

Artículo científico

Comportamiento de la macrofauna edáfica en sistemas ganaderos, en una entidad productiva del municipio Yaguajay, Cuba

Performance of the edaphic macrofauna in animal husbandry systems, in a productive entity of the Yaguajay municipality, Cuba

Wendy Mercedes Ramírez-Suárez¹, Marta Beatriz Hernández-Chávez¹, Alexis Abilio Zurita-Rodríguez² y Marlen Navarro-Boulandier¹

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
Correo electrónico: wendy.ramirez@ihatuey.cu

Resumen

Se realizó un estudio en áreas de una unidad básica de producción cooperativa, del municipio Yaguajay – provincia Sancti Spiritus, Cuba–, con el objetivo de evaluar la macrofauna edáfica en dos sistemas ganaderos: pastizal natural y silvopastoreo, sobre un suelo Gleysol vértico. El muestreo de suelo se hizo 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 la categoría taxonómica de orden. En ambos periodos y sistemas se hallaron tres *phyla*, siete clases y 11 órdenes. Se colectaron 1 207 individuos; de ellos, 840 correspondían al sistema silvopastoril y 367 al de pastizal. En ambos sistemas predominaron los coleópteros (36 y 37 % para el pastizal y el silvopastoreo, respectivamente), seguidos de los oligoquetos (21 y 17 %, respectivamente). Se obtuvo una mayor densidad de individuos en el sistema silvopastoril. Se concluye que la composición taxonómica de la macrofauna edáfica fue similar en los sistemas evaluados, con diferencias en cuanto a la diversidad de los órdenes. La mayor cantidad y densidad de individuos se obtuvo en el sistema silvopastoril. Se demostró el efecto de la profundidad en la composición de la macrofauna y en la distribución de los individuos colectados, así como la preferencia por la capa más superficial del suelo.

Palabras clave: biota, pastizal natural, sistemas silvopascícolas.

Abstract

A study was conducted in areas of a basic unit of cooperative production, of the Yaguajay municipality –Sancti Spiritus province, Cuba–, in order to evaluate the edaphic macrofauna in two animal husbandry systems: natural pastureland and silvopastoral system, on a vertic Gleysol soil. The soil was sampled during two years in the rainy and dry seasons, 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 taxonomic category of order. In both seasons and systems three phyla, seven classes and 11 orders were found. A total of 1 207 individuals were collected; from them, 840 corresponded to the silvopastoral system and 367 to the pastureland. In both systems coleopterans prevailed (36 and 37 % for the pastureland and the silvopastoral system, respectively), followed by Oligochaeta (21 and 17 %, respectively). A higher density of individuals was obtained in the silvopastoral system. It is concluded that the taxonomic composition of the edaphic macrofauna was similar in the evaluated systems, with differences regarding the diversity of the orders. The highest quantity and density of individuals were obtained in the silvopastoral system. The effect of depth on the macrofauna composition and the distribution of the collected individuals, as well as the preference for the shallowest layer of the soil, was proven.

Keywords: biota, natural pastureland, silvopastoral system

Introducción

El deterioro de la calidad del suelo es uno de los problemas más graves que han experimentado los sistemas de producción agropecuaria en los últimos años, debido fundamentalmente a prácticas agrícolas inapropiadas.

Los problemas más significativos en la conservación del suelo a escala global, según la FAO (2016), son la erosión, la pérdida del carbono orgánico y el desequilibrio de los nutrientes. La ganadería se caracteriza por utilizar aquellos suelos

de menor valor productivo y, por tanto, en ellos las características citadas se incrementan (Lok, 2016).

Romaniuk *et al.* (2014) sostienen que el suelo constituye un sistema biológico único donde existe una gran diversidad de organismos que desempeñan múltiples funciones clave para los ecosistemas. En este sentido, Veresoglu *et al.* (2015) plantearon que la biodiversidad del suelo también debe ser considerada como guardián de la seguridad alimentaria y de los servicios de los ecosistemas frente al cambio climático, debido a que propicia una estructura más compleja y mucho más resistente.

La biota edáfica desempeña un papel importante en los procesos biogeoquímicos del suelo en los sistemas ganaderos, y sus funciones incluyen: la descomposición de la hojarasca, el reciclaje de nutrientes, la síntesis y la mineralización de la materia orgánica y la modificación de la estructura del suelo, entre otras; ello influye en la integridad y en la productividad del sistema (Sánchez *et al.*, 2011).

En los ecosistemas ganaderos el conocimiento de la biota edáfica reviste particular interés en Cuba, debido a las funciones que desempeña en los sistemas que se emplean para la alimentación del ganado vacuno. En el caso del municipio Yaguajay, y específicamente en la unidad básica de producción cooperativa (UBPC) La Elvira, no se encontró referencia sobre el comportamiento de la macrofauna, indicador muy importante para valorar la calidad del suelo. Por ello, el objetivo de esta investigación fue evaluar la composición y el comportamiento de la macrofauna edáfica en dos sistemas: pastizal natural y silvopastoreo, en un suelo Gleysol vértico.

Materiales y Métodos

Caracterización del área de estudio. La investigación se realizó en áreas de la UBPC La Elvira, perteneciente a la empresa agropecuaria Obdulio Morales, en el municipio Yaguajay –provincia Sancti Spiritus, Cuba–. Esta entidad productiva tiene un área total de 1 878 ha y de ellas 720 ha están destinadas a la ganadería.

Condiciones edafoclimáticas. El suelo donde se realizó la fase experimental pertenece al agrupamiento de los Gleysols y al tipo genético Gleysol vértico, según la clasificación de Hernández-Jiménez *et al.* (2015), y se caracteriza por presentar textura arcillosa, profundidad efectiva de 0,90 m y drenajes superficial e interno deficientes. Su densidad aparente es de 1,26 g/cm³, presenta una capacidad de campo de 42,1 % y su topografía es llana.

Durante el período experimental la precipitación varió entre 1 200 y 1 400 mm como promedio anual, con dos épocas bien diferenciadas: una lluviosa (mayo-octubre) en la que ocurrió el 76 % de las precipitaciones y una poco lluviosa (noviembre-abril). La temperatura media anual fue de 25,6 °C.

Tratamientos. Los tratamientos consistieron en dos sistemas, ambos con más de 10 años de explotación:

- Sistema silvopastoril. En la composición arbórea estaban presentes las especies *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit, *Albizia niopoides* (Spruce ex Benth.) Burkart y *Talipariti elatum* (Swartz) Fryxell (majagua); y en el estrato herbáceo, los pastos naturales. La carga global fue de 1,1 UGM/ha.
- Sistema de pastizal. Se evaluó un sistema de pastizal compuesto principalmente por las especies hierba camagüeyana [*Bothriochloa pertusa* (L.) A. Camus] y *Urochloa ruziziensis* (R. Germ et Evrard). El área cubierta por los pastos en todos los cuarteles superó el 90 %.

Diseño experimental. Se utilizó un diseño experimental totalmente aleatorizado, con tres réplicas por tratamiento.

Procedimiento experimental. Los muestreos de la macrofauna se realizaron entre las 7:00 a.m. y las 9:00 a.m. en los dos sistemas, al final de ambas épocas durante dos años, según la metodología del Programa de Investigación Internacional Biología y Fertilidad del Suelo Tropical (Anderson y Ingram, 1993); esta 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 los siguientes estratos: hojarasca, 0-10 cm, 10-20 cm y 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 hasta la categoría taxonómica de orden, según el criterio 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.

Análisis estadístico. Para el análisis de la variable en estudio se comprobó el cumplimiento de los supuestos de homogeneidad de varianzas (prueba de Levene, 1960) y de distribución normal (Shapiro y Wilk, 1965); al no cumplir con el requisito de

homogeneidad, se realizó análisis no paramétrico. Para determinar las variaciones de la densidad de la macrofauna edáfica entre los sistemas y los estratos, se empleó la prueba de Kruskal-Wallis. El procesamiento estadístico se realizó con el software InfoStat, versión libre para Windows®.

Resultados y Discusión

Composición taxonómica de la macrofauna del suelo

La composición taxonómica de la macrofauna del suelo en el sistema pastos naturales (PN) y en el silvopastoril (SSP), para el período lluvioso y el poco lluvioso, se muestra en la tabla 1.

En ambos períodos y sistemas se encontraron tres *phylum*, siete clases y 11 órdenes; en sentido general, en el silvopastoril hubo una mayor presencia de órdenes, lo cual pudiera estar relacionado con una mayor cobertura del suelo en este sistema, lo que propicia mejores condiciones de temperatura y humedad para el desarrollo óptimo de la macrofauna (Cabrera-Dávila *et al.*, 2017).

Dichos resultados son superiores a los de Chávez-Suárez *et al.* (2016), quienes estudiaron la macrofauna en ecosistemas ganaderos de montaña en Guisa, Cuba, y solo reportaron siete órdenes en pastizales; ello pudo estar relacionado con las características del drenaje del suelo Gleysol vértico, presente en las áreas en estudio.

Por su parte, García *et al.* (2014) informaron la presencia de 14 órdenes en un sistema silvopastoril con *L. leucocephala* en un suelo Ferralítico Rojo, lo cual pudiera deberse a que su estudio se desarrolló en sistemas con gramíneas mejoradas y en otro tipo de suelo; estas plantas propician una mayor cantidad de biomasa y mantienen la cobertura, lo que crea condiciones idóneas para el desarrollo de la biodiversidad de la macrofauna.

El hecho de que en las dos épocas se encontrara la misma cantidad de *phylum*, clases y órdenes pudo estar relacionado con las características del suelo en las áreas experimentales; el cual se forma a partir de sedimentos arcillosos, con predominio de esmectitas entre los minerales arcillosos, y presenta propiedades gléyicas a menos de 50 cm de profundidad y horizonte vértico (Hernández-Jiménez *et al.*, 2015). Es por ello que durante todo el año en este tipo de suelo se mantiene la humedad, lo que influye positivamente en el desarrollo de la biota edáfica. Según Siqueira *et al.* (2016), la comunidad de la macrofauna se afecta por el régimen hidrológico en los diferentes usos de la tierra.

Las lombrices estuvieron presentes en los dos sistemas y en ambas épocas, lo que coincide con lo señalado por Chávez-Suárez *et al.* (2016) acerca de que, en los ecosistemas agropecuarios –en especial en los ecosistemas más húmedos y en los pastizales–, existe un predominio de estos individuos de la macrofauna. Es importante reconocer la funcionalidad

Tabla 1. Composición taxonómica de la macrofauna.

Phylum	Clase	Orden	Pastos naturales				Sistema silvopastoril				
			Año 1		Año 2		Año 1		Año 2		
			PLL	PPLL	PLL	PPLL	PLL	PPLL	PLL	PPLL	
		Coleoptera	X	X	X	X	X	X	X	X	X
		Lepidoptera			X	X	X	X	X	X	X
	Insecta	Hemiptera	X	X		X	X	X	X	X	X
		Orthoptera	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Arthropoda		Diptera	X	X		X	X	X	X	X	X
	Arachnida	Araneae	X	X	X	X	X	X	X		
	Chilopoda	Geophilomorpha			X	X	X	X	X	X	X
	Diplopoda	Spirobolida				X	X	X	X	X	X
	Malacostraca	Isopoda	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Mollusca	Gastropoda	Archaeogastropoda			X	X	X	X	X	X	X
Annelida	Clitellata	Haplotaxida	X	X	X	X	X	X	X	X	X

X: presencia, PPLL: periodo poco lluvioso, PLL: periodo lluvioso.

de las lombrices de tierra para el mantenimiento de los servicios ecosistémicos del suelo, por su contribución como ingenieros físicos, ya que crean canales y airean el medio edáfico; además, son consideradas ingenieros bioquímicos, por promover la descomposición de la materia orgánica y causar interacciones con hongos y bacterias (Lavelle *et al.*, 2016). Estos autores destacan los servicios brindados por las lombrices en la formación del medio edáfico mediante la mezcla de componentes orgánicos y minerales, y sus actividades de bioturbación contribuyen a la homogeneización; mientras que los puntos críticos de la drilosfera (zona del suelo influenciada por la acción de las lombrices) aumentan la heterogeneidad espacial.

En las figuras 1 y 2 se muestra la distribución porcentual del número total de individuos por cada grupo taxonómico en el sistema de pastos naturales y en el silvopastoril, respectivamente. Como se puede apreciar, el orden Coleoptera fue el de mayor presencia en ambos sistemas, ya que estuvo representado por el 36 y el 37 % del total, respectivamente, seguido por Haplotaxida (21-17 %) e Isopoda (14-14 %); resultados similares fueron informados por Cabrera *et al.* (2011) y García *et al.* (2014). Los demás órdenes no sobrepasaron el 5 %, excepto Orthoptera con 11 % en pastos

naturales, y Orthoptera y Geophilomorpha con 6 % en el sistema silvopastoril.

La mayor presencia de coleópteros en ambos sistemas es importante, ya que debido a su amplia variedad de hábitos alimenticios y preferencias bióticas tienen repercusión ecológica y económica en los agroecosistemas. En este sentido Cabrera-Dávila *et al.* (2017) plantearon que, de acuerdo con su funcionalidad, estos pueden ser detritívoros, depredadores y herbívoros; y además presentan una gran abundancia y diversidad de especies.

Densidad de la macrofauna edáfica

En la figura 3 se muestran los valores promedio de la densidad en la hojarasca para cada época y sistema. El mejor comportamiento se encontró en el silvopastoril para ambos periodos, en el que hubo mayor densidad, con diferencia significativa del sistema de pastos naturales.

Estos resultados coinciden con los de Cabrera-Dávila *et al.* (2017), quienes encontraron una mayor abundancia en los sistemas agroforestales y en los bosques, lo cual fue atribuido a una mayor diversidad de recursos que brindan estos ecosistemas, tales como: la sombra, la protección del suelo, una alta humedad edáfica y bajas temperaturas, elementos que contribuyen a la subsistencia de la edafofauna.

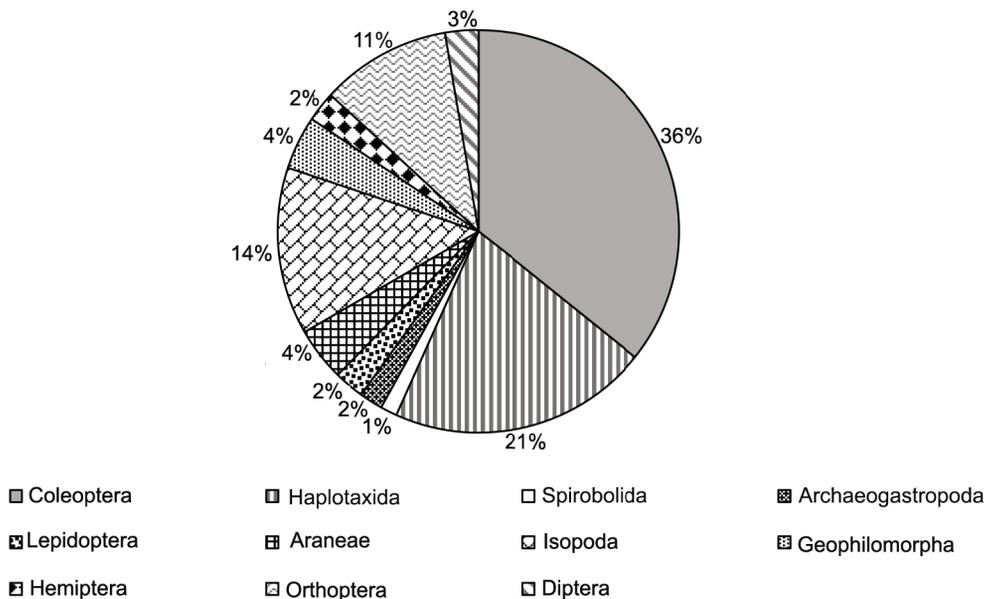


Figura 1. Representación porcentual del número de individuos en el sistema de pastos naturales.

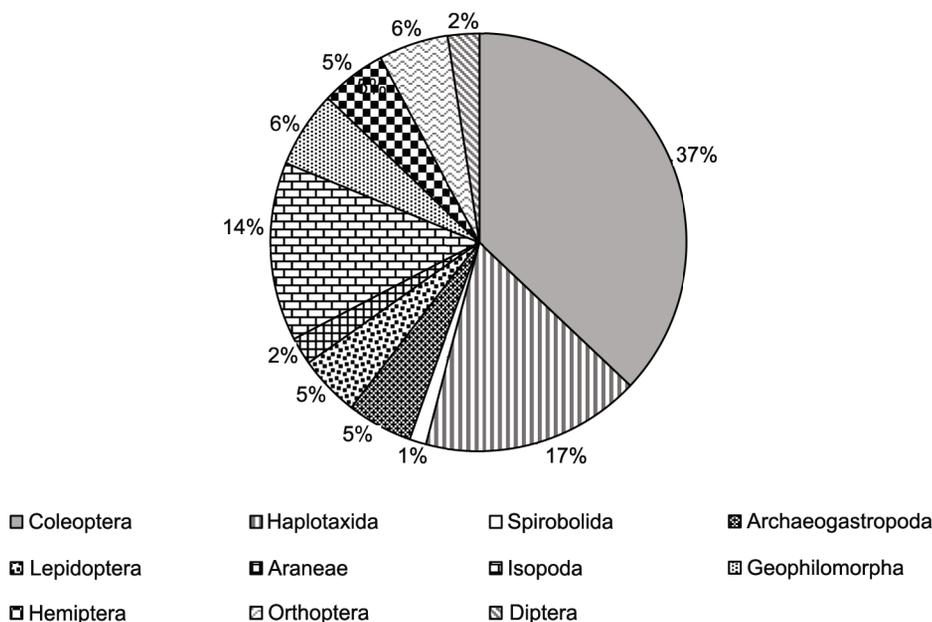
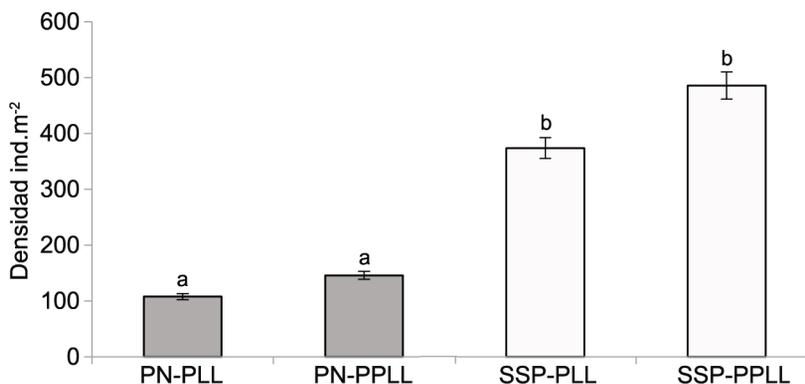


Figura 2. Representación porcentual del número de individuos en el sistema silvopastoril.



Letras desiguales difieren a $p \leq 0,05$ (Kruskal-Wallis).

PN: pastos naturales, SSP: sistema silvopastoril, PLL: período lluvioso, PPLL: período poco lluvioso.

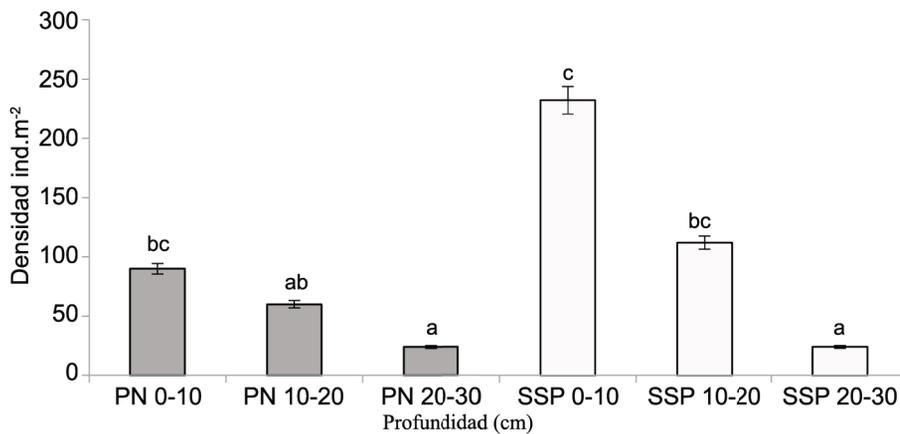
Figura 3. Densidad promedio de la macrofauna en la hojarasca.

En tal sentido, los valores de la presente investigación se pudieran atribuir a la mayor presencia de alimentos en la capa de hojarasca que, paulatinamente, se forma sobre el suelo con la caída de las hojas de los árboles, lo que debe aumentar la diversidad de los recursos tróficos al modificar el microhábitat. Según Vega *et al.* (2014), la hojarasca de las leguminosas se descompone más rápido que la de las gramíneas, debido al menor contenido de lignina y a una mejor relación C/N.

En cuanto a la densidad promedio de la macrofauna en el periodo lluvioso en cada uno de los

sistemas y en las diferentes profundidades (fig. 4), se evidenció que en el sistema silvopastoril, en la profundidad de 0-10 cm, hubo una mayor abundancia (232 ind. m⁻²), con diferencias significativas de las profundidades 20-30 cm en el silvopastoril y 10-20 y 20-30 cm en pastos naturales. Por su parte, la menor densidad de individuos se encontró en la profundidad de 20-30 cm para ambos sistemas (24 ind. m⁻²).

Para ambos sistemas la distribución vertical estuvo concentrada en el estrato de 0-10 cm, seguido de 10-20 cm, sin diferencias significativas entre



Letras desiguales difieren a $p \leq 0,05$ (Kruskal-Wallis).

PN: pastos naturales, SSP: sistema silvopastoril.

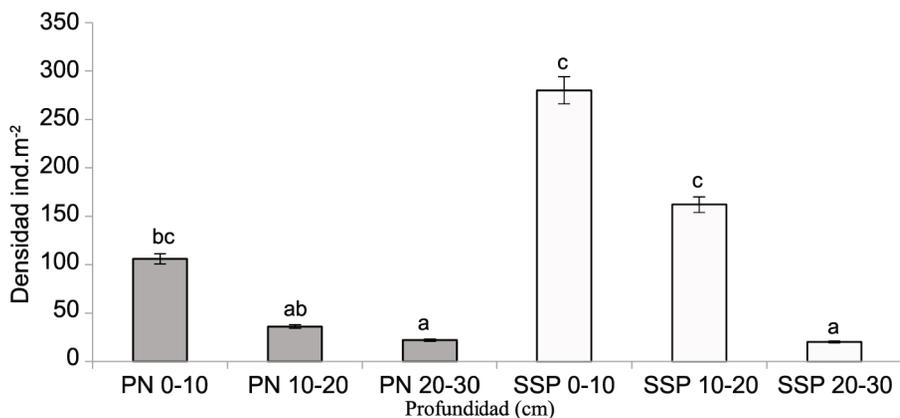
Figura 4. Densidad promedio de la macrofauna del suelo. Período lluvioso.

ambos estratos para un mismo sistema, lo que coincide con los resultados de Yaros-Pardo (2014). La preferencia de la macrofauna por los primeros centímetros del suelo puede deberse a factores como la mayor densidad de raíces; a partir de la profundidad 10-20 cm el mayor grado de compactación, provocado por el pisoteo de los animales (Medina, 2016), limita que haya una mayor cantidad de espacios porosos, lo que repercute en la densidad de individuos.

En la época poco lluviosa (fig. 5) el comportamiento fue similar al de la lluviosa en cuanto a la distribución vertical, con los mejores resultados para el sistema silvopastoril en la profundidad 0-10 cm. Estos resultados avalan la importancia de los sistemas silvopastoriles para la conservación de la macrofauna del suelo en sistemas ganaderos.

Sin embargo, al comparar la densidad entre las épocas (figs. 4 y 5), en sentido general esta fue superior en la época poco lluviosa. Ello pudo deberse a las características del suelo, que, al tener un drenaje interno deficiente en dicha época, retiene la humedad; lo cual provoca encharcamientos que limitan la disponibilidad del oxígeno necesario para el desarrollo de la macrofauna edáfica.

Los resultados de este estudio avalan la importancia de los sistemas silvopastoriles para la conservación de la fertilidad de los suelos ganaderos, en comparación con el monocultivo de gramíneas que es un modelo de producción de forraje más susceptible al ataque de plagas, a la estacionalidad y a la variabilidad climática. Dichas condiciones generan periodos críticos en las épocas de sequía, lo cual afecta la producción de leche y carne y los



Letras desiguales difieren a $p \leq 0,05$ (Kruskal-Wallis).

PN: pastos naturales, SSP: sistema silvopastoril.

Figura 5. Densidad promedio de la macrofauna del suelo. Período poco lluvioso.

indicadores reproductivos en los sistemas de producción bovina (Navas-Panadero, 2017).

Se concluye que la composición taxonómica de la macrofauna edáfica fue similar en los sistemas evaluados, con diferencias en cuanto a la diversidad de los órdenes. La mayor cantidad y densidad de individuos se obtuvo en el sistema silvopastoril. Se demostró el efecto de la profundidad en la composición de la macrofauna y en la distribución de los individuos colectados, así como la preferencia por la capa más superficial del suelo.

Agradecimientos

A la UBPC La Elvira perteneciente a la Empresa agropecuaria Obdulio Morales de Yaguajay, Sancti Spiritus por brindar los recursos necesarios y sus áreas para la conducción de esta investigación.

Referencias bibliográficas

- Anderson, J. M. & Ingram, J. S. I. *Tropical soil biology and fertility: a handbook of methods*. Wallingford, UK: CABI, 1993.
- Cabrera, Grisel; Robaina, Nayla & Ponce-de-León, D. 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, 2011.
- Cabrera-Dávila, Grisel de la C.; 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.
- Chávez-Suárez, Licet; Labrada-Hernández, Yakelin & Álvarez-Fonseca, A. Macrofauna del suelo en ecosistemas ganaderos de montaña en Guisa, Granma, Cuba. *Pastos y Forrajes*. 39 (3):111-115, 2016.
- FAO. *Estado mundial del recurso suelo. Resumen Técnico*. Roma: FAO, 2016.
- García, Y.; Ramírez, Wendy & Sánchez, Saray. Efecto de diferentes usos de la tierra en la composición y la abundancia de la macrofauna edáfica en la provincia Matanzas. *Pastos y Forrajes*. 37 (3):313-321, 2014.
- 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. V.; Blouin, M.; Brown, G.; Decaëns, 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:http://10.1097/SS.0000000000000155.
- Levene, H. Robust test for equality of variance. In: I. Olkin, S. G. Ghurye, W. Hoefling, 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. doi:http://10.2307/2285659.
- Lok, Sandra. Soils dedicated to cattle rearing in Cuba: characteristics, management, opportunities and challenges. *Cuban J. Agric. Sci.* 50 (2):279-290, 2016.
- Medina, C. Efectos de la compactación de suelos por el pisoteo de animales, en la productividad de los suelos. *Remediaciones. Rev. Colombiana Cienc. Anim.* 8 (1):88-93, 2016. doi:https://doi.org/10.24188.
- Navas-Panadero, A. Conocimiento local y diseño participativo de sistemas silvopastoriles como estrategia de conectividad en paisajes ganaderos. *Rev. Med. Vet.* 34 55-65, 2017. doi:http://dx.doi.org/10.19052/mv.4255.
- Romaniuk, Romina; Giuffré, Lidia; Costantini, A.; Bartoloni, N. & Nannipieri, P. A comparison of indexing methods to evaluate quality of horticultural soils. Part II. Sensitivity of soils microbiological indicators. *Soil Res.* 52 (4):409-418, 2014. doi:https://doi.org/10.1071/SR12273.
- Ruiz, Nuria; Lavelle, P. & Jiménez, J. *Soil macrofauna field manual. Technical level*. Rome: FAO, 2008.
- Sánchez, Saray; Milera, Milagros; Hernández, Marta; Crespo, G. & Simón, L. La macrofauna y su importancia en los sistemas de producción ganaderos. En: Milagros Milera, ed. *André Voisin: Experiencia y aplicación de su obra en Cuba*. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey. p. 316-348, 2011.
- Shapiro, S. S. & Wilk, M. B. An analysis of variance test for normality. *Biometrika.* 52 (3/4):591-611, 1965. doi:http://10.2307/2333709.
- Siqueira, G. M.; Silva, E. F. de F.; Moreira, Mariana M.; Santos, G. A. de A. & Silva, Raimunda A. Diversity of soil macrofauna under sugarcane monoculture and two different natural vegetation types. *Afr. J. Agric. Res.* 11 (30):2669-2677, 2016. doi:http://10.5897/AJAR2016.11083.
- Vega, Ana M.; Herrera, R. S.; Rodríguez, G. A.; Sánchez, S.; Lamela, L. & Santana, A. A. Evaluación de la macrofauna edáfica en un sistema silvopastoril en el Valle del Cauto, Cuba. *Rev. cubana Cienc. agric.* 48 (2):189-193, 2014.
- Veresoglu, S. D.; Halley, J. M. & Rillig, M. C. Extinction risk of soil biota. *Nat. Commun.* 6:8862, 2015. doi:10.1038/ncomms9862.
- Yaros-Pardo, M. M. *Evaluación del efecto de tres sistemas de uso de la tierra en las propiedades físicas, químicas y biológicas en el sector Naranjillo del distrito Padre Felipe Luyando*. Tesis para optar por el título de Ingeniero en Recursos Naturales Renovables. Mención Conservación de Suelos y Agua. Tingo María, Perú: Facultad de Recursos Naturales Renovables, Universidad Nacional Agraria de la Selva, 2014.