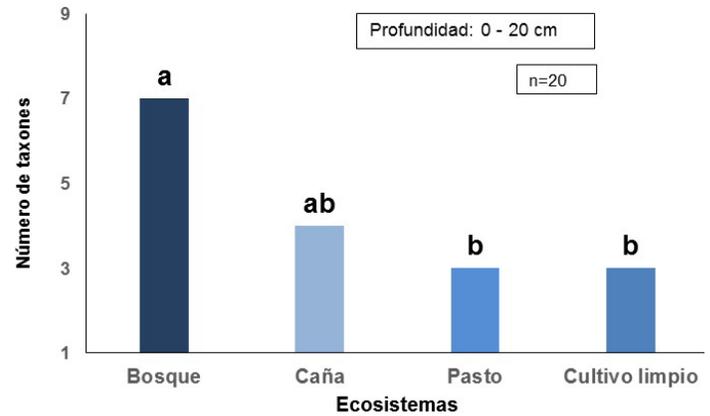
Fig. 1. Comportamiento del número de individuos en los ecosistemas evaluados.



Medias con letras distintas difieren para $p \leq 0.05$ según prueba HSD de Tukey

Fuente: Elaboración propia

Fig. 2. Número de taxones en los ecosistemas evaluados.



Medias con letras distintas difieren para $p \leq 0.05$ según prueba HSD de Tukey

Fuente: Elaboración propia

El bosque ofrece las mejores condiciones para la macrofauna por el ambiente que crea, favorables situaciones y más estables de temperatura y humedad, abundante material disponible para la alimentación de los diferentes niveles tróficos, además de mayor contenido de humus, por ello no son de extrañar los resultados respecto a número de individuos y de taxones. Es de destacar que la caña de azúcar haya resultado intermedia entre el bosque, por una parte, y el pasto y los cultivos limpios, por otra. La caña de azúcar cubre la mayor parte del tiempo el suelo, con todo el efecto favorable que esto puede tener para su bioactividad, ya sea sombreándolo o cubriéndolo con residuos.

La macrofauna resulta útil y muy usada como indicador de la biodiversidad del propio suelo (Chávez *et al.*, 2020); refleja no solamente el posible impacto de estos transformadores del material vegetal muerto y de organismos ingenieros del ecosistema sobre las diferentes funciones del suelo, sino también es indicadora del estado de la inmensa biodiversidad endógena (microflora, micro y mesofauna). Es conveniente recordar que un resultado sobre la macrofauna refleja a su vez el estado de la biodiversidad del suelo en general, incluyendo mesofauna y vida microbiana (Castillo *et al.*, 2023).

Para evaluar la biodiversidad, por su complejidad, no basta un solo punto de vista, sino que es necesario realizar diferentes evaluaciones para un mejor acercamiento a su realidad y significado en el ecosistema. Existe la diversidad genética, específica, estructural, funcional, etc., las cuales han de considerarse al hacer la valoración de la macrofauna en un ecosistema. El número de especies, o en su defecto el número de taxones superiores como familias, clases u órdenes, es importante al respecto, pero también lo es el número de individuos por taxones, la proporción entre ellos (porcentaje), además su presencia atendiendo a los servicios ecológicos que presten, es decir los grupos funcionales, en este caso aquellos relacionados con la fertilidad del suelo, e incluso los elementos claves de la biodiversidad funcional, incluyendo los utilizados como bioindicadores (Sarandón, 2014).

La macrofauna pudo ser asociada a los grupos funcionales de ingenieros del suelo, detritívoros, herbívoros y depredadores (Cabrera, 2014 y Chávez *et al.*, 2020), los cuales estuvieron siempre presentes en todos los ecosistemas (Tabla 1).

Tabla 1. Clase, orden y grupo funcional en cada ecosistema.

Clase	Orden	Grupos funcionales	Ecosistemas			
			Caña de azúcar	Bosque	Pasto	Cultivo limpio
Insecta	Dictyoptera	Detritívoros	3	3	3	3
	Dermactera	Depredadores y detritívoros	-	10	-	3
	Coleóptera	Herbívoros	6	16	3	6
	Hymenoptera	Ingenieros del Suelo	16	35	13	16
	Isoptera	Detritívoros e ingenieros del Suelo	-	19	-	-
	Orthoptera	Herbívoros	3	6	-	6
	Collembola	Depredadores	-	13	3	-
Arachnida	Araneae	Depredadores	3	10	6	-
Chilopoda	Scolopendromorpha	Depredadores	6	13	6	6
Diplopoda	Spirobolina	Detritívoros	6	13	-	3
Oligochaeta	Haplotaxida	Ingenieros del Suelo	13	29	19	6
Gastropoda	Pulmonata	Detritívoros	6	13	3	3

Fuente: Elaboración propia

Los órdenes *Haplotaxida* (lombrices de tierra), *Hymenoptera* (hormigas) y en cierta medida *Isoptera* (termitas) se consideran ingenieros del suelo ya que su acción conduce a la transformación de sus propiedades físicas (regulan la compactación, la porosidad, las condiciones hídricas y la macroagregación), además de influir en la humificación de la materia orgánica.

En el caso de los detritívoros, los órdenes de la macrofauna comúnmente encontrados en la mayoría de los ecosistemas fueron *Dictyoptera*, *Isoptera*, *Pulmonata* y *Spirobolina*.

Ellos viven y se alimentan en la superficie del suelo, ayudando en el fraccionamiento de la hojarasca y, por ende, en los procesos de transformación de la materia orgánica al influir en la disminución del tamaño de los restos vegetales (Cabrera, 2014).

Dentro de los herbívoros, se observaron en todos los ecosistemas las larvas de coleópteros, y los órdenes *Orthoptera* y Hemiptera. Para los depredadores, las unidades taxonómicas coincidentes fueron *Araneae*, *Colembola*, *Dermactera* y *Scolopendromorpha*.

Se observa en todos los ecosistemas la predominancia de *Hymenoptera* (hormigas) y de *Aplotaxida* (lombrices de tierra), aunque debe señalarse que el bosque se destaca por mostrar la mayor abundancia absoluta de lombrices de tierra y hormigas. El orden *Isoptera* (termitas), que también se incluye entre los organismos "ingenieros o constructores", solo se presenta en el bosque, y aun con escasa presencia. Yera (2011) encontró en suelos Pardos mullidos carbonatados bajo tres ecosistemas: cultivos limpios, bambú y marabú que los representantes más abundantes de la macrofauna eran lombrices de tierra y hormigas. Fundora *et al.*, (2000) observaron en un suelo Ferralítico rojo de bajo

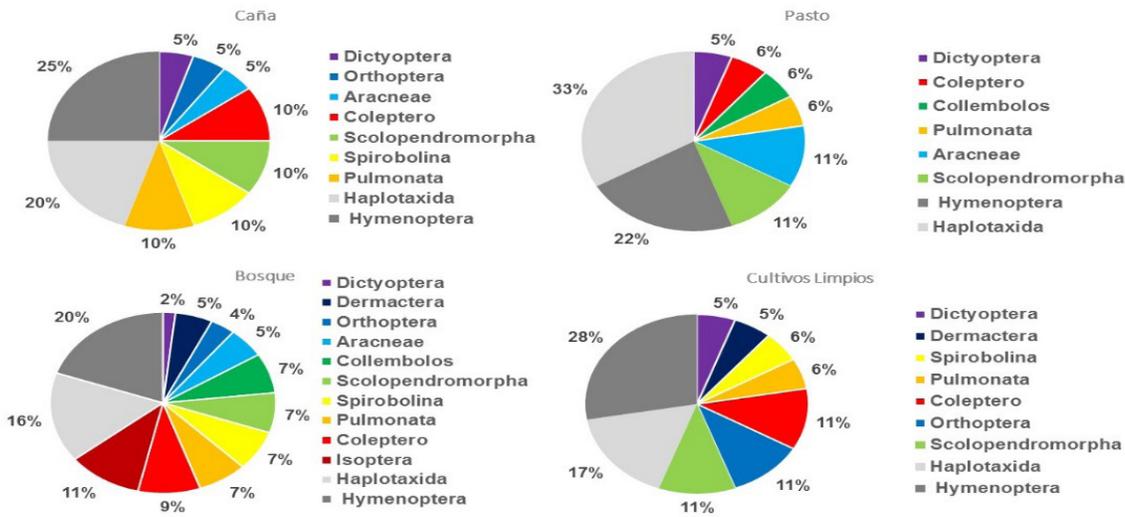
contenido en materia orgánica y pobre fertilidad general, bajo caña de azúcar, una escasa macrofauna que mejoraba con la presencia de lombrices de tierra solamente en aquellas parcelas que habían aumentado su fertilidad por aplicación de abono orgánico.

También los organismos con función detritívora resultaron más abundantes en el bosque, seguidos por la caña de azúcar, lo que avala a este cultivo como favorable, hasta cierto punto, a la macrofauna, por su cobertura.

La biodiversidad es más diversa cuanto más rica y equitativa en porcentaje de taxones; se habla a este respecto de equitatividad de las especies (Sarandón, *et al.*, 2014). En la Figura 3 aparecen los órdenes y el porcentaje de cada uno en todos los ecosistemas.

El bosque, el cual debe ser tomado como paradigma de ecosistema, presenta el mayor equilibrio entre los porcentajes de taxones, señalándose que, en él, como en todos los demás ecosistemas la presencia de Hymenóptera y *Haplotaxida*, resultan los taxones más abundantes expresados como porcentaje de individuos por cada uno, pero con presencia más equilibrada. También se destaca el hecho de que en el pastizal el orden *Haplotaxida* tiene una abundancia relativa mayor que en los demás ecosistemas y el Orden *Hymenoptera* la tiene en los cultivos limpios. Aunque las hormigas son reconocidas como ingenieros del ecosistema y poseen efectos benéficos sobre la calidad del suelo, los resultados obtenidos en Cuba evidencian la prevalencia y resistencia de las hormigas en sistemas degradados. Se ha señalado a las hormigas para diferentes áreas del trópico, como indicadoras de cambios fuertes en el ecosistema debido a su habilidad para sobrevivir mayormente en suelos agrícolas a pesar de los disturbios del medio (Cabrera, *et al.*, 2011a).

Fig. 3. Composición de la macrofauna bajo monocultivo de caña de azúcar, bosque, pasto y cultivo limpio a la profundidad de 0-20 cm.

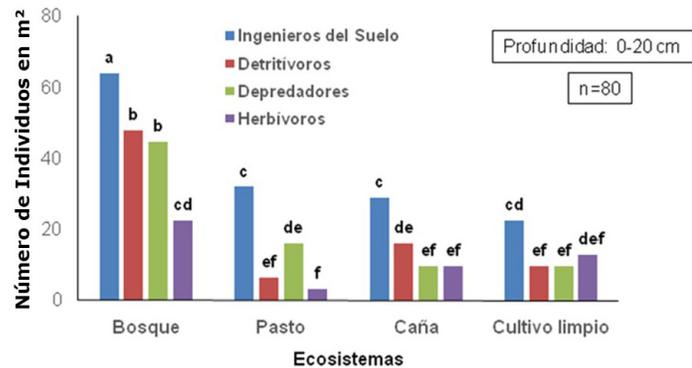


Fuente: Elaboración propia

En la actualidad se hace referencia a la diversidad funcional como la más importante que las valoraciones cuantitativas, sin dejarse de reconocer que una mayor biodiversidad cuantitativa tiene más posibilidades de representar una mayor funcionalidad, por la mayor presencia de elementos (taxones, por ejemplo) o grupos funcionales. Se entiende por biodiversidad funcional aquella con efectos útiles sobre el medio ambiente (Sarandón *et al.*, 2014), a lo que anteriormente ya se ha hecho alusión.

Cuando se comparan los cuatro ecosistemas respecto a los grupos funcionales (Figura 4), resulta que todos ellos tienen una presencia mucho mayor en el bosque que en los demás ecosistemas. Es de destacar que entre la caña de azúcar y el pasto no existen diferencias significativas entre grupos. Por otra parte, el monocultivo de caña de azúcar muestra una clara tendencia a presentar mayor número de individuos de los grupos ingenieros y detritívoros que el cultivo limpio, también es de destacar que la caña se acerca más al pasto que los cultivos limpios respecto al grupo ingenieros, debido, como ya se expuso, a la mayor cobertura y protección del suelo por la caña (Fig. 4).

Fig. 4. Comportamiento de los grupos funcionales en caña de azúcar, bosque, pasto y el cultivo limpio.



Medias con letras distintas difieren para $p \leq 0.05$ según prueba HSD de Tukey

Fuente: Elaboración propia

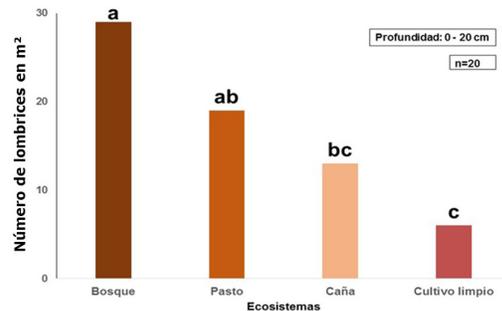
Dentro de los ingenieros del suelo en los bosques y en general en todos los ecosistemas, respecto al número de individuos, tuvieron una fuerte influencia las hormigas. Linares (2009) detectó a los ingenieros del suelo, incluyendo las lombrices de tierra, como los más abundantes en los bosques y los sistemas agroforestales del Perú.

El significado que se ha concedido en lo anteriormente expuesto respecto al grupo funcional ingenieros del suelo y el grupo detritívoros parte del papel decisivo de ambos en la fertilidad del suelo, sin dejar de reconocer la función de los otros grupos como parte de la cadena trófica de cualquier ecosistema (Cabrera *et al.*, 2011b).

Como elemento de la biodiversidad funcional se ha enfatizado la presencia de lombrices por su relación con la fertilidad del suelo (Chávez *et al.*, 2020), de ahí que se resulte conveniente discutirla en específico.

Los bosques presentaron los mayores valores en número de individuos ($29 \text{ individuos m}^{-2}$) de lombrices de tierra, con mayor estabilidad, con menor intervención en relación con los restantes ecosistemas, dos de ellos incluyendo laboreo del suelo, como se muestra en la Figura 5.

Fig. 5. Número de lombrices presente en los ecosistemas evaluados.



Medias con letras distintas difieren para $p \leq 0.05$ según prueba HSD de Tukey

Fuente: Elaboración propia

Los pastizales (19 individuos m⁻²) y la caña de azúcar (13 individuos m⁻²), se caracterizaron por un grado de intervención media, y no mostraron diferencia significativa entre ellos, aunque es necesario reconocer que mientras que el pasto no muestra diferencia con el bosque la caña si la tiene. Los cultivos limpios presentaron el menor número de individuos (6 individuos m⁻²); lo que se pudiera atribuir a que este ecosistema está sometido a un nivel superior de perturbación por la práctica reiterada de procedimientos agrícolas y menor sombra, lo que provoca severos daños en las poblaciones de lombrices (Krementschmer, 2004).

La relación de la lombriz de tierra con la fertilidad resulta, por una parte, de su efecto beneficioso sobre el suelo y por otra, porque es exigente respecto a sus condiciones, a tal punto que se le ha propuesto como bioindicador de la calidad productiva de los suelos agrícolas y forestales (Krüger *et al.*, 2018; Castillo, *et al.*, 2023). Según Schmitt *et al.*, (2004) la presencia y frecuencia por unidad de área agrícola de este importante grupo de la macrofauna puede utilizarse para evaluar la fertilidad del suelo mientras que Yanes *et al.*, 2018 utilizaron el significado bioindicativo de la lombriz de tierra para evaluar el estado del suelo.

En particular, el comportamiento de las lombrices de tierra indicó el nivel de intervención antrópica por la intensidad de uso de la tierra y el grado de perturbación del medio edáfico, como también fue hallado por diversos autores al evaluar el cambio de estas comunidades ante el impacto de diferentes ecosistemas y por el efecto de distintos manejos del terreno en el trópico (Rodríguez, 2000; Feijoo *et al.*, 2007).

La gran significación práctica de la lombriz de tierra respecto a la fertilidad del suelo resulta de su modo de vida, de cómo se apropia de sus nutrientes y de sus excrementos, así como de la elaboración de un sistema de galerías (Krementschmer, 2004).

Los efectos unidos a esas actividades son multifacéticos y se relacionan con la transformación de grandes cantidades de material orgánico, con la mezcla de esos materiales con el suelo, con la creación de complejos arcilla-humus, sobre la producción de agregados estables, y su relación con la friabilidad del suelo, la aireación y la capacidad hídrica (Schmitt *et al.*, 2004).

De todo lo anterior resulta que la mayor diversidad biológica y calidad de la misma lo mostró el bosque, entre otros resultados, por la relativa abundancia de taxones y de lombrices. El pasto no mostró, generalmente, diferencias significativas con la caña, aunque si con alguna tendencia a su favor.

Es de destacar que la caña de azúcar en cuanto a biodiversidad, es superior al cultivo limpio; al parecer los residuos de la misma además de la sombra y protección que ofrece al suelo en el momento de muestreo en época de mucha sequía, hizo que este cultivo, a punto de corte, resultara semejante al pasto.

El cultivo limpio por el tiempo relativamente mayor que la caña de azúcar con el suelo parcialmente desnudo fue el más desfavorable para la biodiversidad.

CONCLUSIONES

La diversidad de la macrofauna, incluyendo la biodiversidad funcional, resultó mayor en el bosque, en pasto y caña de azúcar similar y superior al área de cultivos en hileras.

Los indicadores biológicos muestran a la caña de azúcar con una influencia moderada en la disminución de la fertilidad del suelo. Indicador poco explotado y de gran utilidad en los momentos actuales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cabrera, G., Robaina, N., Ponce de León, D. (2011a). Composición funcional de la macrofauna edáfica en cuatro usos de la tierra en las provincias de Artemisa y Mayabeque, Cuba. *Pastos y Forrajes*, 34(3), 331 – 346.
- Cabrera, G., Robaina, N., Ponce de León, D. (2011b). Riqueza y abundancia de la macrofauna edáfica en cuatro usos de la tierra en las provincias de Artemisa y Mayabeque, Cuba. *Pastos y Forrajes*, 34 (3), 313 – 330.
- Cabrera, G. (2014) Manual práctico sobre la macrofauna edáfica como indicador biológico de la calidad del suelo, según resultados en Cuba. *The Ruffor Foundation*, 34 p.
- Cabrera, G., Sánchez, J., de León, D. (2022). Macrofauna edáfica: composición, variación y utilización como bioindicador según el impacto del uso y calidad del suelo. *Acta Botánica Cubana*. 221. pp. 1 - 21
- Castillo, Eric., Flota, C., Alcudia, J., Fraire, S., Rosales, V., Quej-Chí, Víctor. (2023). Macrofauna edáfica y calidad del suelo en agroecosistemas agrícolas y pecuarios de Campeche. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 14(3), 413-424.
- Chávez, L., Rodríguez, I., Estrada, W., Herrera, M. (2020). Caracterización de la macrofauna edáfica en cinco agroecosistemas de pastizales en la provincia Granma. Identificación taxonómica. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 54. pp. 1 -13.
- Coyle, D., Nagendra, U., Taylor, M., Campbell, J., Cunard, C., Joslin, A., Callaham, M. (2017). Soil fauna responses to natural disturbances, invasive species, and global climate change: Current state of the science and a call to action. *Soil Biology and Biochemistry*, . 110. p 116-133.
- Feijoo, A.; Zúñiga, M.; Quintero, H., Lavelle, P. (2007) Relaciones entre el uso de la tierra y las comunidades de lombrices en la cuenca del río La Vieja, Colombia. *Pastos y Forrajes*. 30. pp.235 – 249.
- Fundora, O., Yepis, O. (2000). Ahorro de fertilizantes y prevención de la contaminación ambiental. Forum de Ciencia y Técnica, Santa Clara, 19 p.
- Hernández, A., Pérez, J., Bosch, D.; Castro, S. (2015). Nueva Versión de Clasificación Genética de los Suelos de Cuba. Edit. AGRINFOR, Ciudad Habana, 91 p.

- Hernández, H. (2023) Efecto del manejo agrícola sobre bioindicadores de la calidad del suelo en los agroecosistemas. [Tesis presentada en opción al título académico de Doctor en Ciencias Agrícolas], Universidad Central de Las Villas, Cuba. 96 p.
- Kremtschmer, H. (2004). Fruchtbarkeitbestimmende Bodenparameter. En: Bödenfruchtbarkeit im Agroökosystem. Köppen, D. (edit.) Verlag Dr. Kovac, Hamurgo, p 158.
- Krüger, I., Chartin, C., Wesemael, B., Carnol, M. 2018. Defining a reference system for biological indicators of agricultural soil quality in Wallonia, Belgium. *Ecol. Indic.* 95 (1), 568-578.
- Linares, D. (2009). Macrofauna del suelo en diferentes sistemas de uso de la tierra en el Parque Nacional Tingo María, Huánuco, Perú. http://www.iamazonica.org.br/conteudo/eventos/biodiversidadeSolo/pdf/resumos/Poster_DaliaL.pdf.
- Machado, L., Rodríguez, L., Murcia, V., Orduz, S., Ordóñez, C., Suárez, J. (2021). Macrofauna del suelo y condiciones edafoclimáticas en un gradiente altitudinal de zonas cafeteras, Huila, Colombia. *Revista de Biología Tropical*. Versión *On-line*. ISSN 0034-7744 <http://dx.doi.org/10.15517/rbt.v69i1.42955>.
- Rodríguez, C. (2000). Comunidades de lombrices de tierra en ecosistemas con diferente grado de perturbación. *Revista Biología*, 14. pp. 147-155.
- Sánchez, S., Milera, M., Suárez, J., Alonso, O. (1997). Evolución de la biota del suelo en un sistema de manejo rotacional racional intensivo. *Pastos y Forrajes*. 20. pp. 143 – 158.
- Sarandón, S. (2014). El agroecosistema: un ecosistema modificado. En: *Agroecología: Bases teóricas para el diseño y manejo de Agroecosistemas sustentables*. Sarandón y Flores (edit), p 100-130
- Sarandón, S., Flores, C. (2014). La Agroecología: el enfoque necesario para una agricultura sustentable. En: *Agroecología: Bases teóricas para el diseño y manejo de Agroecosistemas sustentables*. Sarandón y Flores (edit), pp. 42- 69
- Schmitt, G.; Baum, C., Köppen, D. (2004). Regenwürmer und Bodenfruchtbarkeit En: Bödenfruchtbarkeit im Agroökosystem. Köppen, D. (edit.) Verlag Dr. Kovac, Amburgo, p 698-725
- WRBSR, (2022). World Reference Base for Soil Resources. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. 4th edition. International Union of Soil Sciences (IUSS), Vienna, Austria. 235 p.
- Yáñez, W., Pomboza, P., Valle, L., Villacis, L., Frutos, V. (2018). Evaluación de los bioindicadores de calidad del suelo en tres zonas altitudinales de Tungurahua, Ecuador1. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 21. p 90 – 94.
- Yera, Y. (2011). Evaluación del impacto ambiental de *Bambusa vulgaris* Schrader ex Wendland en un suelo Pardo mullido carbonatado. [Tesis en opción al título académico de Master en Agricultura Sostenible]. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. Facultad de Ciencias Agropecuarias. 78 p.

