

**Composición trófica de la macrofauna edáfica en sistemas ganaderos en el Corredor Seco de Nicaragua****Trophic composition of edaphic macrofauna in animal husbandry systems in the Dry Corridor of Nicaragua**Camilo del Carmen Gutiérrez-Bermúdez<sup>1</sup> (<https://orcid.0000-0001-5856-8940>), Bryan Gustavo Mendieta-Araica<sup>2</sup> (<https://orcid.0000-0002-8077-7420>), Álvaro José Noguera-Talavera<sup>3</sup> (<https://orcid.0000-0001-7315-5191>)<sup>1</sup>Facultad de Agronomía Universidad Nacional Agraria-Nicaragua, <sup>2</sup>Universidad Nacional Agraria-Nicaragua, Facultad de Ciencia Animal,<sup>3</sup>Universidad Nacional Agraria-Nicaragua, Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente. Carretera Norte, Managua 11065, Nicaragua.Correspondencia: [bryan.mendieta@ci.una.edu.ni](mailto:bryan.mendieta@ci.una.edu.ni)**Resumen****Objetivo:** Caracterizar la composición trófica de la macrofauna del suelo en dos sistemas ganaderos en cuatro municipios localizados en el Corredor Seco de Nicaragua.**Materiales y Métodos:** El área de estudio comprendió a los municipios de Rivas, Belén, La Conquista y Diriamba, todos ubicados en el Corredor Seco de Nicaragua. En cada municipio se evaluaron cuatro fincas: dos con sistemas ganaderos convencionales y dos con sistemas silvopastoriles. Se exceptuaron Rivas y Belén, donde solo hubo una finca de cada sistema. El estudio duró ocho meses y la recolección de muestras de la macrofauna edáfica se realizaron cada 60 días. Los especímenes recolectados se identificaron hasta la categoría taxonómica de familias. La actividad biológica se determinó mediante la agrupación en ingenieros del suelo, depredadores, herbívoros y detritívoros.**Resultados:** La composición de familias fue diferente entre sistemas, con mayor riqueza en el silvopastoril, donde se encontraron seis clases, 15 órdenes y 33 familias. Se registraron 11 593 individuos de la macrofauna en el sistema silvopastoril, valor superior al convencional, donde se hallaron 3 062. La diferencia entre sistemas estuvo marcada por el número de individuos encontrados en las familias *Formicidae* y *Termitidae* (4 150 y 2 126 individuos/m<sup>2</sup>, respectivamente), las que representaron 54 % del total de individuos presentes en el sistema silvopastoril.**Conclusiones:** La mayor riqueza de familias y cantidad de individuos se obtuvo en el sistema silvopastoril, lo cual evidencia la importancia de este en las explotaciones ganaderas.**Palabras clave:** composición trófica, densidad de organismos, biodiversidad, macrofauna**Abstract****Objective:** To characterize the trophic composition of soil macrofauna in two animal husbandry systems in four municipalities located in the Dry Corridor of Nicaragua.**Materials and Methods:** The study area comprised the municipalities Rivas, Belén, La Conquista and Diriamba, all located in the Dry Corridor of Nicaragua. In each municipality four farms were evaluated: two with conventional animal husbandry systems and two with silvopastoral systems. Rivas and Belén, where there was only one farm of each system, were excepted. The study lasted eight months and the sample collection of the edaphic macrofauna was carried out every 60 days. The collected specimens were identified to the taxonomic category of families. The biological activity was determined through the grouping into the categories soil engineers, predators, herbivores and detritivores.**Results:** The family composition was different between systems, with higher richness in the silvopastoral system, where six classes, 15 orders and 33 families were found. A total of 11 593 macrofauna individuals were recorded in the silvopastoral system, higher value than the conventional one, where 3 062 were found. The difference between systems was marked by the number of individuals found in the *Formicidae* and *Termitidae* families (4 150 and 2 126 individuals/m<sup>2</sup>, respectively), which represented 54 % of the total individuals present in the silvopastoral systems.**Conclusions:** The highest family richness and quantity of individuals were obtained in the silvopastoral system, which proves its importance in animal husbandry exploitations.**Keywords:** trophic composition, density of organisms, biodiversity, macrofauna**Introducción**

La degradación del suelo es uno de los efectos más graves de la crisis de recursos naturales a diferentes escalas. El sector agropecuario se cataloga

como insostenible, debido a que el modelo ganadero convencional provoca pérdidas de la biodiversidad y sobreexplotación de los recursos naturales (Ramírez y Fernando, 2014).

Recibido: 28 de mayo de 2019

Aceptado: 22 de diciembre de 2019

Como citar este artículo: Gutiérrez-Bermúdez, C. del C.; Mendieta-Araica, B. G. & Noguera-Talavera, Á. J. Composición trófica de la macrofauna edáfica en sistemas ganaderos en el Corredor Seco de Nicaragua. *Pastos y Forrajes*. 43:32-40, 2020.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.

Huybrechs *et al.* (2015), al realizar estudios en Nicaragua informaron que, en los sistemas ganaderos, la capa del suelo se degrada producto de la acción del pisoteo de los animales y por el pastoreo intensivo, que erosiona la capa superficial del suelo, disminuye la fertilidad natural y las comunidades bióticas presentes.

El funcionamiento de los agrosistemas depende de los diseños espaciales y temporales que promueven sinergias entre los componentes de la biodiversidad del suelo, que condicionan procesos ecológicos claves, como la regulación biótica, el reciclaje de nutrientes y la productividad (Montagnini y Nair, 2014).

Según Cabrera-Dávila (2012), la diversidad biológica presente en el suelo tiene diferentes funciones, que contribuyen a mejorar su composición química y física. De manera particular, la macrofauna edáfica interviene en numerosos procesos, promoviendo o afectando el crecimiento de la vegetación, así como la productividad (Masin *et al.*, 2017).

En un estudio de Chávez-Suárez *et al.* (2016) se ha destacado la importancia de algunas clases y órdenes en la transformación del suelo (*Annelida: Oligochaeta*), la formación de poros (*Insecta: Hymenoptera, e Isopoda*) y la trituración de restos vegetales (*Coleoptera, Diplopoda, Isopoda, Gastropoda*). Entender las funciones de la macrofauna edáfica permite determinar su aporte a la sostenibilidad, lo que la convierte en un indicador importante a nivel de sistema. Chávez-Suárez *et al.* (2016) enfatizaron en la utilidad de la macrofauna en la evaluación del estado de conservación o perturbación del suelo.

De acuerdo con Ramírez-Suárez *et al.* (2018), en los sistemas ganaderos, el conocimiento de la biota edáfica reviste particular interés, debido a las funciones que esta desempeña en subsistemas que tienen que ver con la alimentación de ganado vacuno, donde participa en la descomposición de hojarasca, la mineralización de la materia orgánica y los cambios estructurales del suelo.

Los beneficios de los sistemas silvopastoriles hacia el recurso suelo han sido abordados por Murgueitio *et al.* (2013), en términos del incremento en el contenido de carbono, la retención de humedad, el reciclaje de nutrientes y la activación de la cobertura vegetal y la diversificación. Esto se traduce, a su vez, en el aumento de la eficiencia simbiótica de la macrofauna edáfica, que permite establecer tendencias acerca del potencial productivo del hato lechero y cárnico (Rosero *et al.*, 2018). Este estudio

tuvo como objetivo caracterizar la composición trófica de la macrofauna del suelo en dos sistemas ganaderos, pertenecientes a cuatro municipios, ubicados en el Corredor Seco de Nicaragua.

## Materiales y Métodos

*Localización geográfica de los sitios de estudio.* La investigación se desarrolló entre junio 2017 y febrero 2018, período que representó la época óptima para el establecimiento de los bancos de proteína, al corresponderse con la etapa de lluvias (mayo a noviembre). El área de estudio comprendió a los municipios de Rivas, Belén, La Conquista y Diriamba, todos ubicados en el Corredor Seco de Nicaragua. En cada municipio se evaluaron cuatro fincas: dos con sistemas ganaderos convencionales y dos con sistemas silvopastoriles (SSP) de bancos de proteína, destinados al corte y acarreo. Se exceptuaron Rivas y Belén, donde solo hubo una finca de cada sistema (tabla 1).

*Características edafoclimáticas de las áreas evaluadas.* Según datos de INETER (2017), las temperaturas oscilaron entre 32 y 35 °C, y las precipitaciones anuales, entre 1 500 y 1 750 mm. Rivas y Belén fueron los municipios que registraron menores temperaturas y precipitaciones.

En cada uno de los sitios evaluados, se realizó un muestreo al azar en las parcelas a fin de tomar muestras de la heterogeneidad de condiciones en el suelo. Los sistemas silvopastoriles se encuentran ubicados en fincas ganaderas, donde se trabaja con vacas adultas lactantes, de las razas Pardo suizo y Brahman en pastoreo. Como estrato herbáceo predominan las gramíneas: *Andropogon gayanus* Kunth, *Hyparrhenia rufa* (Nees) Stapf y *Dichanthium aristatum* (Benth). Además, se dispone de bancos de proteína de 360 m<sup>2</sup> (12 x 30 m). De las especies *Leucaena leuccephala* (Lam.), *Cratylia argentea* (Desv.) o Kuntze, *Gliricidia sepium* (Jacq), *Guazuma ulmifolia* (Lam.) o *Moringa oleifera* (Lam.), al menos una, establecida a una distancia de 1 m entre plantas e hileras. Al momento de la siembra, se realizó fertilización orgánica con 0,5 kg de compost en cada postura. Esta fertilización se repitió a los 35 y 75 días después del establecimiento. Luego de la siembra, a los 60 días, se hizo control manual de las principales arvenses presentes (*Cyperus rotundus* L, *Euphorbia graminea* Jacq, *Mimosa pudica* L y *Sida acuta* Burm) y un corte de uniformidad, a una altura de 60 cm sobre el suelo.

Los SSP no recibieron irrigación. Para efectos de manejo, se consideraron plenamente establecidos

Tabla 1. Localización geográfica de los sistemas ganaderos.

Municipio	Sistema	Longitud norte	Latitud oeste	Altitud, msnm
Rivas	SSP	11° 25' 15.4"	85° 50' 35.6"	79
Belén	SSP	11° 37' 35.4"	85° 57' 49.8"	80
La Conquista	SSP	11° 42' 55.2"	86° 10' 19.8"	198
La Conquista	SSP	11° 49' 23.2"	86° 11' 09.5"	328
Diriamba	SSP	11° 39' 17.6"	86° 19' 09.7"	19
Diriamba	SSP	11° 44' 33.8"	86° 21' 14.7"	77
Rivas	Convencional	11° 21' 12.9"	85° 50' 58.1"	67
Belén	Convencional	11° 32' 19.4"	85° 54' 47.8"	59
La Conquista	Convencional	11° 10' 22.8"	85° 50' 57.6"	127
La Conquista	Convencional	11° 47' 15.0"	86° 10' 47.0"	358
Diriamba	Convencional	11° 48' 35.3"	86° 20' 03.3"	255
Diriamba	Convencional	11° 47' 25.5"	86° 22' 22.8"	94

ocho meses después de su siembra. Se manejaron con el enfoque de corte y acarreo. La biomasa se cortó a 60 cm sobre el suelo, cada dos meses, para suministrar el pasto a los animales en forma fresca.

Los sistemas convencionales consisten en fincas ganaderas, en las cuales la alimentación animal depende principalmente del pastoreo, en áreas con no menos de tres años de establecimiento y porcentajes de cobertura no inferiores al 80 %. Los pastos predominantes son *Andropogon gayanus* Kunth, *Hyparrhenia rufa* (Nees) Stapf y *Dichanthium aristatum* (Benth). El hato estuvo compuesto por vacas en ordeño, de las razas Pardo Suizo y Brahman. El pastoreo siguió un calendario de ocho días de ocupación y 22 días de descanso en cada potrero. Estos

sistemas convencionales no recibieron riego ni fertilización. La carga animal media en los sistemas fue de 0,7 UGM/ha. Las características del suelo en las áreas evaluadas se muestran en la tabla 2.

*Recolecta y procesamiento de la macrofauna edáfica.* La recolección de muestras de la macrofauna edáfica se realizó entre el 10 de junio del 2017 y el 20 febrero del 2018. Las diferencias entre épocas climáticas no fueron objeto de estudio, sino el acumulado durante el ensayo. Los muestreos se realizaron cada 60 días. Se empleó la metodología propuesta por el Programa Internacional Biología y Fertilidad del Suelo Tropical (Lavelle *et al.*, 2003). De cada sistema se extrajeron dos monolitos de suelo para la determinación de las propiedades físico-químicas.

Tabla 2. Propiedades físico-químicas del suelo en sistemas ganaderos.

Departamento	Municipio	Sistema	pH	M, %	N, %	P, ppm	K, meq/100 g suelo	Textura
Rivas	Rivas	SSP	5,63	4,78	0,24	3,60	1,64	F-arc
	Belén	SSP	6,46	2,99	0,15	14,07	1,04	Arc
Carazo	La Conquista	SSP	7,62	4,04	0,20	96,38	2,91	Arc
	La Conquista	SSP	5,68	3,83	0,19	0,85	1,86	F-arc
	Diriamba	SSP	6,73	3,20	0,16	1,39	0,22	F-arc
	Diriamba	SSP	6,19	3,41	0,17	12,92	1,82	F-arc
Rivas	Rivas	Convencional	6,43	3,78	0,19	0,37	1,03	Arc
	Belén	Convencional	6,01	4,36	0,22	2,05	0,79	Arc
Carazo	La Conquista	Convencional	5,90	4,73	0,24	1,66	1,84	Arc
	La Conquista	Convencional	6,31	2,47	0,12	1,12	0,52	Arc
	Diriamba	Convencional	6,20	3,83	0,19	5,97	0,97	Arc
	Diriamba	Convencional	5,80	3,79	0,19	5,97	0,97	Arc

F-arc: Franco arcilloso; Arc: Arcilloso, pH; MO: materia orgánica; N: nitrógeno; P: fósforo; meq: mili equivalente; ppm: partes por millón.

El muestreo de la macrofauna edáfica se realizó a tres profundidades (hojarasca, 0-10 cm y 10-30 cm), considerando que es en ellas donde existe mayor actividad biológica (Castner, 2001).

Los especímenes colectados se depositaron en viales con alcohol al 70 % para su traslado al Laboratorio de Entomología de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria, donde se realizó su identificación hasta la categoría taxonómica de familia. Se aplicaron para ello las claves propuestas por Castner (2001), Cabrera-Dávila *et al.* (2011), Roldan (1988), y Cabrera-Dávila (2014). Las poblaciones y dominancia de la macrofauna del suelo se obtuvieron a partir de la transformación del número de individuos por monolito en número de individuos por metro cuadrado ( $\text{ind}/\text{m}^2$ ). Asimismo, se le asignó la función ecológica a cada familia. Los individuos se clasificaron como detritívoros, ingenieros del suelo, herbívoros y depredadores (Cabrera-Dávila *et al.*, 2011).

### Resultados y Discusión

La composición de las familias fue diferente entre sistemas, con mayor riqueza en el SSP (31 familias), en comparación con el convencional (23 familias). En ambos, la familia Formicidae, perteneciente al gremio ingenieros del suelo, fue la más representativa (tabla 3).

Las familias asociadas a organismos detritívoros presentaron bajas poblaciones ( $\text{ind}/\text{m}^2$ ), siendo *Porcellionidae* común entre sistemas, con la mayor densidad con respecto a otras familias de detritívoros. La composición de familias del grupo de herbívoros fue diferente entre sistemas. Se registró mayor número en el SSP (10 familias), en comparación con las identificadas en el convencional (cinco familias).

En los SSP, la composición de familias estuvo asociada a una funcionalidad relativa a cambios en la estructura del suelo, determinada por familias del grupo de ingenieros del suelo (*Formicidae*, *Termitidae*, y *Lumbricidae*). Le siguieron las que forman parte del gremio de depredadores (*Scolopendridae*, *Theraphosidae*, *Salticidae*, entre otras), lo que sugiere una presencia importante de controladores biológicos. Asociada a la alta cantidad de  $\text{ind}/\text{m}^2$  del gremio depredadores, se registró baja cantidad de  $\text{ind}/\text{m}^2$ , perteneciente a familias con funciones de herbívoro, siendo algunas de ellas *Scarabaeidae*, *Aphididae*, *Noctuidae* y *Acrididae*.

En el sistema convencional, la composición de las familias por funcionalidad registró mayor riqueza de depredadores, con nueve. Se encontraron

*Theraphosidae* y *Salticidae* entre las más importantes por la cantidad de individuos. En cuanto al grupo de los detritívoros, estuvieron representados por cinco familias, entre las que hallan *Stratiomyidae* y *Tenebrionidae*. Con el mismo número de familias se identificó el grupo ingenieros del suelo, siendo *Formicidae* y *Lumbricidae* como las más importantes. El de los herbívoros, con cuatro, fue el menos representativo en la composición de familias (tabla 3).

La diferencia en la composición de las familias, en número como en la importancia de grupos funcionales entre sistemas, sugiere distintos niveles de activación biológica del suelo, con ventaja para el silvopastoril.

Se registró mayor cantidad de individuos de macrofauna en el SSP, con 11 593, que correspondió, aproximadamente, a cuatro veces la cantidad registrada en el convencional (3 062). La diferencia entre sistemas estuvo marcada por el número de individuos registrados por las familias *Formicidae* (4 150) y *Termitidae* (2 126), que representaron 54 % de los  $\text{ind}/\text{m}^2$  en el SSP (figuras 1 y 2).

En el manejo convencional, las dos familias con mayor dominancia, *Formicidae* y *Mutillidae* (1 258 y 290  $\text{ind}/\text{m}^2$ , respectivamente), representaron 45 % del registro total de organismos, por lo que este sistema tuvo menor dominancia de familias con respecto al SSP.

Un comportamiento similar se registró en la densidad de las familias con predominancia en los sistemas evaluados. En ambos sistemas, se observó la existencia de una a tres familias con notables diferencias de  $\text{ind}/\text{m}^2$ , en comparación con las familias complementarias de la composición (figuras 2 y 3). Se vio acentuada la similaridad entre sistemas, al encontrarse *Formicidae* y *Lumbricidae* entre las predominantes.

Díaz-Porres *et al.* (2014) manifestaron que es notoria la cantidad de  $\text{ind}/\text{m}^2$  de la macrofauna edáfica en estas familias, al ser identificadas en sistemas ganaderos diversificados, en los que la actividad biológica se incrementa con la presencia de especies arbóreas y arbustivas que incorporan materia orgánica. Cabrera-Dávila *et al.* (2011) informaron que estas familias realizan funciones ecológicas importantes en los sistemas ganaderos, lo que contribuye a incrementar la materia orgánica y mejorar las propiedades del suelo.

Las familias con mayor dominancia fueron *Formicidae* (56,9 %), *Termitidae* (14,5 %), *Lumbricidae* y *Scolopendridae*, que realizan funciones

Tabla 3. Clasificación taxonómica, rol trófico y diversidad de la macrofauna edáfica por sistemas ganaderos.

Clase	Orden	Familias	Número de individuos		Densidad relativa, %		Rol trófico
			Convencional	Silvopastoril	Convencional	Silvopastoril	
<i>Clitellata</i>	<i>Haplotaxida</i>	<i>Lumbricidae</i>	144	768	4,7	6,6	Ingenieros
<i>Arachnida</i>	<i>Araneae</i>	<i>Salticidae</i>	75	227	2,4	2,0	Depredadores
		<i>Theraphosidae</i>	80	423	2,6	3,6	Depredadores
<i>Diplopoda</i>	<i>Scolopendromorpha</i>	<i>Scolopendridae</i>	102	522	3,3	4,5	Depredadores
<i>Insecta</i>	<i>Blattodea</i>	<i>Blatellidae</i>	48	32	1,6	0,3	Ingenieros
	<i>Coleoptera</i>	<i>Buprestidae</i>	16	48	0,5	0,4	Detritívoros
		<i>Chysomelidae</i>	22	90	0,7	0,8	Herbívoros
		<i>Cleridae</i>	NR	16	NR	0,1	Depredadores
		<i>Coccinellidae</i>	19	77	0,6	0,7	Depredadores
		<i>Curculionidae</i>	16	16	0,5	0,1	Herbívoros
		<i>Elateridae</i>	48	336	1,6	2,9	Depredadores
		<i>Elmidae</i>	50	350	1,6	3,0	Detritívoros
		<i>Lampyridae</i>	13	51	0,4	0,4	Depredadores
		<i>Scarabaeidae</i>	207	651	6,8	5,6	Herbívoros
		<i>Tenebrionidae</i>	74	70	2,4	0,6	Detritívoros
		<i>Dermaptera</i>	<i>Forficulidae</i>	104	120	3,4	1,0
	<i>Diptera</i>	<i>Stratiomyidae</i>	20	28	0,7	0,2	Detritívoros
	<i>Hemiptera</i>	<i>Aphididae</i>	NR	72	NR	0,6	Herbívoros
		<i>Cercopidae</i>	NR	76	NR	0,7	Depredadores
		<i>Gelastocoridae</i>	NR	88	NR	0,8	Depredadores
		<i>Lygaeidae</i>	34	30	1,1	0,3	Depredadores
		<i>Reduviidae</i>	NR	116	NR	1,0	Depredadores
	<i>Hymenoptera</i>	<i>Formicidae</i>	1 258	4 150	41,1	35,8	Ingenieros
<i>Mutillidae</i>		290	174	9,5	1,5	Depredadores	
<i>Vespidae</i>		NR	32	NR	0,3	Herbívoros	
<i>Lepidoptera</i>	<i>Noctuidae</i>	12	20	0,4	0,2	Herbívoros	
	<i>Sphingidae</i>	NR	32	NR	0,3	Herbívoros	
<i>Orthoptera</i>	<i>Acrididae</i>	48	16	1,6	0,1	Herbívoros	
	<i>Gryllidae</i>	NR	32	NR	0,3	Herbívoros	
<i>Gastro-poda</i>	<i>Mesogastrópoda</i>	<i>Planorbidae</i>	16	48	0,5	0,4	Herbívoros
	<i>Pulmonata</i>	<i>Helicidae</i>	64	384	2,1	3,3	Herbívoros
		<i>Veronicellidae</i>	NR	80	NR	0,7	Herbívoros
<i>Malacos-traca</i>	<i>Isopoda</i>	<i>Porcellionidae</i>	48	208	1,6	1,8	Detritívoros
		<i>Rhinotermitidae</i>	128	64	4,2	0,6	Detritívoros
		<i>Termitidae</i>	114	2 126	3,7	18,3	Ingenieros
Total			Σ3,062	Σ11,593	Σ 100	Σ 100	Depredadores (n = 3 053) Detritívoros (n = 1 104) Herbívoros (n = 1 714) Ingenieros (n = 8 784)

NR (No registrado)

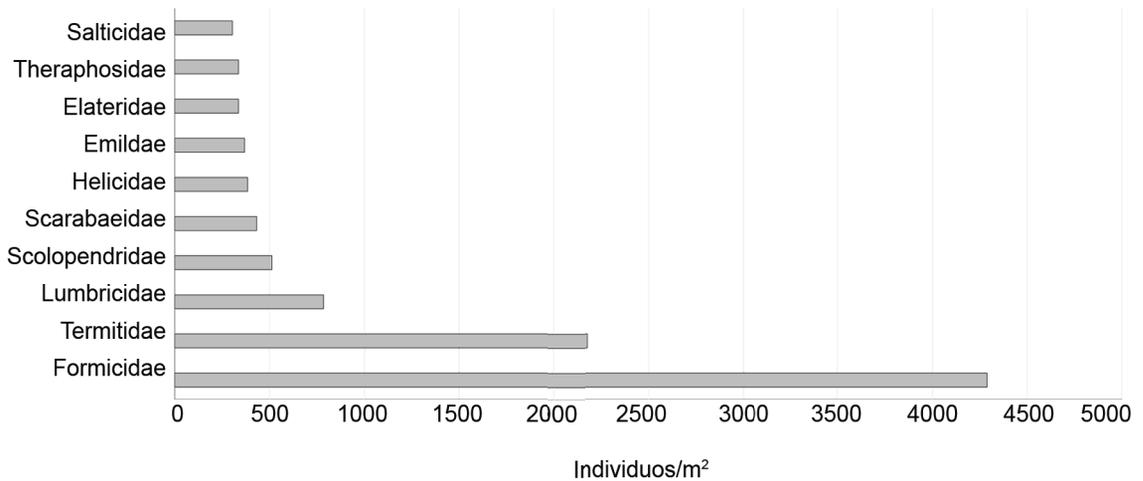


Figura 1. Familias predominantes en el sistema sivopastoril.

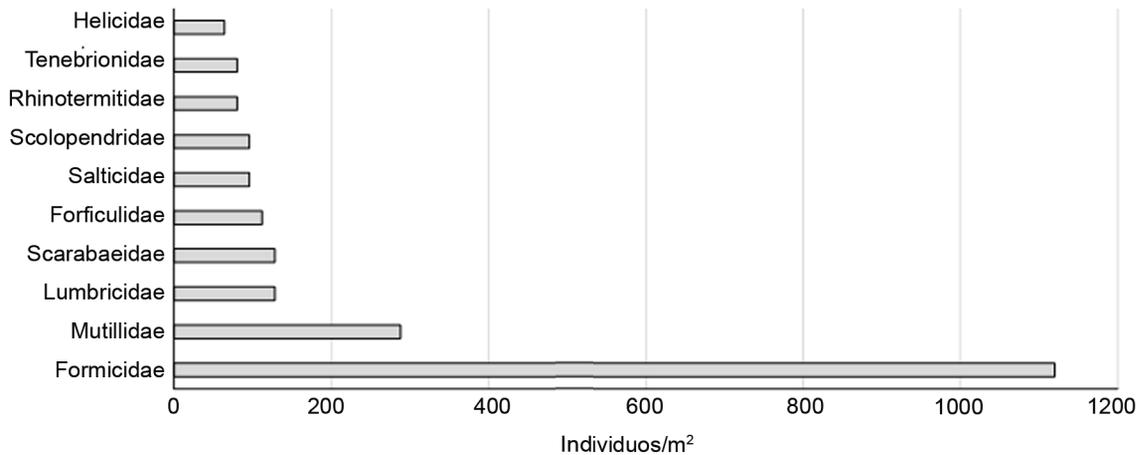


Figura 2. Familias predominantes en el sistema convencional.

importantes en los ecosistemas, específicamente en lo que tiene que ver con la regulación de la dinámica del suelo y su influencia en los cultivos. Se registraron con mayor proporción en el grupo trófico ingenieros del suelo las familias *Formicidae*, *Termitidae* y *Lumbricidae* (tabla 3), comunes en los resultados del monitoreo de la macrofauna edáfica, con demostrada funcionalidad en procesos de mejoramiento de la estructura del suelo. Con respecto a *Lumbricidae*, Lavelle *et al.* (2003) enfatizaron en su importancia en la activación biológica del suelo, específicamente por la construcción de bioestructuras o bioagregados a cierta profundidad.

La proporción de individuos de las familias ingenieros del suelo fue diferente entre sistemas. *Formicidae* registró mayor porcentaje (41,0 %) en

manejo convencional, en comparación con el sistema silvopastoril (35,7 %). La proporción de *Lumbricidae* fue mayor (7,7 %) en el sistema silvopastoril, y menor en el manejo convencional (5,8 %).

En el caso de *Termitidae*, las diferencias en las proporciones entre sistemas son más notables, con 13,0 % en el SSP, y 1,4 % en el manejo convencional. Los grupos funcionales herbívoros (17,5 %) y detritívoros (12,0 %) presentaron valores superiores en el sistema convencional, en comparación con el SSP. En ambos se registró igual proporción (26,0 %) del grupo trófico depredadores.

Acerca de las familias que no se registraron en el sistema convencional, se debe destacar su baja densidad (16 a 128 ind/m<sup>2</sup>), lo que sugiere potencial susceptibilidad en sus poblaciones ante cambios en

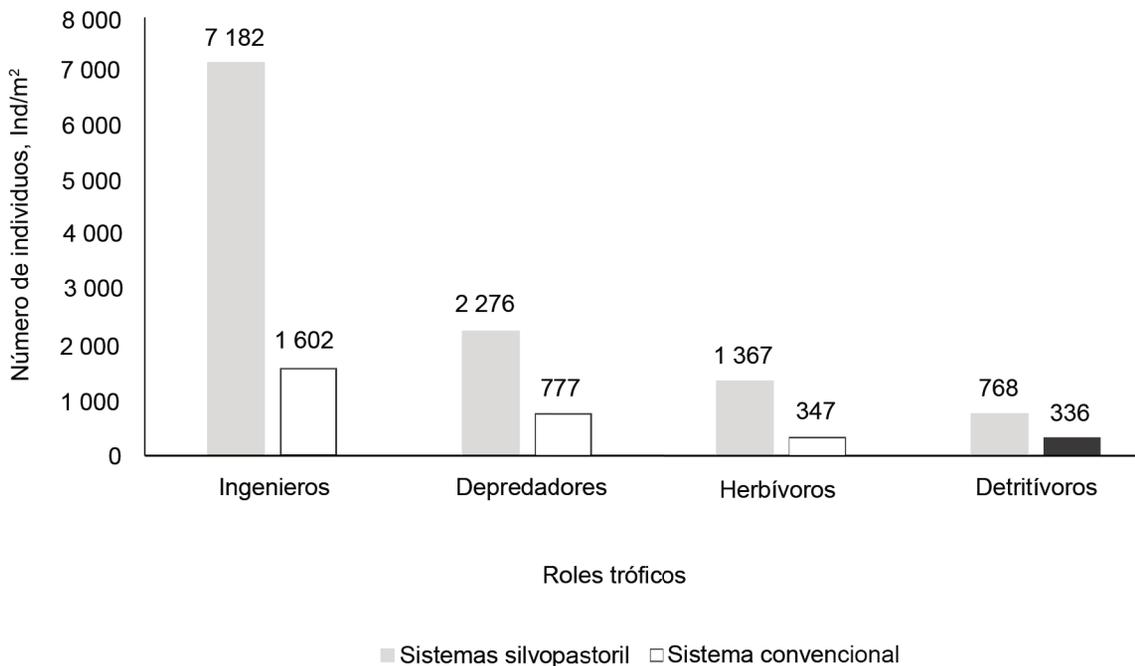


Figura 3. Proporción de organismos de la macrofauna por roles tróficos.

las prácticas de manejo, y, por tanto, en la calidad del hábitat. Entre las 13 familias diferentes que sobresalieron en el sistema silvopastoril, se destacan las que desempeñan funciones de depredación (5), herbívoros (5), y detritívoros en menor número (3), mientras que las familias que se registraron únicamente en el sistema convencional fueron, en mayor número, herbívoros (4), y una con función de detritívoros.

El análisis de la densidad de organismos por profundidad de muestreo, como indicador de diferencias en la activación biológica del perfil del suelo, registró alta concentración de macrofauna en la capa superficial del suelo, con 5 480 ind/m<sup>2</sup> (47,0 %) en el SSP, y 1 860 ind/m<sup>2</sup> (60,0 %) en el convencional, y se observó una disminución a mayor profundidad. Este comportamiento ha sido referido como un patrón en diversos estudios asociados a la distribución vertical de la macrofauna (figura 4).

En la figura 4, la mayor densidad de macrofauna edáfica se mostró en los primeros 10 cm del suelo. A nivel de las primeras capas, la reducción en la densidad de organismos fue marcada en el sistema convencional (con reducción superior al 50,0 %), en comparación con el SSP, donde la reducción de densidad entre la superficie y de 0 a 10 cm fue de 17,0 %.

Resultados similares a los de este estudio informaron Noguera-Talavera *et al.* (2017), al analizar

la distribución de la macrofauna en dos sistemas de manejo del suelo. Estos autores sugirieron una mayor concentración de individuos en el sistema agroecológico, así como mayor densidad a nivel de todas las profundidades evaluadas. Ellos vincularon los resultados, en parte, a prácticas de manejo del suelo, por la adición de abonos orgánicos, que mejoran las condiciones de hábitat para la macrofauna edáfica.

### Conclusiones

La mayor riqueza de familias y cantidad de individuos se obtuvo en el sistema silvopastoril, lo cual evidencia la importancia de este en las explotaciones ganaderas.

La predominancia de familias del grupo ecológico ingenieros del suelo y depredadores evidencia la existencia de procesos que transforman las características del suelo, y de mecanismos de autoregulación de poblaciones de plagas potenciales en los sistemas evaluados.

La predominancia y funcionalidad de las familias por profundidad de muestreo demuestran la hipótesis de alta concentración y mayor actividad biológica en los primeros 10 cm del perfil del suelo, así como un notable balance en las funciones de depredación y acumulación de detritos.

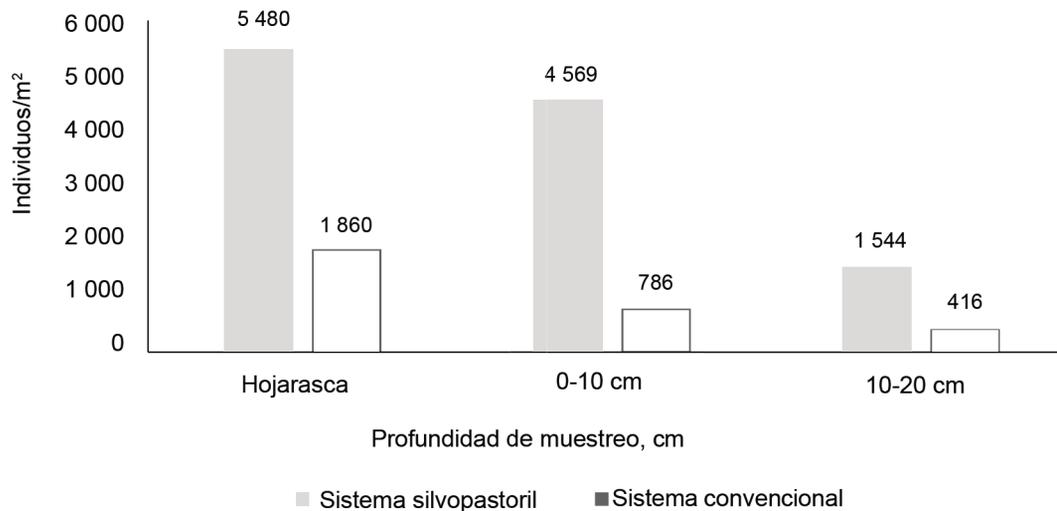


Figura 4. Cantidad de organismos (ind/m<sup>2</sup>) de la macrofauna edáfica por profundidad de muestreo y sistema ganadero.

### Agradecimientos

Se agradece al Programa de Doctorado en Agroecología de la Universidad Nacional Agraria-Nicaragua y a la Sociedad Latinoamericana de Agroecología por el apoyo en las investigaciones que dieron origen a este artículo.

### Contribución de los autores

- Camilo del Carmen Gutiérrez-Bermúdez. Realizó los experimentos, la recolección de datos. Además, preparó el trabajo para su publicación.
- Bryan Gustavo Mendieta-Araica. Conceptualizó la idea de investigación y supervisó la actividad de investigación, revisó los análisis estadísticos y adecuó el manuscrito de acuerdo a las sugerencias de los revisores.
- Álvaro José Noguera-Talavera. Realizó el análisis estadístico y revisó el manuscrito.

### Conflictos de intereses

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses entre ellos.

### Referencias bibliográficas

- Cabrera-Dávila, Grisel. La macrofauna edáfica como indicador biológico del estado de conservación/perturbación del suelo. Resultados obtenidos en Cuba. *Pastos y Forrajes*. 35 (4):349-364, 2012.
- Cabrera-Dávila, Grisel; Robaina, Nayla & Ponce-de-León, D. 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, 2011.

- Castner, J. L. *Photographic atlas of entomology and guide to insect identification*. Gainesville, USA: Pittsburg State University, Feline Press, 2001.
- Chávez-Suárez, Licet; Labrada-Hernández, Y. & Álvarez-Fonseca, A. Macrofauna del suelo en ecosistemas ganaderos de montaña en Guisa, Granma, Cuba. *Pastos y Forrajes*. 39 (3):111-115, 2016.
- Díaz-Porres, Mónica; Macarena, H.; Duhour, A. E. & Momo, F. R. Artrópodos del suelo: relaciones entre la composición faunística y la intensificación agropecuaria. *Ecologia Austral*. 24 (3):327-334, 2014.
- Huybrechts, F.; Bastiaensen, J.; Forcella, D. & Van Hecken, G. Enfrentando la vía ganadera extensiva: potenciales y limitaciones de los pagos por servicios ambientales y de las microfinanzas verdes. En: *Rutas de desarrollo en territorios humanos: Las dinámicas de la vía láctea en Nicaragua/Bastiaensen*. p. 373-402, 2015.
- INETER. *Datos climáticos*. Managua: Dirección General de Meteorología, Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales, 2017.
- Lavelle, P.; Senapati, P. & Barros, E. Soil macrofauna. In: G. Schroth and F. L. Sinclair, eds. *Trees, crops and soil fertility. Concepts and research methods*. United Kingdom: CABI Publishing, p. 303-322, 2003.
- Masin, C. E.; Cruz, M. S.; Rodríguez, A. R.; Demonte, M. J.; Vuizot, L. A.; Maitre, M. I. et al. Macrofauna edáfica asociada a diferentes ambientes de un vivero forestal. *Ciencia del Suelo*. 35 (1):21-33, 2017.
- Montagnini, Florencia & Nair, P. K. Carbon sequestration: an underexploited environmental benefit of agroforestry systems: a review with examples

- from Costa Rica and Southern Canada. *Agric. Ecosyst. Environ.* 104:359-377, 2014.
- Murgueitio, E.; Chará, J. D.; Solarte, A. J.; Uribe, F.; Zapata, C. & Rivera, J. E. Agroforestería pecuaria y sistemas silvopastoriles intensivos (SSPi) para la adaptación ganadera al cambio climático con sostenibilidad. *Rev. Col. Cienc. Pec.* 26:313-316, 2013.
- Noguera-Talavera, Á.; Reyes-Sánchez, N. & Mendieta-Araica, B. Diversidad y distribución de la macrofauna edáfica en dos sistemas de manejo de *Moringa oleífera* (Lam.): relación con las propiedades del suelo. *La Calera.* 17 (29):78-86, 2017.
- Ramírez, M. F. Q. & Fernando, M. *El control de convencionalidad.* 3 ed. Bogotá: Editorial Temis, 2014.
- Ramírez-Suárez, Wendy M.; Hernández-Chavez, Marta B.; Zurita-Rodríguez, A. A. & Navarro-Boulandier, Marlen. Comportamiento de la macrofauna edáfica en sistemas ganaderos, en una entidad productiva del municipio Yaguajay, Cuba. *Pastos y Forrajes.* 41 (4):237-243, 2018.
- Roldan-Pérez, G. *Guía para el estudio de macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia.* Bogotá: Fondo para la Protección del Medio Ambiente "José Celestino", COLCIENCIAS, Universidad de Antioquia, 1988.
- Rosero, D. M.; Rosales, H. R.; Pérez, L. A. & Hernández, J. P. Población de macrofauna en sistemas silvopastoriles dedicados a la producción lechera: análisis preliminar. *La Granja. Revista de Ciencias de la Vida.* 27 (1):77-85, 2018.