

Composición funcional de la macrofauna edáfica en cinco agroecosistemas de pastizales en la provincia Granma, Cuba

Functional composition of the edaphic macrofauna in five pastureland agroecosystems in the Granma province, Cuba

Licet Chávez-Suárez¹ <https://orcid.org/0000-0002-7837-2168>, Idalmis Rodríguez-García² <https://orcid.org/0000-0001-5897-5431>, Wilfredo Estrada-Prado¹ <https://orcid.org/0000-0002-0212-2168>, Magaly Herrera-Villafranca² <https://orcid.org/0000-0002-2641-1815> y Yolaine Medina-Mesa² <https://orcid.org/0000-0003-0869-2665>

¹Instituto de Investigaciones Agropecuarias Jorge Dimitrov. Carretera via Manzanillo km 16 ½, Peralejo, Bayamo, Granma. ²Instituto de Ciencia Animal, Apartado Postal 24, San José de las Lajas, Mayabeque. Correo electrónico: licet@dimitrov.cu, irodriguez@ica.co.cu, mvillafranca@ica.co.cu

Resumen

Objetivo: Caracterizar la composición funcional de la macrofauna edáfica en cinco agroecosistemas de pastizales en la provincia Granma, Cuba.

Materiales y Métodos: La investigación se desarrolló en dos pastizales naturales: pastizal natural con árboles y pastizal de gramíneas naturales, con árboles dispersos y asociación de gramíneas mejoradas y árboles. Los muestreos se realizaron dos veces al año, durante el período lluvioso y poco lluvioso. La macrofauna edáfica se colectó según la metodología del TSBF (*Tropical Soil Biology and Fertility*) y por las trampas de caída. Los organismos identificados se clasificaron en ingenieros del suelo, detritívoros de la hojarasca, herbívoros y depredadores. Se calculó la abundancia proporcional de cada grupo funcional (%) y se realizó el análisis de comparación de proporciones (chi-cuadrado) con el paquete estadístico ComparPro, versión 1.

Resultados: Se identificaron tres unidades taxonómicas, clasificadas como ingenieros del suelo, siete detritívoros, ocho herbívoros y seis depredadores. Hubo dominio absoluto, en cuanto a abundancia proporcional, de los ingenieros del suelo en los cinco agroecosistemas estudiados y en todos los períodos de muestreo. El orden detritívoro Isopoda no estuvo presente en los pastizales naturales deforestados y pastoreo continuo. Al grupo funcional denominado parasitoides pertenecieron ejemplares de siete familias de Hymenoptera y Diptera.

Conclusiones: El análisis de los grupos funcionales de la macrofauna edáfica permitió determinar la presencia de todos los gremios en los agroecosistemas estudiados, con predominio de los ingenieros del suelo. Los pastizales con escasa vegetación y pastoreo continuo no proporcionaron ni hábitat ni condiciones necesarias para el desarrollo de organismos detritívoros.

Palabras clave: sistemas ganaderos, macroinvertebrados del suelo, ingenieros del suelo, detritívoros

Abstract

Objective: To characterize the functional composition of the edaphic macrofauna in five pastureland agroecosystems in Granma province, Cuba.

Materials and Methods: The study was conducted in two natural pasturelands: natural pastureland with trees and pastureland of natural grasses, with dispersed trees and association of cultivated grasses and trees. Sampling was performed twice per year, during the rainy and the dry season. The edaphic macrofauna was collected according to the TSBF (*Tropical Soil Biology and Fertility*) methodology and by pitfall traps. The identified organisms were classified into soil engineers, litter detritivores, herbivores and predators. The proportional abundance of each functional group (%) was calculated and the proportion comparison analysis (chi-squared) was carried out with the statistical package ComparPro, version 1.

Results: Three taxonomic units were identified, classified as soil engineers, seven detritivores, eight herbivores and six predators. There was absolute dominion, regarding proportional abundance, of soil engineers in the five studied agroecosystems and in all the sampling periods. The detritivorous order Isopoda was not present in the deforested natural pastures and continuous grazing. To the functional group called parasitoid, individuals of seven Hymenoptera and Diptera families belonged.

Conclusions: The analysis of the functional groups of the edaphic macrofauna allowed to determine the presence of all the groups in the studied agroecosystems, with predominance of soil engineers. The pasturelands with scarce vegetation and continuous grazing provided neither habitat nor necessary conditions for the development of detritivorous organisms.

Keywords: animal husbandry systems, soil macroinvertebrates, soil engineers, detritivores.

Recibido: 20 de mayo de 2021

Aceptado: 14 de agosto de 2021

Como citar este artículo: Chávez-Suárez, Licet; Rodríguez-García, Idalmis; Estrada-Prado, Wilfredo; Herrera-Villafranca, Magaly & Medina-Mesa, Yolaine. Composición funcional de la macrofauna edáfica en cinco agroecosistemas de pastizales en la provincia Granma, Cuba. *Pastos y Forrajes*. 44:e24, 2021.

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

La edafofauna, como fracción fundamental de la biodiversidad terrestre, provee múltiples servicios ambientales en provecho del bienestar y la salud humana. La descomposición de la materia orgánica, el suministro de nutrientes para las plantas, el mantenimiento de la estructura del suelo, el movimiento y retención de agua en todo el perfil edáfico, el control biológico de plagas y enfermedades, el secuestro y la liberación de carbono y la regulación de la composición de los gases atmosféricos constituyen servicios ecosistémicos (Tanjung *et al.*, 2020; Machado-Cuellar *et al.*, 2020).

Los ingenieros del suelo, los detritívoros de la hojarasca, los herbívoros y los depredadores constituyen los diferentes grupos funcionales que componen la macrofauna edáfica, y que intervienen de forma significativa en la regulación de los procesos edáficos (Cabrera-Dávila y López-Iborra, 2018). El estudio de la composición y actividad funcional de la macrofauna del suelo es importante para entender sus efectos potenciales en el medio edáfico y en la productividad vegetal (Cabrera-Dávila, 2019). En este sentido, Clemente-Orta y Álvarez (2019) señalaron que, en los últimos años, los estudios ecológicos se mueven cada vez más hacia enfoques basados en rasgos funcionales para entender con más detalle los servicios ecosistémicos que ofrece la biodiversidad e impulsar sus efectos positivos en los agroecosistemas.

En Cuba, los estudios que describen el comportamiento de los grupos funcionales de la macrofauna en relación con los diferentes usos de la tierra se han realizado, en su mayoría, en el occidente del país (Cabrera-Dávila y López-Iborra, 2018), y no se dispone de referencias de este tipo de investigaciones en pastizales de la región oriental. El objetivo de este estudio fue caracterizar la composición funcional de la macrofauna edáfica en cinco agroecosistemas de pastizales de la provincia Granma, Cuba.

Materiales y Métodos

Localización. La investigación se desarrolló en cinco agroecosistemas de pastizales, en tres municipios de la provincia Granma, ubicada en la porción suroeste de la región oriental de la isla de Cuba.

Características de los agroecosistemas. La tabla 1 muestra las principales características de los agroecosistemas de dicha provincia. Los muestreos se realizaron dos veces al año, entre julio de 2014 y

marzo de 2017. Para facilitar el análisis estadístico y la caracterización de las variables objeto de estudio se definieron tres años: 1) período lluvioso (PLL)-2014 y poco lluvioso (PPLL)-2015, 2) PLL-2015 y PPLL-2016, 3) PLL-2016 y PPLL-2017. En el período lluvioso, se tomaron como meses de muestreo de julio a septiembre y en el poco lluvioso de enero a marzo, por ser los más representativos de ambos períodos climáticos. Para esto se tuvo en cuenta el criterio de especialistas del Centro Provincial de Meteorología en Granma.

Muestreo e identificación de la macrofauna edáfica. Se utilizaron dos métodos: el recomendado por el programa *Tropical Soil Biology and Fertility* (TSBF) (Anderson e Ingram, 1993) y las trampas de caída o *pitfall* (Moreira *et al.*, 2012). Para el primero, se limpió previamente la hojarasca y se extrajo todo tipo de cuerpos extraños, como las piedras y los residuos vegetales. En la diagonal del área de muestreo se extrajeron cinco monolitos por hectárea, de 25 x 25 x 20 cm, a distancia de 20 m. Manualmente se recolectaron y contaron los individuos de la macrofauna *in situ*. Las lombrices se conservaron en formaldehído al 4 % y los invertebrados restantes en etanol al 70 %.

Para el segundo método de muestreo, se colocaron en cada área de estudio nueve trampas, dispuestas en las dos diagonales en forma de cruz, con una trampa en el centro. Se utilizaron recipientes plásticos, de 8 cm de diámetro y 10 cm de profundidad, los que se enterraron a ras del suelo, con el menor disturbio posible en el área circundante. Después, se añadió una solución acuosa detergente al 0,003 %, preparada con detergente líquido comercial y se taparon con hojas secas y restos vegetales propios de cada agroecosistema. Al cabo de siete días, se colectó el contenido de las trampas en frascos de cristal y se trasladaron al laboratorio. Con la utilización del estereoscopio se extrajeron y contaron los individuos de la solución y se colocaron en viales con etanol al 70 %.

Para la identificación de los especímenes conservados se consultó a Brusca y Brusca (2003). También se examinó la colección entomológica, perteneciente al laboratorio provincial de Sanidad Vegetal en Granma.

Desde el punto de vista funcional, la macrofauna se agrupó en cuatro gremios fundamentales: ingenieros del suelo, depredadores, detritívoros de la hojarasca y herbívoros (Cabrera-Dávila y López-Iborra, 2018). Además, se estableció la categoría “parasitoides” para las trampas.

Tabla 1. Principales características de los agroecosistemas estudiados.

Agroecosistema	El Triángulo y El Progreso	Cupeycito	Ojo de agua	Estación de Pastos
Clasificación	Pastizales naturales	Gramíneas mejoradas + árboles dispersos	Pastizal natural + árboles	Asociación de gramínea mejorada + árboles
Municipio	Bayamo	Jiguani	Guisa	Bayamo
Afiliación	UBPC Francisco Suárez Soa	Empresa Genética Manuel Fajardo	Finca de Rafael Almaguer, CCS Braulio Coroneaux	Instituto de Investigaciones Agropecuarias Jorge Dimitrov
Propósito	Producción de leche	Cría de terneros	Ceba de toros	Ceba de toros
Tipo de suelo	Vertisol Pélico	Pardo mullido carbonatado	Pardo mullido carbonatado	Fluvisol
Método de pastoreo	Continuo	Rotacional	Continuo	Rotacional
Área total de pastoreo, ha	El Triángulo:18,5 El Progreso: 20,4	14,2	6,7	0,8
Área de muestreo, ha y por ciento que representa del área total	El Triángulo: 2 11 El Progreso: 2 10	1,8 13	1,2 18	0,8 100
Tipo de pastos predominante	<i>Dichantium caricosum</i> L. A. Camus) y <i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst.	<i>Megathyrus maximus</i> (Jacqs.) B.K. Simon & S.W.L. Jacobs	<i>Dichantium caricosum</i> L. A. Camus	Sistema silvopastoril de hierba de <i>M. maximus</i> y <i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.)
Área de forraje, ha	<i>Saccharum officinarum</i> L.: 2 <i>Cenchrus purpureus</i> (Schumach.) Morrone:1,5	1,0 4,0	0,5 3,0	-
Tiempo de explotación, años	20	10	7	10
Raza y carga animal, UGM ha ⁻¹	Mestizo Siboney 1,5	Criollo 1,7	Mestizo 2,2	Mestizo Siboney 1,0
Condiciones generales	Área de pastoreo totalmente deforestada, sin cuarterones, se encharca en la época de lluvia	Buen nivel de sombra por árboles y acuartonamiento, alta pedregosidad. Especies de árboles: <i>Cocos nucifera</i> L., <i>Guazuma ulmifolia</i> Lam y <i>Populus</i> sp.	Buen nivel de sombra por árboles, sin cuarterones, relieve con pendiente (10 %). Susceptibilidad a la erosión. Especies de árboles: <i>L. leucocephala</i> ; <i>Samanea saman</i> (Jacq.) Merr; <i>Swietenia mahagoni</i> (L) Jacq); <i>Cedrela odorata</i> L.	Buen nivel de sombra, zona de intensa sequía

Análisis estadístico. Se calculó la abundancia proporcional de cada grupo funcional (%) mediante la razón del número de individuos perteneciente a cada grupo y el total de individuos de todos los grupos funcionales. Se realizó análisis de comparación de proporciones (chi-cuadrado) con el paquete estadístico ComparPro, versión 1 (Font *et al.*, 2007).

Resultados y Discusión

Se identificaron tres unidades taxonómicas, clasificadas como ingenieros del suelo, siete detritívoros, ocho herbívoros, y seis depredadores. En el grupo de los ingenieros del suelo, los órdenes predominantes en todos los agroecosistemas fueron Hymenoptera (Formicidae) e Isoptera. Entre los detritívoros de la hojarasca, los órdenes de la macrofauna encontrados fueron: Blattodea, Isopoda y Dermaptera. Los órdenes Orthoptera, Hemiptera, Lepidoptera y Coleoptera (Scarabaeidae) fueron los individuos herbívoros más comunes. En estos agroecosistemas, los depredadores estuvieron representados, principalmente, por Araneae y Coleoptera, de las familias Carabidae y Staphylinidae (tabla 2).

Es importante señalar dos de las diferencias que se observaron en los cinco agroecosistemas en la composición funcional de su macrofauna. Resulta significativo que, entre los ingenieros del suelo, no hubo presencia del orden Haplotoxida en los pastizales naturales (tabla 2). Esto se debe a las características de estos organismos, pues están totalmente deforestados, lo que reduce las fuentes de hojarasca depositadas en el suelo; además, se utiliza el método de pastoreo continuo, que provoca la incidencia negativa del ganado en las propiedades físicas del suelo.

Se reconoce que el pisoteo excesivo de los animales provoca la destrucción mecánica del microhábitat y la estabilidad de los agregados órgano-minerales del suelo, lo que afecta su porosidad, aumenta su compactación y, por ende, existe menor infiltración de agua y menor disponibilidad de oxígeno, lo que limita la actividad de la biota del suelo (Wang *et al.*, 2018).

Pereira *et al.* (2017) plantearon que las lombrices de tierra tienden a prevalecer en ambientes edáficos húmedos, no compactados y con alto contenido de materia orgánica. Cabrera *et al.* (2011), en un estudio en el occidente de Cuba, que incluyó bosques, pastizales, cultivos varios y cañaverales, constataron que el comportamiento de las lombrices de tierra indicó el nivel de intervención antrópica, por la intensidad del uso de la tierra y el grado de perturbación del medio edáfico.

Tampoco hubo presencia en los pastizales naturales del orden Isopoda, pertenecientes al grupo funcional de los detritívoros de la hojarasca. Los organismos detritívoros, como los pertenecientes al orden Isopoda, son muy sensibles a los cambios físicos y químicos del suelo, así como a los cambios bruscos de temperatura y humedad en sus hábitats, por lo que se pueden utilizar como indicadores de la calidad del suelo (Chávez, 2020). Otros autores enfatizan en la importancia de Isopoda en la descomposición de la hojarasca y en la interacción con los microorganismos del suelo (Pey *et al.*, 2019).

Como se ha analizado, las condiciones de estos pastizales no son favorables para el desarrollo de estos organismos. Mientras, para el resto de los sistemas, al incorporarse el elemento arbóreo se mejoran las condiciones del suelo, pues se favorece la deposición de hojarasca de mejor calidad y cantidad. Hernández-Chavez *et al.* (2020) aseveraron que la densidad de la macrofauna edáfica se afecta por la riqueza de las 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.

Se destaca el orden Coleoptera como el más diverso, en cuanto a grupos funcionales se refiere, pues se observó la presencia de ejemplares con hábitos detritívoros, herbívoros y depredadores. Díaz-Porres *et al.* (2014), en un estudio realizado para evaluar la relación entre los macroátropodos y la intensificación agropecuaria, que incluyó pastizales, obtuvo un resultado similar. Escobar-Montenegro *et al.* (2017) lo consideraron un indicador del grado de perturbación del suelo, pues tuvo mayor abundancia en el bosque latifoliado. Le siguió el sistema silvopastoril y, por último, el sistema del potrero tradicional estudiado. Los coleópteros realizan funciones ecológicas valiosas para el equilibrio de los agroecosistemas, pues son fundamentales al enterrar el estiércol y evitar que el ganado rechace el área de pastoreo que contiene bostas (Hernández-Chavez *et al.*, 2020).

Entre los herbívoros, se señala la presencia de la familia Chrysomelidae, que se considera plaga en los cultivos agrícolas (Cabrera *et al.*, 2011). También en este grupo se constató *Mocis latipes* (Lepidoptera: Erebidae) y *Monecphora bicincta fraterna* (Hemiptera: Cercopidae), catalogadas como las plagas principales en los pastizales de Cuba.

Tabla 2. Composición funcional de la macrofauna edáfica en cinco agroecosistemas de pastizales.

Grupo funcional	Orden/ Familia/ <i>Subfamilia</i>	Pastizal natural I (Triángulo)	Pastizal natural II (Progreso)	Gramíneas mejoradas + árboles dispersos	Pastizal natural + árboles	Asociación de gramínea mejorada + árboles
Ingenieros del suelo	Hymenoptera: Formicidae	X	X	X	X	X
	Isoptera	X	X	X	X	X
	Haplotaxida			X	X	X
Detritívoros de la hojarasca	Blatodea			X	X	X
	Dermaptera	X			X	X
	Diplopoda [¥]			X		X
	Archaeogastro- poda	X	X	X	X	X
	Isopoda			X	X	X
	Coleoptera: Nitidulidae					X
	Coleoptera: Tenebrionidae	X		X		X
	Orthoptera	X	X		X	X
Herbívoros	Hemiptera	X	X	X	X	X
	Lepidoptera	X	X		X	X
	Thysanoptera	X				X
	Coleoptera: Chrysomelidae			X	X	X
	Coleoptera: Curculionidae			X		
	Coleoptera: Elateridae			X		X
	Coleoptera: Scarabaeidae	X	X	X	X	X
	Araneae	X	X	X	X	X
Depredadores	Opiliones					X
	Chilopoda*		X	X		X
	Coleoptera: Staphilinidae: <i>Staphylininae</i>			X		X
	Coleoptera: Carabidae	X		X	X	X

[¥]clase

En cuanto a número de individuos, los detritívoros de la hojarasca estuvieron muy poco representados. En todos los agroecosistemas investigados, incluso en el pastizal natural con árboles, no se registró su presencia por el método de los monolitos (tabla 3).

De acuerdo con Cabrera-Dávila (2019), los organismos pertenecientes a este gremio trófico son los principales encargados de triturar los restos

vegetales y animales, además, reducen el tamaño de las partículas de detrito e incrementan la superficie expuesta a la actividad de descomposición que llevan a cabo bacterias y hongos. Según el autor citado, sin la acción de estos organismos (cochinillas, milpiés, caracoles) son más lentos los procesos de descomposición de la materia orgánica y el reciclaje de los nutrientes en el suelo.

Tabla 3. Comportamiento estacional de la abundancia de los grupos funcionales de la macrofauna, determinada por el método de los monolitos (%).

Grupo funcional	Año 1		Año 2		Año 3	
	PLL	PPLL	PLL	PPLL	PLL	PPLL
Pastizal natural I (Triángulo)						
Ingenieros	94 ^a	100	100	94 ^a	96 ^a	0
Detritívoros	0 ^b	0	0	2 ^b	0 ^b	0
Herbívoros	3 ^b	0	0	0 ^b	2 ^b	0
Depredadores	3 ^b	0	0	4 ^b	2 ^b	0
EE ±	7,22	-	-	2,35	5,79	-
Valor - P	<0,001			<0,001	<0,001	
Pastizal natural II (Progreso)						
Ingenieros	95 ^a	99	99	99 ^a	92 ^a	6 ^b
Detritívoros	3 ^b	0	0	0,5 ^b	1 ^b	0 ^b
Herbívoros	2 ^b	0	0	0	0 ^b	0 ^b
Depredadores	0	1	1	0,5 ^b	0 ^b	1 ^b
EE ±	6,24	5,89	5,18	1,87	2,63	
Valor - P	<0,001	<0,001	<0,001	<0,0001	<0,0001	
Gramíneas mejoradas + árboles dispersos						
Ingenieros	40 ^a	37 ^a	99 ^a	97 ^a	100	97,5 ^a
Detritívoros	2 ^c	1,5 ^c	0,5 ^b	0,8 ^b	0	0
Herbívoros	19 ^b	0 ^c	0,5 ^b	1,3 ^b	0	2 ^b
Depredadores	0,5 ^c	0 ^c	0	0,9 ^b	0	0,5 ^b
EE ±	2,42		3,27	2,05	-	2,88
Valor - P	<0,001		<0,001	<0,001	<0,0001	<0,0001
Pastizal natural + árboles						
Ingenieros	78 ^a	17,8 ^b	100	99,6 ^a	98,1	91 ^a
Detritívoros	0	0	0	0	0	0
Herbívoros	1,4 ^c	2 ^c	0	0,2 ^b	0	6,7 ^b
Depredadores	0,4 ^c	0,4 ^c	0	0,2 ^b	1,9	2,3 ^b
EE ±	1,68		-	2,1	6,93	5,0
Valor - P	0,0002			<0,001	<0,001	<0,001
Asociación de gramínea mejorada + árboles						
Ingenieros	93,4 ^a	92,5 ^a	50 ^a	44 ^b	17,9 ^b	81,1 ^a
Detritívoros	2,4 ^a	1,2 ^b	0 ^c	0,8 ^c	0	0
Herbívoros	1,8 ^b	1,7 ^b	0,3 ^c	3,1 ^c	0,4 ^c	0,5 ^c
Depredadores	2,4 ^b	4,6 ^b	0,7 ^c	1,1 ^c	0,1 ^c	0 ^{cc}
EE ±	3,36	3,29	1,22		1,29	
Valor - P	<0,001	<0,001	<0,0001		0,0266	

PPLL: periodo poco lluvioso; PLL: periodo lluvioso

a, b y c: letras diferentes entre filas difieren a $p \leq 0,05$, según Duncan

Rueda-Ramírez y Varela (2016) relacionaron la presencia de taxones detritívoros (Gastropoda, Diplopoda y larvas de Diptera) con características de la composición vegetal y con su calidad. En la investigación de estos autores fue más variada en el bosque, debido a la mayor riqueza de plantas en relación al cultivo del café. Por tanto, plantearon que este grupo de transformadores de la hojarasca se puede convertir en un indicador de perturbación, lo que otorga relevancia a la clasificación funcional de la macrofauna edáfica.

Noguera-Talavera *et al.* (2017) asociaron la elevada presencia de detritívoros con la alta tasa de descomposición de la materia orgánica. Mientras, Pollierer *et al.* (2021) destacaron la fuerte influencia del pH del suelo en la actividad de la macrofauna detritívora. En general, el contenido de materia orgánica y la relación carbono/nitrógeno que contiene el suelo son las condiciones que más influyen en la diversidad y funcionalidad de los grupos de la macrofauna edáfica (Díaz-Porres *et al.*, 2014).

Hubo dominio absoluto en cuanto a la abundancia proporcional de los ingenieros del suelo en los cinco agroecosistemas estudiados en todos los períodos de muestreo (tablas 3 y 4), en ambos métodos de muestreo utilizados (con excepción del PPLL de tercer año de muestreo en el pastizal natural I, donde no hubo individuos). El resto de los grupos funcionales estuvo menos representado, generalmente por debajo de 10 %, con excepción de los herbívoros en Cupeycito, en el período lluvioso del primer año, donde su abundancia fue de 31 % y de los depredadores en El Progreso, en el período poco lluvioso del tercer año, que exhibieron abundancia proporcional de 20 %, ambos casos por el método de los monolitos.

En el análisis estadístico efectuado para la macrofauna determinada por el método de los monolitos, solo se observó interacción significativa entre la época y los grupos funcionales en el agroecosistema “Ojo de agua” en el primer año, y en el segundo y tercer año en la “Estación de Pastos”, con predominio de los ingenieros del suelo (tabla 3). En todos los casos se observaron diferencias significativas de los ingenieros del suelo con respecto al resto de los grupos funcionales, los cuales generalmente no difirieron entre sí, en todos los agroecosistemas.

En cuanto a los grupos funcionales de la macrofauna edáfica determinados con las trampas de caída, se observó comportamiento similar al que se vio en el método anterior, o sea predominio absoluto de la abundancia proporcional de los ingenieros

del suelo con respecto al resto de los grupos funcionales (tabla 4). El hecho de que Hymenoptera (Formicidae) e Isoptera sean insectos con hábitos de vida sociales, influye en que este grupo presente la mayor abundancia proporcional.

Los ingenieros del suelo o del ecosistema, promueven alteraciones en los atributos micromorfológicos y físicos del suelo, como la infiltración de agua y la aireación del suelo por el aumento de la porosidad, al establecer galerías, canales y poros que favorecen la aireación, el drenaje, la estabilidad de agregados y la capacidad de retención de agua (De Almeida *et al.*, 2020). Además, generan estructuras biogénicas que son reservorios de nutrientes (heces fecales de lombrices de tierra y nidos y montículos de termitas y hormigas), controlan la disponibilidad de recursos para otros organismos y activan la microflora edáfica a través de interacciones mutualistas (Amazonas *et al.*, 2018). Según Gongalsky (2021), este grupo funcional centra la atención en las investigaciones realizadas sobre los grupos funcionales de la macrofauna del suelo en la actualidad.

Cabrera *et al.* (2011) también constataron el predominio de los ingenieros del suelo en pastizales de hierba de guinea (*M. maximus*) y pasto estrella (*C. nlemfuensis*), en el municipio San José de las Lajas de la provincia Mayabeque, Cuba. Noguera-Talavera *et al.* (2017) encontraron resultados semejantes en un sistema en conversión agroecológica de *M. oleifera*; mientras que en el sistema tradicional predominaron los detritívoros.

A su vez, Gutiérrez-Bermúdez *et al.* (2020) informaron igualmente el predominio del gremio de ingenieros del suelo en ecosistemas ganaderos y silvopastoriles en el corredor seco de Nicaragua. A este gremio pertenecieron las familias Formicidae, Termitidae y Lumbricidae, con prevalencia de Formicidae en ambos tipos de sistemas.

Barros *et al.* (2020) encontraron fuerte correspondencia de los grupos detritívoros y depredadores con el uso de suelo de bosque semidecidual estacional. Mientras, en el cultivo de maíz predominaron los depredadores y los ingenieros del suelo, fundamentalmente, pertenecientes a Hymenoptera (Formicidae). Los autores plantean que en el bosque la mayor diversidad vegetal proporciona mayor disponibilidad de alimentos para organismos detritívoros, lo que posibilita que se complejice la cadena trófica, facilitando la presencia de organismos depredadores en estos sistemas.

Similares resultados obtuvieron en Cuba, Cabrera-Dávila y López-Iborra (2018) en dos sitios

Tabla 4. Comportamiento estacional de la abundancia (%) de los grupos funcionales de la macrofauna, determinada por el método de las trampas de caída.

Grupo funcional	Año 1		Año 2		Año 3	
	PLL	PPLL	PLL	PPLL	PLL	PPLL
Pastizal natural I (Triángulo)						
Ingenieros	97,7 ^a	78,6 ^a	100	79 ^a	97,6 ^a	94,3 ^a
Detritívoros	0	2,4 ^b	0	7,8 ^b	0,8 ^b	2,7 ^b
Herbívoros	0,3 ^b	9,5 ^b	0	5,9 ^b	0,8 ^b	1,3 ^b
Depredadores	1 ^b	7,1 ^b	0	5,9 ^b	0,8 ^b	0,7 ^b
Parasitoides	0	2,4 ^b	0	1,4 ^c	0	1 ^b
EE ±	2,42	6,17	-	1,43	3,87	2,32
Valor - P	<0,0001	<0,0001		<0,001	<0,001	<0,001
Pastizal natural II (Progreso)						
Ingenieros	100	95,6 ^a	11,03 ^b	87,2 ^a	76,28 ^a	6,01 ^{bc}
Detritívoros	0	0	0,28 ^c	0,86 ^c	0 ^d	1,8 ^{cd}
Herbívoros	0	0,9 ^b	0,02 ^c	0,12 ^c	9,31 ^b	3,3 ^{cd}
Depredadores	0	3,5 ^b	0,23 ^c	0,14 ^c	2,1 ^{cd}	0,6 ^d
Parasitoides	0	0	0,05 ^c	0,07 ^c	0,3 ^d	0,3 ^d
EE ±	-	4,43		0,46		1,64
Valor - P		<0,001		<0,0001		<0,0001
Gramíneas mejoradas + árboles dispersos						
Ingenieros	90,2 ^a	80,2	23,36 ^c	31,43 ^a	77,7 ^a	94,5 ^a
Detritívoros	7,8 ^b	19,8	6,13 ^e	10,25 ^d	9,5 ^b	5 ^b
Herbívoros	1,6 ^c	-	0,08 ^f	27,65 ^b	9 ^b	0,6 ^c
Depredadores	0,4 ^c	-	0,08 ^f	0,42 ^f	1 ^c	0
Parasitoides	-	-	0 ^f	0,59 ^f	2,9 ^c	0
EE ±	1,89	3,18		0,87	1,39	1,45
Valor - P	<0,001	<0,001		<0,0001	<0,001	<0,001
Pastizal natural + árboles						
Ingenieros	97,8 ^a	9,0 ^a	59,07 ^a	19,26 ^b	63,61 ^a	33,33 ^b
Detritívoros	1,5 ^b	0,36 ^b	7,83 ^c	9,48 ^c	0,50 ^c	1,57 ^c
Herbívoros	0,7 ^b	0,72 ^b	0,08 ^d	1,58 ^d	0,17 ^c	0,25 ^c
Depredadores	0	0	0,3 ^d	0,98 ^d	0,17 ^c	0,41 ^c
Parasitoides	0	0	0 ^d	1,43 ^d	0	0
EE ±	1,27	2,85		0,82		0,95
Valor - P	<0,0001	<0,001		<0,0001		<0,0001
Asociación de gramínea mejorada + árboles						
Ingenieros	99,6 ^a	100	63,40 ^a	24,09 ^b	68,32 ^a	63,74 ^a
Detritívoros	0,18 ^b	0	3,04 ^d	1,76 ^d	5,50 ^c	21,25 ^b
Herbívoros	0,13 ^b	0	0,14 ^e	6,94 ^c	24,48 ^b	15,01 ^b
Depredadores	0,09 ^b	0	0,20 ^e	0,14 ^e	1,57 ^{cd}	0
Parasitoides	-	-	0,03 ^e	0,27 ^e	0,13 ^d	0
EE ±	0,84	-		0,55	1,45	2,51
Valor - P	<0,0001			<0,0001	<0,0001	<0,0001

PPLL: periodo poco lluvioso; PLL: periodo lluvioso

a, b y c: letras diferentes entre filas difieren a $p \leq 0,05$ según Duncan

de bosque siempreverde en El Salón, Sierra del Rosario. La composición funcional de la comunidad edáfica fue similar en ambos sitios, y los gremios más sobresalientes fueron los detritívoros de la hojarasca, los ingenieros del suelo y los depredadores. Estos autores plantean que esta estructura apenas cambia en otros sistemas de uso de la tierra estudiados en Cuba, como en los bosques secundarios; pero sí en los pastizales y cultivos con una mayor perturbación y estrés sobre el suelo, donde la riqueza y abundancia disminuyen y dominan grupos ingenieros y herbívoros.

No obstante a los efectos beneficiosos de los ingenieros del suelo en las propiedades de este, es necesario distinguir las lombrices de tierra y las termitas de las hormigas. Los dos primeros grupos poseen hábitos detritívoros de alimentación y participan en la fragmentación de la hojarasca, en la dinámica de descomposición de la materia orgánica y en el reciclaje de nutrientes en el ecosistema (Sofó *et al.*, 2020), por lo que se favorecen ante una mayor cobertura vegetal y protección sobre el suelo. Por tanto, se pueden utilizar como indicadores de buena calidad del medio edáfico (Masin *et al.*, 2017).

En cuanto a las hormigas, son omnívoras y ocupan una gran variedad de nichos, por lo que pueden hacer uso de un amplio rango de recursos (Nelson *et al.*, 2018). Sus hábitos generalistas les permiten competir y sobrevivir con mucho éxito, desplazando a otros organismos del suelo con función detritívora. Así, afectan los servicios ecosistémicos de descomposición de la materia orgánica y reciclaje de nutrientes. Son resistentes a la pérdida de la cobertura vegetal, a suelos pobres en materia orgánica y compactos. Se relacionan con hábitats muy antropizados, soleados, de elevada temperatura en el suelo, con prácticas agresivas de laboreo, aplicación de quemadas y de plaguicidas (Cabrera-Dávila, 2019). Por lo que, en este caso, a pesar de su función benéfica sobre las propiedades físicas del suelo, al comportarse como ingenieros, el resto de sus características determina que se comporten como indicadores de perturbación del medio edáfico.

En las trampas de caída se estableció un grupo funcional, pues no se cuenta con referencias de su inclusión en otros estudios de este tipo. Se le denominó parasitoides. Estos pertenecen a los órdenes Hymenoptera y Diptera (tabla 5). Según Vázquez *et al.* (2008), los parasitoides se desarrollan dentro del insecto huésped o sobre él, que casi siempre muere.

El estado larvario del parasitoide es parásito, mientras que el adulto es de vida libre y muy activo,

por ello se les nombra parasitoide. Los parasitoides pueden prestar un servicio ecológico muy importante en el agroecosistema de pastizal, al comportarse como enemigos naturales de insectos fitófagos (Vázquez *et al.*, 2008).

La distribución de los parasitoides fue variable en cada agroecosistema estudiado. En el pastizal natural I (Triángulo) se observaron solo en los períodos I (Triángulo) se observaron solo en los períodos poco lluviosos de todos los años; mientras que en pastizal natural II (El Progreso) aparecieron en todos los períodos del segundo y el tercer año (tabla 4). En sistemas de gramíneas mejoradas + árboles dispersos se registraron en el período poco lluvioso del segundo año y en el lluvioso del tercero. En la asociación de gramíneas mejoradas + árboles se encontraron en los mismos períodos que en el anterior; además se registraron en el período lluvioso del segundo año. Por último, en el pastizal natural + árboles, solo se observaron en el período lluvioso del segundo año. Este fue el único período donde se constató presencia de los parasitoides en todos los agroecosistemas. De forma general, su abundancia relativa estuvo por debajo del 3 %.

Sería interesante profundizar sobre este aspecto y dilucidar las causas de la presencia de este grupo particular de insectos en estos agroecosistemas, lo que pudiera tener relación con sus fuentes de alimentación y la cercanía a los pastizales de otros cultivos como la caña de azúcar, especies forestales y frutales, entre otros. Los adultos de este grupo requieren completar su dieta alimentaria con néctar de las plantas, polen de las flores o, indirectamente, con miel secretada por otros insectos (Gallegos-Robles, 2016). Es posible, además, que encuentren refugio y protección en las especies de gramíneas, leguminosas y arvenses presentes en los agroecosistemas de pastizales. También las condiciones climáticas de temperatura, pluviosidad, humedad, viento y luminosidad (Naranjo y Sáenz, 2011) pudieron propiciar un hábitat favorable para estos organismos.

Conclusiones

El análisis de los grupos funcionales de la macrofauna edáfica permitió determinar la presencia de todos los gremios en los agroecosistemas estudiados, con predominio de los ingenieros del suelo.

Los pastizales con escasa vegetación y pastoreo continuo no proporcionaron ni hábitat ni condiciones necesarias para el desarrollo de detritívoros.

La presencia de la categoría funcional parasitoide indicó que en estos agroecosistemas existen las condiciones propicias para su desarrollo.

Tabla 5. Identificación taxonómica de los parasitoides.

Orden	Familia	Género
Hymenoptera	Aphelinidae	<i>Aphytis</i>
		<i>Aspidiotiphagus</i>
		<i>Marietta</i>
	Encyrtidae	<i>Microterys</i>
		<i>Cheiloneurus</i>
		<i>Eupelmus</i>
<i>Trichopria</i>		
	Diapriidae	<i>Idarnes</i>
	Eulophidae	<i>Horismenus</i>
Diptera	Tachinidae	-

- no determinado

Agradecimientos

Se agradece a los directivos y colectivos laborales de las unidades donde se realizó la investigación y al proyecto nacional P131-LH002-016 “Rehabilitación de sistemas pastoriles en ecosistemas frágiles y degradados de la región oriental cubana” por el financiamiento para la investigación.

Conflicto de intereses

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

Contribución de los autores

- Licet Chávez-Suárez. Diseñó la investigación, dirigió el trabajo el trabajo de campo, realizó el análisis e interpretación de los resultados y redactó el artículo.
- Idalmis Rodríguez-García. Participó en el diseño de la investigación, en el análisis e interpretación de los resultados y en la redacción del artículo.
- Wilfredo Estrada-Prado. Participó en el diseño de la investigación y en el trabajo de campo. Colaboró en la redacción del artículo.
- Magaly Herrera-Villafranca. Colaboró en el diseño de la investigación, realizó el análisis estadístico de los resultados y colaboró en su análisis e interpretación.
- Yolaine Medina-Mesa. Realizó el análisis estadístico de los resultados y colaboró en su análisis e interpretación.

Referencias bibliográficas

Amazonas, N. T.; Viani, R. A. G.; Rego, M.G.A.; Camargo, F. F.; Fujihara, R. T. & Valsechi, O. A. Soil macrofauna density and diversity across a chronosequence of tropical forest restoration in Southeastern Brazil. *Braz. J. Biol.* 78 (3):449-456, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/1519-6984.169014>.

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

Barros, C. E.; Silva, Bruna A. da; Soares, D. R. & Forti, V. A. Funções ecológicas da macrofauna edáfica em diferentes usos do solo no Centro de Ciências Agrárias da UFSCar-Araras/SP. *Cadernos de Agroecologia*. 15 (2). <http://cadernos.aba-agroecologia.org.br/index.php/cadernos/article/view/3373>, 2020.

Brusca, R. C. & Brusca, G. J. *Invertebrados*. F. Pardo-Martínez, ed. 2 ed. Madrid: McGraw-Hill Interamericana, 2003.

Cabrera, 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):313-330. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942011000300008, 2011.

Cabrera-Dávila, Grisel de la C. *Evaluación de la macrofauna edáfica como bioindicador del impacto del uso y calidad del suelo en el occidente de Cuba*. Tesis presentada para aspirar al Doctorado en Conservación y Restauración de Ecosistemas. España: Universidad de Alicante, Instituto de Ecología y Sistemática. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=216140>, 2019.

Cabrera-Dávila, Grisel de la C & López-Iborra, G. M. Caracterización ecológica de la macrofauna edáfica en dos sitios de bosque siempreverde en El Salón, Sierra del Rosario, Cuba. *Bosque, Valdivia*. 39 (3):363-373, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002018000300363>.

Chávez, Licet. *Caracterización de la biota edáfica y su relación con las propiedades del suelo en agroecosistemas de pastizales de la provincia Granma*. Tesis de Doctorado. Mayabeque, Cuba: Universidad Agraria de La Habana, 2020.

- Clemente-Orta, Gemma & Álvarez, H. A. La influencia del paisaje agrícola en el control biológico desde una perspectiva espacial. *Ecosistemas y recur. agropecuarios*. 28 (3):13-25, 2019. DOI: <https://doi.org/10.7818/ECOS.1730>.
- De Almeida, T.; Blight, O.; Mesléard, F.; Bulot, A. & Provost, E. Harvester ants as ecological engineers for Mediterranean grassland restoration: Impacts on soil and vegetation. *Biol. Conserv.* 245:1-8, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2020.108547>.
- Díaz-Porres, Mónica; Rionda, Macarena H.; Duhour, A. E. & Momo, F. R. Artrópodos del suelo: Relaciones entre la composición faunística y la intensificación agropecuaria. *Ecología Austral*. 1 24:327-334, 2014. DOI: <https://doi.org/10.25260/EA.14.24.3.0.10>.
- Escobar-Montenegro, Alexa del C.; Bartolomé-Filella, J. & González-Valdivia, N. A. Estudio comparativo macrofauna del suelo en sistema agroforestal, potrero tradicional y bosque latifoliado en microcuenca del trópico seco, Tomabú, Nicaragua. *Revista Científica de FAREM-Esteli*. 6 (22):39-49, 2017. DOI: <https://doi.org/10.5377/farem.v0i22.4520>.
- Font, H.; Noda, Aida; Torres, Verena; Herrera, Magaly; Lizazo, D.; Sarduy, L. *et al. Paquete estadístico ComparPro. Versión 1*. San José de las Lajas, Cuba: Instituto de Ciencia Animal, 2007.
- Gallegos-Roble, Laura. *Análisis sobre el parasitoidismo en insectos y estudio de caso entre Blaesoxipha alcedo (Diptera: arcophagidae: Sarcophaginae) y Canthon cyanellus cyanellus LeConte (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae)*. Tesis para obtener el título de Maestra en Ciencias del Ambiente. Tuxpan, México: Universidad Veracruzana, 2016.
- Gongalsky, K. B. Soil macrofauna: Study problems and perspectives. *Soil Biol. Biochem.* 159:108281, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.solibio.2021.108281>.
- 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 (1):32-40. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942020000100032&lng=es&nrm=iso, 2020.
- Hernández-Chavez, 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 Spiritus, Cuba. *Pastos y Forrajes*. 43 (1):18-25. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0864-03942020000100018, 2020.
- Machado-Cuellar, Leidy; Rodríguez-Suárez, L.; Murcia-Torrejano, V.; Orduz-Tovar, S. A.; Ordoñez-Espinosa, Claudia M. & Suárez, J. C. Macrofauna del suelo y condiciones edafoclimáticas en un gradiente altitudinal de zonas cafeteras, Huila, Colombia. *Rev. Biol. Trop.* 69 (1):102-112, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.15517/rbt.v69i1.42955>.
- Masin, Carolina E.; Cruz, María S.; Rodríguez, Alba R.; Demonte, M. J.; Vuitot, Leticia A.; Maitre, María I.; Godoy, J. L. *et al.* Macrofauna edáfica asociada a diferentes ambientes de un vivero forestal (Santa Fe, Argentina). *Ciencia del Suelo, Argentina*. 35 (1):21-33. https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/bitstream/handle/20.500.12123/3821/INTA_CRSantaFe_EEA-Reconquista_Almada_MS_Macrofauna_ed%20c3%a1fica_asociada_a_diferentes_ambientes.pdf?sequence=1&isAllowed=y, 2017.
- Moreira, Fatima M. S.; Huissig, E. J. & Bignell, D. E. *Manual de Biología de suelos tropicales: muestreo y caracterización de la biodiversidad bajo suelo*. Nayarit, México: Instituto Nacional de Ecología, 2012.
- Naranjo-Guevara, Natalia & Sáenz-Aponte, Adriana. Parasitoides (Hymenoptera) asociados a coberturas vegetales de sistemas productivos en el eje cafetero colombiano. *Boletín de la SEA*. 48:359-365. http://sea-entomologia.org/Publicaciones/PDF/BOLN_48/359365BSEA48ParasitoidesColombia.pdf, 2011.
- Nelson, Annika S.; Carvajal-Acosta, Nalleli & Mooney, Kailen A. Plant chemical mediation of ant behavior. *Curr. Opin. Insect Sci.* 32:98-1032019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cois.2018.12.003>.
- Noguera-Talavera, Á.; Reyes-Sánchez, N.; Mendieta-Araica, B. & Salgado-Duarte, Martha M. Macrofauna edáfica como indicador de conversión agroecológica de un sistema productivo de *Moringa oleifera* Lam. en Nicaragua. *Pastos y Forrajes*. 40 (4):265-275. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0864-03942017000400002&lng=pt&nrm=iso, 2017.
- Pereira, J. de M.; Segat, Julia C.; Baretta, D.; Vasconcellos, R. L. de F.; Baretta, Carolina R. D. M. & Cardoso, E. J. B. N. Soil macrofauna as a soil quality indicator in native and replanted *Araucaria angustifolia* forests. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*. 41:e0160261, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/18069657rbc20160261>.
- Pey, B.; Trãn, Cécile; Cruz, P.; Hedde, M.; Jouany, Claire; Laplanche, C. *et al.* Nutritive value and physical and chemical deterrents of forage grass litter explain feeding performances of two soil macrodetritivores. *Appl. Soil Ecol.*

- 133:81-882019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2018.09.006>.
- Pollierer, Melanie M.; Klärner, B.; Ott, D.; Digel, C.; Ehnes, Roswitha B.; Eitzinger, B. *et al.* Diversity and functional structure of soil animal communities suggest soil animal food webs to be buffered against changes in forest land use. *Oecologia*. 196:195-209, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00442-021-04910-1>.
- Rueda-Ramírez, Diana M. & Varela, Amanda. Distribución espacial, composición y densidad de edafofauna en hojarasca de bosque y cafetal (Montenegro, Colombia). *Acta Biol. Colomb.* 21 (2):399-412, 2016. DOI: <https://doi.org/10.15446/abc.v21n2.43814>.
- Sofo, Adriana; Mininni, Alba N. & Ricciuti, Patrizia. Soil macrofauna: A key factor for increasing soil fertility and promoting sustainable soil use in fruit orchard agrosystems. *Agronomy*. 10 (4):456, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy10040456>.
- Tanjung, D. R.; Alfian, A.; Winarno, J.; Retno, R.; Sumani, S.; Suntoro, S. *et al.* Relation of macrofauna diversity and chemical soil properties in rice field ecosystem, Dukuhseti district, Pati regency, Indonesia. *Afr. J. Agric. Res.* 15 (2):240-247, 2020. DOI: <https://doi.org/10.5897/AJAR2019.14219>.
- Vázquez, L. L.; Matienzo, Y.; Veitia, Marlene & Alfonso, Janet. *Conservación y manejo de enemigos naturales de insectos fitófagos en los sistemas agrícolas de Cuba*. Ciudad de La Habana: INISAV, 2008.
- Wang, X.; Nielsen, U. N.; Yang, X.; Zhang, L.; Zhou, X.; Du, G. *et al.* Grazing induces direct and indirect shrub effects on soil nematode communities. *Soil Biol. Biochem.* 121:193-201, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2018.03.007>.