

Characterization of the edaphic macrofauna in five grassland agroecosystems from Granma province. Taxonomical identification

Caracterización de la macrofauna edáfica en cinco agroecosistemas de pastizales en la provincia Granma. Identificación taxonómica

Licet Chávez Suárez¹, Idalmis Rodríguez García² and W. Estrada Prado¹

¹*Instituto de Investigaciones Agropecuarias "Jorge Dimitrov". Carretera vía Manzanillo km 16 ½, Peralejo, Bayamo, Granma, Cuba*

²*Instituto de Ciencia Animal, Apartado postal 24, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.*

Email: licet@dimitrov.cu

Licet Chávez Suárez: <https://orcid.org/0000-0002-7837-2168>

Idalmis Rodríguez García: <https://orcid.org/0000-0001-5897-5431>

W. Estrada Prado: <https://orcid.org.0000-0001-8591-8133>

In order to identify the edaphic macrofauna in five grassland agroecosystems from Granma province, samplings were carried out twice a year, between July, 2014 and March, 2017. The edaphic macrofauna was collected according to the standard methodology proposed by the Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF) and by the complementary methodology of pitfall traps. The identification was performed with taxonomical references and keys, and with the cooperation of competent entomologists and taxonomists. The identified edaphic macrofauna, with both methods, in five agroecosystems, was grouped in three *phyla*, seven classes, 16 orders, 71 families, 121 genera, 63 species and 177 morphospecies. *Insecta* class was the best represented according to number of orders (11), while *Araneae* was the most represented order, with 17 families. *Formicidae* family had the best richness of genera and species, identified with 33 taxonomical units. Out of the identified orders, 17 were collected from monoliths and 14 from traps. Meanwhile, at taxonomical level, 46 were identified in monoliths and 63 in traps. It is concluded that the high presence of ants (*Hymenoptera: Formicidae*) determined a low taxonomical diversity of the edaphic macrofauna in all the studied agroecosystems. In addition, it is recognized the need of use of the complementary method of pitfall traps to obtain a more complete inventory of the edaphic macrofauna.

Key words: *cattle rearing agroecosystem, soil organisms, traps, monoliths*

Soil fauna includes organisms that spend the whole or part of their lives inside the soil, in the surface right above the soil, in the superficial litter, in decaying fallen stems and in other environments (Cabrera 2019). Within the soil fauna, macrofauna includes the most conspicuous invertebrates, with an equal or higher length than 10 mm and a diameter superior to 2 mm, so they are easily seen in the surface or inside the soil, and can be affected by different uses of soil. It also acts as a determinant agent in soil fertility and, consequently, the global functioning of the edaphic system.

In this sense, several studies on soil macrofauna in grassland agroecosystems in the western region of Cuba has been conducted (Cabrera *et al.* 2011, Rodríguez *et al.* 2011, García *et al.* 2014, Menéndez and Cabrera 2014,

Para identificar la macrofauna edáfica en cinco agroecosistemas de pastizales de la provincia Granma, se realizaron muestreos dos veces al año, desde julio de 2014 hasta marzo de 2017. La macrofauna edáfica se colectó según la metodología estándar propuesta por el Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF) y por la metodología complementaria de las trampas de caída. La identificación se realizó con el uso de claves y referencias taxonómicas y con la colaboración de entomólogos y taxónomos competentes. Para la macrofauna edáfica, se aplicaron ambos métodos en los cinco agroecosistemas. Se agrupó en tres *phyla*, siete clases, 16 órdenes, 71 familias, 121 géneros y 63 especies y 177 morfoespecies. La clase *Insecta* fue la mejor representada, en lo que respecta al número de órdenes (11); entre los órdenes, lo fue *Araneae* con 17 familias. La familia *Formicidae* se destacó por su riqueza de géneros y especies, con 33 unidades taxonómicas. De los órdenes identificados, 17 se colectaron en los monolitos y 14 en las trampas. Mientras, a nivel taxonómico de familia, se identificaron 46 en los monolitos y 63 en las trampas. Se concluye que la elevada presencia de hormigas (*Hymenoptera: Formicidae*) determinó una baja diversidad taxonómica de la macrofauna edáfica en todos los agroecosistemas estudiados. Además, se reconoce la necesidad del uso del método complementario de las trampas de caída para obtener un inventario más completo de la macrofauna edáfica.

Palabras clave: *agroecosistemas ganaderos, organismos del suelo, trampas de caída, monolitos*

La fauna del suelo comprende organismos que pasan su vida, o una parte ella, en el interior del suelo, sobre su superficie inmediata, en la hojarasca superficial, en troncos caídos en descomposición y en otros ambientes anexos, llamados suelos suspendidos (Cabrera 2019). En la fauna del suelo, la macrofauna incluye los invertebrados que son más visibles, con longitud igual o mayor de 10 mm, y diámetro mayor de 2 mm, por lo que son más fáciles de reconocer en la superficie e interior del suelo. Se puede afectar por los diferentes usos que se hagan de este, y actúa como agente determinante en su fertilidad y, por ende, en el funcionamiento global del sistema edáfico.

En Cuba se han realizado varios estudios acerca de la macrofauna del suelo en agroecosistemas de pastizales en la región occidental del país (Cabrera *et al.* 2011, Rodríguez *et al.* 2011, García *et al.* 2014, Menéndez y

Cabrera-Dávila *et al.* 2017 and Ramírez *et al.* 2018), as well as in the eastern region (Zaldívar *et al.* 2007, Vega *et al.* 2014, Chávez *et al.* 2016 and Chávez *et al.* 2018). Nevertheless, most of research did not reach the lowest taxonomical level in macrofauna identification, which constitutes a challenge for the scientific community. Therefore, the objective of this study was to identify the edaphic macrofauna in five grassland agroecosystems from Granma province.

Materials and Methods

The research was developed in five grassland agroecosystems of Granma province, located in the southwestern portion of the eastern region of Cuba. Table 1 shows their main characteristics. Samplings were carried out twice a year, from July 2014 to March 2017.

Experimental procedure. For the sampling of the edaphic macrofauna, two methods were used: the one recommended by Tropical Soil Biology and Fertility

Cabrera 2014, Cabrera-Dávila *et al.* 2017 y Ramírez *et al.* 2018) y en la región oriental (Zaldívar *et al.* 2007, Vega *et al.* 2014, Chávez *et al.* 2016 y Chávez *et al.* 2018). No obstante, en la mayoría de las investigaciones no se alcanzó el nivel taxonómico más bajo en la identificación de la macrofauna, lo que constituye un reto para la comunidad científica. El objetivo de este trabajo fue identificar la macrofauna edáfica en cinco agroecosistemas de pastizales de la provincia Granma.

Materiales y Métodos

La investigación se desarrolló en cinco agroecosistemas de pastizales de la provincia Granma, ubicada en la porción suroeste de la región oriental de Cuba. En la tabla 1 se muestran sus principales características. Los muestreos se realizaron dos veces al año, desde julio de 2014 hasta marzo de 2017.

Procedimiento experimental. Para el muestreo de la macrofauna edáfica se utilizaron dos métodos: el recomendado por el programa Tropical Soil Biology and

Table 1. Main characteristics of the studied agroecosystems

Agroecosystem	El Triángulo and El Progreso	Cupeycito	Ojo de agua	Estación de Pastos
Municipality	Bayamo	Jiguaní	Guisa	Bayamo
Affiliation	UBPC "Francisco Suárez Soa"	Empresa Genética "Manuel Fajardo"	Farm of Rafael Almaguer, CCS "Braulio Coroneaux"	IIA "Jorge Dimitrov"
Purpose	Milk production	Rearing	Bull fattening	Bull fattening
Type of soil	Pellic vertisol	Carbonated soft brown	Carbonated soft brown	Fluvisol
Grazing method	Continuous	Rotational	Continuous	Rotational
Total grazing area (ha)	T:18.5 P: 20.4	14.2	6.7	0.8
Sampling area (ha) and % of total area	T: 2 11% P: 2 10%	1.8 13%	1.2 18%	0.8 100%
Predominant type of grass	Blue grass (<i>Dichanthium caricosum</i> L. A. Camus) and star grass (<i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst.)	Guinea grass (<i>Megathyrsus maximus</i> (Jacq.) B. K. Simon & S. W. L. Jacobs)	Blue grass (<i>Dichanthium caricosum</i> L. A. Camus)	Silvopastoral system with guinea grass and <i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit
Forage area (ha)	Sugar cane (<i>Saccharum officinarum</i> L.): 2 King grass (<i>Cenchrus purpureus</i> SCHUMACH) MORRÓN:1.5	1 4	0.5 3	-
Usage time	20 years	10 years	7 years	10 years
Breed and stocking rate (LAU ha ⁻¹)	Crossbred Siboney 1.5	Creole 1,7	Crossbred 2,2	Crossbred Siboney 1
General conditions	Totally deforested grazing area, without paddocks, with floods during rainy season	Good shade per trees and paddocking, highly stony	Good shade per trees, without paddocks, relief with slopes and sensitivity to erosion	Good shade per trees, area of intensified drought

T: El Triángulo P: El Progreso

(TSBF) program (Anderson and Ingram 1993 and Jiménez *et al.* 2020) and pitfall traps (Moreira *et al.* 2012). For the first method, litter was previously cleaned and all kinds of foreign elements were removed, such as stones and plant residues. In the diagonal of the sampling area (table 1), five monoliths per hectare, measuring 25 x 25 x 20 cm, were extracted, at a distance of 20 m. In situ macrofauna individuals were collected and manually counted. Worms were preserved in 4 % formaldehyde, and the remaining invertebrates in 70 % ethanol.

For the second sampling method, nine traps were placed in each study area, arranged in the two diagonals, in the shape of a cross, with a trap in the center. Plastic containers 8 cm in diameter and 10 cm deep were used, which were buried flush with the ground, trying to damage as little as possible the surrounding area.

An aqueous solution, prepared with LABIOFAM commercial liquid detergent (0.003 %), was added and covered with dry leaves and plant remains typical of each agroecosystem. After seven days, the contents of the traps were collected in glass flasks and transferred to the laboratory. With the use of the stereoscope, individuals were extracted from the solution and counted, and then placed in vials with 70% ethanol.

To identify the preserved specimens, studies of Alayo (1974), Hickman *et al.* (2001), Brusca and Brusca (2003) and Fontela and Matienzo (2011) were consulted. The entomological collection of the provincial plant health laboratory in Granma was also taken as a reference.

Statistical analysis. The analysis of proportion comparison (Chi-square) was performed to the variable number of family per class/order of the edaphic macrofauna, in both sampling methods, and in all agroecosystems, with the statistical package ComparPro, version 1 (Font *et al.* 2007).

When significant differences were declared, Duncan (1955) multiple comparison test of means was used.

Results and Discussion

The identified edaphic macrofauna, with the use of both methods, in the five agroecosystems, was grouped into three *phyla*, seven classes, 16 orders, 74 families, 121 genera and 63 species. *Insecta* was the best represented class, regarding the number of orders (11); while *Araneae* constituted the most representative order, with 17 families (table 2).

Regarding the 16 identified orders, Phasmida, Dermaptera, Isoptera, Haplotaaxida and Opiliones were only observed in the monolith method, while Thysanoptera and Diptera appeared only in the pitfall traps.

However, when the analysis was performed at taxonomical level of the family (table 3), a greater

Fertility (TSBF) (Anderson e Ingram 1993 y Jiménez *et al.* 2020) y las trampas de caída o pitfall (Moreira *et al.* 2012). Para el primer método, se limpió la hojarasca previamente y se extrajo todo tipo de cuerpos extraños, como piedras y residuos vegetales. En la diagonal del área de muestreo (tabla 1) se extrajeron cinco monolitos por hectárea, de 25 x 25 x 20 cm, a distancia de 20 m. De forma manual 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, tratando de perjudicar lo menos posible el área circundante.

Se les añadió una solución acuosa, preparada con detergente líquido comercial de LABIOFAM (0.003 %), 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 consultaron los trabajos de Alayo (1974), Hickman *et al.* (2001), Brusca y Brusca (2003) y Fontela y Matienzo (2011). También se tomó como referente la colección entomológica del laboratorio provincial de Sanidad Vegetal, en Granma.

Análisis estadístico. A la variable número de familia por clase/orden de la macrofauna edáfica, en ambos métodos de muestreo, y en todos los agroecosistemas, se le realizó el análisis de comparación de proporciones (Chi-cuadrado), con el paquete estadístico ComparPro, versión 1 (Font *et al.* (2007).

Cuando se declararon diferencias significativas, se utilizó la prueba de comparación múltiple de medias de Duncan (1955).

Resultados y Discusión

La macrofauna edáfica identificada con la utilización de ambos métodos, en los cinco agroecosistemas, se agrupó en tres *phyla*, siete clases, 16 órdenes, 74 familias, 121 géneros y 63 especies. La *Insecta* fue la clase mejor representada, en cuanto al número de órdenes (11); mientras que *Araneae* constituyó el orden más representativo, con 17 familias (tabla 2).

En cuanto a los 16 órdenes reconocidos, Phasmida, Dermaptera, Isoptera, Haplotaaxida y Opiliones, solo se observaron en el método de los monolitos; mientras que Thysanoptera y Diptera aparecieron únicamente en las trampas de caída.

No obstante, cuando se hizo el análisis a nivel taxonómico de familia (tabla 3), se identificó mayor

Table 2. Taxonomical identification of the edaphic macrofauna in five grassland agroecosystems of Granma province

Phylum	Class	Order	Family	Genus	Species	Ecosystem	
						Monolith	Trap
<i>Arthropoda</i>	<i>Arachnida</i>	<i>Araneae</i>	<i>Araneidae</i>	<i>Gea</i>	<i>heptagon</i>	3	
				-	-		5
				<i>Anyphaeidae</i>	<i>Wulfla</i>	-	2, 5
				<i>Clubionidae</i>	-	-	1
				<i>Corinnidae</i>	-	-	1
					<i>Castianeira</i>	<i>cubana</i>	1
					<i>Xeropigo</i>	<i>tridentiger</i>	1
				<i>Dyctinidae</i>	<i>Dyctina</i>	-	5
				<i>Theridiidae</i>	<i>Spintarus</i>	-	2
					<i>Steatoda</i>	-	1, 2, 4
					<i>Theridion</i>	-	4
					-	-	2
					<i>Coleosoma</i>	<i>floridanum</i>	1
				<i>Lycosidae</i>	<i>Pardosa</i>	<i>floridana</i>	1
					<i>Pardosa</i>	-	1, 4
				<i>Linyphiidae</i>	<i>Walckenaeria</i>	-	1, 3
					<i>Ceraticelus</i>	-	3
					<i>Ceratinella</i>	-	2
					<i>Microlinyphia</i>	-	3
					-	-	1, 2, 5
				<i>Miturgidae</i>	<i>Teminius</i>	<i>insularis</i>	4
					-	-	1
				<i>Gnaphosidae</i>	-	-	2
				<i>Oonopidae</i>	<i>Oonopoides</i>	<i>maxilaris</i>	5
					<i>Oonopoides</i>	-	3
					<i>Ischnothyreus</i>	<i>peltifer</i>	
					<i>Ischnothyreus</i>	-	1
					-	-	2, 3
				<i>Oxyopidae</i>	<i>Oxyopes</i>	<i>crewi</i>	1
					<i>Oxyopes</i>	-	1
				<i>Salticidae</i>	<i>Agobardus</i>	<i>prominens</i>	
					<i>Beata</i>	<i>wickhami</i>	3
					-	-	1
					<i>Marpissa</i>	<i>bivittata</i>	4
					<i>Marpissa</i>	<i>pikei</i>	1
					<i>Marpissa</i>	-	1
					<i>Hentzia</i>	-	1
					<i>Corythalia</i>	-	4
					<i>Scytodidae</i>	<i>Scytodes</i>	-
				<i>Sparassidae</i>	-	-	1, 5
					-	-	3
<i>Theraphosidae</i>	-	-	3				
<i>Thomisidae</i>	<i>Misumenops</i>	-	1				
	<i>Opiliones</i>	-	-				
<i>Insecta</i>	<i>Blattodea</i>	<i>Blattidae</i>	<i>Epilamfora</i>	-	5		
			-	-	3,4		
			-	-	5		

Table 2. Cont.

<i>Coleoptera</i>	<i>Scarabaeidae</i>	<i>Aphodius</i>	-	1		
		<i>Phyllophaga</i>	-	1, 2, 4, 5	3	
		<i>Hoplia</i>	-	1		
			<i>Golofa</i>	-		2
			-	-	5	
		<i>Staphylinidae</i>	-	-	3	
			<i>Staphylinus</i>	-	5	
		<i>Nitidulidae</i>	<i>Carpophilus</i>	<i>hemiptus</i>	3	
			-	-	3	
		<i>Carabidae</i>	<i>Colpodes</i>	<i>silviae</i>	3, 5	5
			<i>Leptotrachelus</i>	<i>compressus</i>		1, 4, 5
			<i>Agonum</i>	-	5	
			<i>Calosoma</i>	-	4	
		<i>Cucujidae</i>	<i>Ahasverus</i>	<i>advena</i>	1	
		<i>Coccinellidae</i>	<i>Egus</i>	<i>platicephalus</i>	3	
			<i>Psyllobora</i>	<i>nana</i>		3
		<i>Tenebrionidae</i>	<i>Strongilium</i>	-	3	3
			<i>Tribolium</i>	<i>confusum</i>		1
		<i>Anthocoridae</i>	<i>Orius</i>	-	4	
			<i>Orius</i>	<i>insidiosus</i>	3, 4	
		<i>Aphididae</i>	-	-	3	
		<i>Cercopidae</i>	<i>Monecphora</i>	<i>bicincta</i> <i>fraterna</i>		4
		<i>Cydnidae</i>	<i>Cyrtomenus</i>	-	3, 4	3
			<i>Melanaethus</i>	<i>cubensis</i>	4, 5	
		<i>Cicadidae</i>	<i>Diceroprocta</i>	<i>biconica</i>	5	
		<i>Delphacidae</i>	-	-		4
		<i>Fulgoridae</i>	<i>Remosa</i>	<i>spinolae</i>		2
		<i>Blissidae</i>	<i>Blissus</i>	<i>leucopterus</i> <i>insularis</i>	3	
		<i>Miridae</i>	-	-		2
		<i>Psyllidae</i>	<i>Heteropsylla</i>	<i>cubana</i>		3
	<i>Reduviidae</i>	<i>Diaditus</i>	<i>pictipes</i>		1	
	<i>Rhyparochromidae</i>	<i>Paragonatas</i>	<i>divergens</i>	5		
		-	<i>Paromius</i>	<i>dohrnii</i>	2	
		-	-	4, 5	2, 3	
<i>Hymenoptera</i>	<i>Aphelinidae</i>	<i>Aphytis</i>	-	1	1, 4, 5	
		<i>Aspidiotiphagus</i>	-		5	
		<i>Marietta</i>	-		5	
	<i>Cynipidae</i>	<i>Cynips</i>	-		4, 5	
	<i>Dryinidae</i>	<i>Anisepyris</i>	-	1		
	<i>Encyrtidae</i>	<i>Gahaniella</i>	-		1, 3	
		<i>Eupelmus</i>	<i>cyaniceps</i>		1, 5	
		<i>Cheiloneurus</i>	-		3	
		<i>Microterys</i>	-		1	
		-	-		2, 5	
	<i>Eulophidae</i>	<i>Horismenus</i>	-		5	
		<i>Euplectrus</i>	-		5	
	<i>Eurytomidae</i>	<i>Bepbratoides</i>	<i>cubensis</i>		4	

Table 2. Cont.

		<i>Blapstinus</i>	-	3, 5	
		<i>Cnodalon</i>	-		5
	<i>Curculionidae</i>	-	-	3	
	<i>Elateridae</i>	-	-	3	
	<i>Chrysomelidae</i>	<i>Conoderus</i>	-	5	
		<i>Hemisphaerota</i>	-	4, 5	4, 5
		<i>Lema</i>	-		4
		<i>Lema</i>	<i>occidentalis</i>		3
		<i>Epitrix</i>	<i>histipennis</i>		5
		-	-		3
	<i>Scolitidae</i>	<i>Hypotenemus</i>	<i>birmanos</i>		2
		<i>Hypotenemus</i>	-		3
<i>Phasmida</i>	<i>Phasmidae</i>	<i>Diapherodes</i>	-	2	
<i>Dermaptera</i>	<i>Carcinophoridae</i>	<i>Euborellia</i>	<i>annulipes</i>	1,4,5	
<i>Diptera</i>	<i>Culicidae</i>	<i>Culex</i>	-		5
	<i>Culicidae</i>	<i>Culicoides</i>	-		2,3, 4
	<i>Agromyzidae</i>	<i>Melanogromyza</i>	-		5
	<i>Culicidae</i>	<i>Culex</i>	-		5
	<i>Agromyzidae</i>	<i>Melanogromyza</i>	-		5
	<i>Drosophilidae</i>	<i>Drosophila</i>	-		1,2,3, 4,5
	-	-	-	1,3,4,5	
	-	-	-	2, 3, 5	
	<i>Hippelates</i>	-	-	1	
	<i>Ephydriidae</i>	<i>Paratissa</i>	-		1
	<i>Milichiidae</i>	<i>Paralimna</i>	-		2
		<i>Desmometopa</i>	-		4
		<i>Leptometopa</i>	-		5
	<i>Muscidae</i>	<i>Graphomya</i>	-		1, 2, 4
	<i>Tachinidae</i>	-	-		1
		<i>Whinthemia</i>	-		2,4
		<i>Belvosia</i>	-		1, 2, 3
<i>Hemiptera</i>	<i>Chamaemyiidae</i>	<i>Leucopis</i>	-		4
	<i>Torymidae</i>	<i>Idarnes</i>	-		1
		<i>Monodontomerus</i>	-		3
	<i>Diapriidae</i>	<i>Trichopria</i>	<i>cubensis</i>		1,5
	<i>Fulgoridae</i>	<i>Remosa</i>	<i>spinolae</i>		2
	<i>Formicidae</i>	<i>Atta</i>	<i>insularis</i>	1,4, 5	4
		<i>Cardiocondyla</i>	<i>emeryi</i>		1, 2
		<i>Cordioxenus</i>	-		3
		<i>Cryptopone</i>	-	3	
		<i>Cyphomyrmex</i>	-	3,4,5	2, 3,4, 5
		<i>Cyphomyrmex</i>	<i>rimosus</i>		3
		<i>Dorymyrmex</i>	-	1,2, 4	1, 2, 4
		<i>Epitritus</i>	-	3	3
		<i>Iridomyrmex</i>	-	1,2, 5	1,2,3,4,5
		<i>Macromischa</i>	<i>versicolor</i>	3	
		<i>Monomorium</i>	-		2, 5
		<i>Monomorium</i>	<i>carbonarium</i>	4	4
		<i>Monomorium</i>	<i>floricola</i>		5, 2

Table 2. Cont.

			<i>Monomorium</i>	<i>versicolor</i>	3	
			<i>Odontomachus</i>	-	1, 5	1, 2, 5
			<i>Pheidole</i>	-	1,2, 5	1, 2, 4
			<i>Pheidole</i>	<i>flaven</i>		2
			<i>Paratrechina</i>	<i>fulva</i>	1, 4	4
			<i>Paratrechina</i>	<i>vividula</i>	5	
			<i>Paratrechina</i>	-		5
			<i>Ponera</i>	<i>opaciceps</i>	4, 5	
			<i>Ponera</i>	<i>engatandria</i>	1, 4, 5	
			<i>Pseudomyrmex</i>	-	5	3
			<i>Pseudomyrmex</i>	<i>pallida</i>	5	5
			<i>Tetramorium</i>	-	5	
			<i>Solenopsis</i>	<i>corticalis</i>	2, 4, 5	1, 2,4, 5
			<i>Solenopsis</i>	<i>geminata</i>	1, 2, 5	1, 2, 4,5
			<i>Solenopsis</i>	-	3	
			<i>Strumigenys</i>	-		2, 5
			<i>Wasmannia</i>	<i>auropunctata</i>	1,3,2 4, 5	1,2,3, 4,5
			<i>Wasmannia</i>	<i>sp</i>	2,3,4, 5	1,2,3, 4,5
			<i>Wasmannia</i>	<i>sp1</i>	5	1, 5
	Hymenoptera	Pteromalidae	<i>Habrocytus</i>	-		2
	Isoptera	Termitidae	<i>Anoplotermes</i>	<i>schwarzi</i>	1, 2, 3, 4, 5	
		Rhinotermitidae	<i>Prorhinotermes</i>	<i>simplex</i>	5	
	Lepidoptera	Erebidae	<i>Mocis</i>	<i>latipes</i>	5	1
		Pyralidae	<i>Sitotroga</i>	<i>cerealella</i>		2, 5
			<i>Sitotroga</i>	-		1, 2
			<i>Piloerocis</i>	<i>tripunctata</i>	3	2
			<i>Ephestia</i>	<i>cautella</i>		5
	Orthoptera	Gryllidae	<i>Anurogrillus</i>	<i>abortivus</i>		5
			<i>Cophus</i>	<i>thoracicus</i>	4	1, 4
		Acrididae	<i>Parachobata</i>	<i>seudderi</i>		1
			<i>Parachobata</i>	-		1, 5
	Thysanoptera	Phlaeothripidae	<i>Nesothrips</i>	-		5
		Thripidae	<i>Selenothrips</i>	<i>rubrocintus</i>		1
	Malacostraca	Isopoda	-	-	3,4,5	3,4,5
	Chilopoda	-	-	-	3,4,5	3,4,5
	Diplopoda	-	-	-	3,4,5	3,5
Annelida	Oligochaeta	Haplotaxida	-	-	3,4,5	
			-	-	3,4,5	
Mollusca	Gastropoda	Archeogastropoda	-	-	3,4,5	3,4,5

1: El Triángulo, 2: El Progreso, 3: Cupeycito, 4: Ojo de agua, 5: Estación de Pastos (-): non identified taxonomical level

number was identified in the traps, which implies that there are 17 families that were only determined with the use of the pitfall traps. In the monolith method, regarding the number of families, *Araneae*, *Coleoptera* and *Hemiptera* orders were the most represented, while in the traps, *Araneae* was the most diverse.

Rousseau *et al.* (2013), in a study on the edaphic macrofauna in different soil uses, including a silvopastoral system in Nicaragua, reported a greater

número en las trampas, lo que implica que existen 17 familias que solo se determinaron con la utilización de las trampas de caída. En el método de los monolitos, en cuanto al número de familias, los órdenes *Araneae*, *Coleoptera* y *Hemiptera* fueron los más representados; mientras que en las trampas, el *Araneae* fue el más diverso.

Rousseau *et al.* (2013), en un estudio sobre la macrofauna edáfica en diferentes usos de suelo, incluido un sistema silvopastoril en Nicaragua, informaron mayor

Table 3. Number of families per class/order of the edaphic macrofauna in both sampling methods in all agroecosystems

Class/Order	Total number		Sampling method			
			Monoliths		Traps	
	#	%	#	%	#	%
<i>Araneae</i>	17	20.73 ^a	10	21.74 ^a	15	23.81 ^a
<i>Archeogastropoda</i>	2	2.44 ^{cd}	1	2.18 ^c	2	3.17 ^c
<i>Blattodea</i>	1	1.22 ^d	1	2.18 ^c	1	1.59 ^c
<i>Phasmida</i>	1	1.22 ^d	1	2.18 ^c	0	0
<i>Chilopoda</i>	1	1.22 ^d	1	2.18 ^c	1	1.59 ^c
<i>Coleoptera</i>	12	14.63 ^{ab}	10	21.74 ^a	6	9.52 ^{bc}
<i>Dermaptera</i>	1	1.22 ^d	1	2.18 ^c	0	0
<i>Diplopoda</i>	1	1.22 ^d	1	2.18 ^c	1	1.59 ^c
<i>Diptera</i>	9	9.76 ^{bc}	0	0	9	14.29 ^b
<i>Haplotaxida</i>	2	2.44 ^{cd}	2	4.35 ^c	0	0
<i>Hemiptera</i>	13	15.85 ^{ab}	7	15.22 ^{ab}	10	15.87 ^b
<i>Hymenoptera</i>	12	14.63 ^{ab}	3	6.52 ^{bc}	10	15.87 ^b
<i>Isopoda</i>	1	1.22 ^d	1	2.18 ^c	1	1.59 ^c
<i>Isoptera</i>	2	2.44 ^{cd}	2	4.35 ^c	0	0
<i>Lepidoptera</i>	2	2.44 ^{cd}	2	4.35 ^c	2	3.17 ^c
<i>Orthoptera</i>	2	2.44 ^{cd}	1	2.18 ^c	2	3.17 ^c
<i>Opiliones</i>	1	1.22 ^d	1	2.18 ^c	0	0
<i>Scolopendromorpha</i>	1	1.22 ^d	1	2.18 ^c	1	1.59 ^c
<i>Thysanoptera</i>	2	2.44 ^{cd}	0	0	2	3.17 ^c
SE ±	2.47	3.29	2.81			
Total	83.00	100.00	46.00	100.00	63.00	100.00

^{a,b,c,d} In the columns, different letters indicate significant differences for P < 0.0001, Duncan (1955)

number of species and taxonomic groups detected by the pitfall trap method (83) with respect to the monolith method (61).

According to Menéndez and Cabrera (2014), fauna with characteristics of greater mobility, day or night activity, is more easily captured by traps. Meanwhile, monoliths concentrate their action on those organisms that are less mobile and with diurnal activity, mainly. However, one methodology does not replace the other, but rather they complement each other.

In Cuba, almost all of the published studies on the edaphic macrofauna in different ecosystems only use the monolith method.

In the western region of the country, several studies have been carried out on the edaphic macrofauna in grasslands, but it was not identified up to lower taxonomic levels. Cabrera *et al.* (2011) found 14 orders and 18 families in grasslands of *M. maximus* and *C. nlemfuensis*, in San José de las Lajas municipality, Mayabeque province. Likewise, in later studies, in a silvopastoral system and monoculture of *M. maximus*, these authors reported the presence of 20 orders (Menéndez and Cabrera 2014). García *et al.* (2014) reported 14 orders in a silvopastoral system with *L. leucocephala* and different grasses, while, in natural and

número de especies y grupos taxonómicos detectados por el método de las trampas de caída (83) con respecto al método de los monolitos (61).

Según Menéndez y Cabrera (2014), la fauna con características de mayor movilidad, de actividad diurna o nocturna, se captura más fácilmente mediante las trampas. En tanto, los monolitos concentran su acción en aquellos organismos menos móviles y con actividad diurna, fundamentalmente. No obstante, una metodología no sustituye a la otra, sino que se complementan.

En Cuba, casi la totalidad de los trabajos publicados acerca de la macrofauna edáfica en diferentes ecosistemas, utiliza solo el método de los monolitos.

En el occidente del país se han realizado varias investigaciones sobre la macrofauna edáfica en pastizales, pero no se identificó hasta niveles taxonómicos inferiores. Cabrera *et al.*, (2011) hallaron 14 órdenes y 18 familias en pastizales de *M. maximus* y *C. nlemfuensis*, en el municipio San José de las Lajas, de la provincia Mayabeque. En estudios posteriores, en un sistema silvopastoril y monocultivo de *M. maximus*, informaron la presencia de 20 órdenes (Menéndez y Cabrera, 2014). García *et al.* (2014) refirieron 14 órdenes en un sistema silvopastoril con *L. leucocephala* y diferentes gramíneas. Mientras, en pastos naturales y mejorados solo encontraron 9 órdenes, en la

improved pastures, they only found 9 orders, in Matanzas province. Ramírez *et al.* (2018) reported 11 orders, in two grassland systems of Yaguajay municipality, Sancti Spiritus province.

Regarding the number of taxonomic units, in all agroecosystems, it stands out that *Hymenoptera* order was the best represented in both sampling methods. In El Triángulo agroecosystem (figure 1), *Araneae* order was predominant and a greater diversity of taxonomic units belonging to this order (24) was found with respect to the other agroecosystems. According to Moura *et al.* (2015), this group of invertebrates prefers soils with open spaces, which allows their mobility and their representation generally implies the presence of available prey population. However, Pontégnie *et al.* (2005) associated the presence of certain predatory groups, *Araneae* among them, with temperature and humidity as abiotic factors, and not with the availability of their prey. Zerbino *et al.* (2008), for their part, determined a positive correlation between the presence of *Araneae* order and the high values of phosphorus, clay and electrical conductivity.

provincia de Matanzas. Ramírez *et al.* (2018) informaron 11 órdenes, en dos sistemas de pastizales del municipio de Yaguajay, provincia de Sancti Spiritus.

En cuanto al número de unidades taxonómicas, en todos los agroecosistemas, se destaca que el orden *Hymenoptera* fue el mejor representado en ambos métodos de muestreo. En el agroecosistema El Triángulo (figura 1), predominó el orden *Araneae*, y se constató mayor diversidad de unidades taxonómicas perteneciente a este orden (24) con respecto a los demás agroecosistemas. Según Moura *et al.* (2015), este grupo de invertebrados prefiere los suelos con espacios abiertos, lo que permite su movilidad y representación. Generalmente, esto implica la presencia de una población de presas disponibles. No obstante, Pontégnie *et al.* (2005) asociaron la presencia de determinados grupos de depredadores, entre ellos *Araneae*, con la temperatura y la humedad como factores abióticos, y no con la disponibilidad de sus presas. Zerbino *et al.* (2008), por su parte, determinaron correlación positiva entre la presencia del orden *Araneae* y los altos valores de fósforo, arcilla y conductividad eléctrica.

En el orden *Hymenoptera*, se destacó la familia

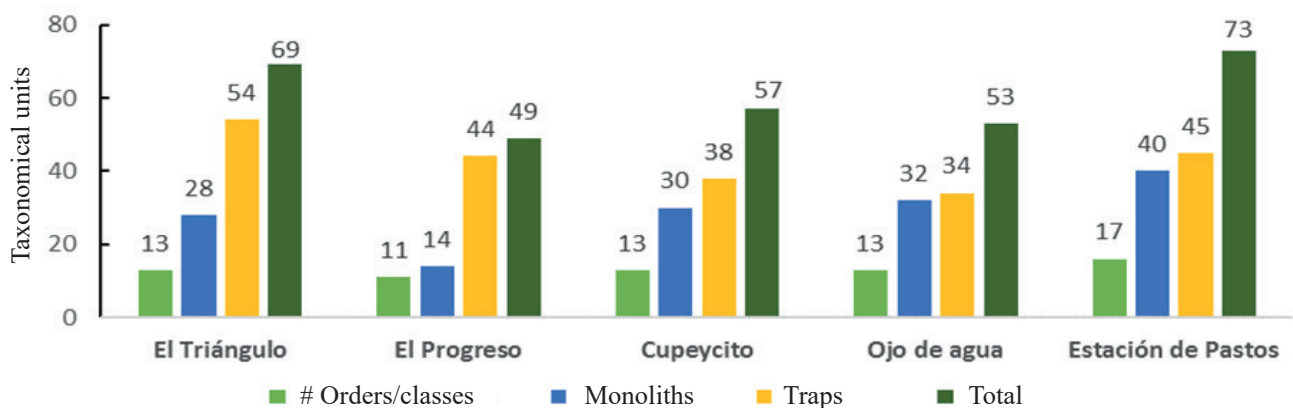


Figure 1. Number of taxonomical units of macrofauna in both sampling methods of the studied agroecosystems

Within *Hymenoptera* order, *Formicidae* family stood out, in terms of its genus and species richness, with 33 taxonomic units, which is why it was the best represented of all. The dominance of *Formicidae* in different tropical ecosystems has been widely reported (Rousseau *et al.* 2013, Menéndez and Cabrera 2014, Escobar *et al.* 2017, Pereira *et al.* 2017, Amazonas *et al.* 2018 and Cabrera-Mireles *et al.* 2019). According to Cabrera (2012), ants are indicators of disturbance of the edaphic environment, due to their ability to survive in agricultural soils, despite the disorders of this environment.

Likewise, Magurran (2004) pointed out that groups with a greater number of individuals occupy a large proportion of the ecological niche, and make greater use of available resources. This could negatively affect the development of other groups of the edaphic macrofauna, which leads to the simplification of this community, observed in the agroecosystems under study.

Rivas *et al.* (2014) recognize that ants, by interacting

Formicidae, en cuanto a su riqueza de géneros y especies, con 33 unidades taxonómicas, por lo que fue la mejor representada de todas. Se ha informado ampliamente la dominancia de *Formicidae* en diferentes ecosistemas tropicales (Rousseau *et al.* 2013, Menéndez y Cabrera 2014, Escobar *et al.* 2017, Pereira *et al.* 2017, Amazonas *et al.* 2018 y Cabrera-Mireles *et al.* 2019). Según Cabrera (2012), las hormigas son indicadores de perturbación del medio edáfico, debido a su habilidad para sobrevivir en suelos agrícolas, a pesar de los disturbios de este medio.

Magurran (2004) señaló que los grupos con mayor número de individuos ocupan una gran proporción del nicho ecológico, y hacen mayor utilización de los recursos disponibles. Esto pudiera incidir negativamente en el desarrollo de otros grupos de la macrofauna edáfica, lo que conlleva a la simplificación de esta comunidad, observada en los agroecosistemas objeto de estudio.

Rivas *et al.* (2014) reconocen que las hormigas, al interactuar con el ecosistema de forma general, influyen en la dinámica poblacional de un gran número de

with the ecosystem in a general way, influence on population dynamics of a large number of individuals. In that sense, they stand out for their aggressiveness and some invasive species are considered as pests, like *Paratrechina fulva*, *Wasmannia auropunctata* and *Solenopsis geminata*, which were detected in these agroecosystems (Fontela and Matienzo 2011). These species also have negative impacts on these agroecosystems, because they constitute a threat to biodiversity of invertebrates, birds and reptiles, cause imbalances in the edaphic biota in favor of herbivorous insects, as they protect *Hemiptera*, transport harmful insects that can cause diseases in plants, and affect the ecosystem processes of organic matter decomposition and recycling of nutrients by displacing soil detritivores (Fontela and Matienzo 2011, Cabrera 2019 and Zenner 2019).

Cupeycito agroecosystem had the greatest presence of taxonomic units corresponding to *Coleoptera* order, which is attributed to its favorable vegetation cover, as well as the presence of the arboreal component that provides another litter source and improves the physicochemical properties of soil. In this sense, Zerbino *et al.* (2008) identified *Coleoptera* order as a taxonomic group very sensitive to changes in soil use. Escobar *et al.* (2017) considered it as an indicator of the degree of disturbance of soil, since it had greater abundance in the broadleaf forest, followed by the silvopastoral system and finally, in the studied traditional paddock. In two livestock systems of Yaguajay municipality, in Sancti Spiritus province, Cuba, Hernández-Chávez *et al.* (2020) also reported a higher prevalence of *Coleopterans* (133 and 313 individuals for grassland and silvopastoral system, respectively).

In Ojo de agua agroecosystem, the spider *Agobardus prominens* (Bryant 1940), endemic to Cuba, was captured using the pitfall trap method. This is the second time that this species is collected on the island, because it had only been collected before in Soledad, a town in Cienfuegos province (Alayón 2000).

In Estación de Pastos, a greater number of classes/orders (as superior taxonomic units) was observed, with 17 and the highest total number of taxonomic units (73), from which it is inferred that this was the agroecosystem with the most diverse community of edaphic macrofauna. Likewise, the highest abundance of individuals (figure 2), captured by both sampling methods, was also found in this grassland. This fact could be associated with the combination of herbaceous stratum with leucaena trees, which improves soil conditions, due to quality and quantity of included litter. The litter layer also maintains humidity and temperature of soil, which favors the development of the edaphic macrofauna (Hernández *et al.* 2008).

Humidity is essential for the organisms of the edaphic macrofauna, since they have integuments and other structures that need to be kept moist to carry out

individuos. Se destacan por su agresividad y algunas especies invasoras se consideran plagas, entre las que se detectaron en estos agroecosistemas *Paratrechina fulva*, *Wasmannia auropunctata* y *Solenopsis geminata* (Fontela y Matienzo 2011). Entre los impactos negativos de estas especies en estos agroecosistemas, se encuentra que constituyen una amenaza a la biodiversidad de invertebrados, aves y reptiles, provocan desequilibrios en la biota edáfica a favor de los insectos herbívoros, pues protegen hemípteros, transportan insectos dañinos que pueden provocar enfermedades en las plantas, y afectan los procesos ecosistémicos de descomposición de la materia orgánica y el reciclaje de nutrientes al desplazar organismos del suelo con función detritívora (Fontela y Matienzo 2011, Cabrera 2019 y Zenner 2019).

El agroecosistema Cupeycito se destacó por la mayor presencia de unidades taxonómicas correspondientes al orden *Coleoptera*, lo que se le atribuye a su cobertura vegetal favorable, así como a la presencia del componente arbóreo, que proporciona otra fuente de hojarasca y mejora las propiedades fisicoquímicas del suelo. Zerbino *et al.* (2008) identificaron el orden *Coleoptera*, como grupo taxonómico muy sensible a los cambios en el uso del suelo. Escobar *et al.* (2017) lo consideraron un indicador del grado de perturbación del suelo, pues tuvo mayor abundancia en el bosque latifoliado, seguido del sistema silvopastoril y, por último, del potrero tradicional estudiado. En dos sistemas ganaderos del municipio Yaguajay, en la provincia Sancti Spiritus, en Cuba, Hernández-Chávez *et al.* (2020) también informaron un mayor predominio de los coleópteros (133 y 313 individuos para el pastizal y el silvopastoreo, respectivamente).

En el agroecosistema Ojo de agua, se capturó mediante el método de las trampas de caída, la especie de araña *Agobardus prominens* (Bryant 1940), endémica de Cuba. Esta es la segunda vez que se colecta en la Isla, pues antes solo se había colectado en Soledad, localidad de la provincia Cienfuegos (Alayón 2000).

En la Estación de Pastos se observó mayor número de clases/órdenes (como unidades taxonómicas superiores), con 17 clases y mayor número total de unidades taxonómicas (73), de lo que se infiere que este fue el agroecosistema que mostró una comunidad de macrofauna edáfica más diversa. Asimismo, en este pastizal también se constató la mayor abundancia de individuos (figura 2) capturados por ambos métodos de muestreo. Este hecho pudiera estar asociado a la combinación del estrato herbáceo con los árboles de *Leucaena*, que mejora las condiciones del suelo, por la calidad y cantidad de hojarasca que se le incorpora. También la capa de hojarasca mantiene la humedad y la temperatura del suelo, lo que favorece el desarrollo de la macrofauna edáfica (Hernández *et al.* 2008).

La humedad es fundamental para los organismos de la macrofauna edáfica, pues poseen tegumentos y otras estructuras que necesitan mantenerse húmedas para realizar la respiración. Las lombrices de tierra,

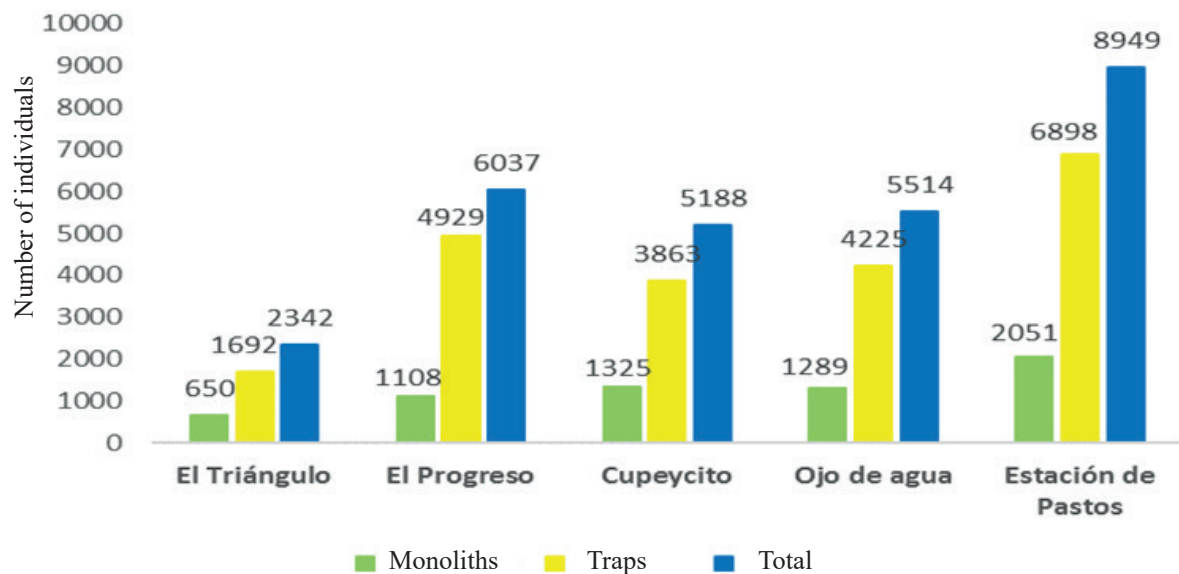


Figure 2. Abundance of individuals of edaphic macrofauna by sampling method in the studied agroecosystems

respiration. Earthworms, for example, require oxygen dissolved in soil solution to breathe (Cabrera-Mireles *et al.* 2019). Maintaining the proper temperature is also very important for macrofauna organisms, since its increase leads to exoskeleton molting of insects, causing them to be more exposed to predatory organisms and other environmental factors, including solar radiation.

Other authors have also reported greater diversity and density of edaphic macrofauna in silvopastoral systems, in relation to grass monoculture grasslands (Cabrera-Dávila *et al.* 2017, Ramírez *et al.* 2018 and Gutiérrez-Bermúdez *et al.* 2020).

Undoubtedly, the identification of edaphic macrofauna in the studied grassland agroecosystems constitutes a starting point for the understanding of their potential effects on soil, since each organism can exert different functions in the edaphic processes and plant productivity.

It is concluded that the high richness of ants (*Hymenoptera: Formicidae*) determined a low taxonomic diversity of edaphic macrofauna in all the studied agroecosystems. In addition, it is confirmed the need to use the complementary method of pitfall traps to obtain a more complete inventory of the edaphic macrofauna.

por ejemplo, requieren oxígeno disuelto en la solución del suelo para respirar (Cabrera-Mireles *et al.* 2019). El mantenimiento de la temperatura adecuada también es de singular importancia para los organismos de la macrofauna, pues su aumento conlleva a la muda del exoesqueleto de los insectos, lo que propicia que estén más expuestos a organismos depredadores y a otros factores ambientales, entre ellos la radiación solar.

Otros autores también han informado mayor diversidad y densidad de la macrofauna edáfica en sistemas silvopastoriles, en relación con los pastizales de monocultivos de gramíneas (Cabrera *et al.* 2017, Ramírez *et al.* 2018 y Gutiérrez-Bermúdez *et al.* 2020).

Sin lugar a dudas, la identificación de la macrofauna edáfica en los agroecosistemas de pastizales estudiados, constituye un punto de partida para la comprensión de sus efectos potenciales en el suelo, debido a que cada organismo puede ejercer una función distinta en los procesos edáficos y la productividad vegetal.

Se concluye que la elevada riqueza de hormigas (*Hymenoptera: Formicidae*) determinó la baja diversidad taxonómica de la macrofauna edáfica en todos los agroecosistemas estudiados. Además, se corrobora la necesidad del uso del método complementario de las trampas de caída para obtener un inventario más completo de la macrofauna edáfica.

References

- Alayo, P. 1974. "Introducción al estudio de los himenópteros de Cuba". Serie Biológica, 53: 1-38.
- Alayón, G. 2000. "Las arañas endémicas de Cuba (*Arachnida: Araneae*)". Revista Ibérica de Aracnología, 2: 1-48, ISSN: 1576-9518.
- Amazonas, N.T., Viani, R.A.G., Rego, M.G.A., Camargo, F.F., Fujihara, R.T. & Valsechi, O.A. 2018. "Soil macrofauna density and diversity across a chronosequence of tropical forest restoration in Southeastern Brazil". Brazilian Journal of Biology, 78(3): 449-456, ISSN: 1678-4375, DOI: <https://doi.org/10.1590/1519-6984.169014>.
- Anderson, J.M. & Ingranm, J.S.I. 1993. Tropical soil biology and fertility: A Handbook of Methods. 2nd Ed. Ed. CAB International Publishing, Wallingford, United Kingdom, p. 240, ISBN: 978-0851988214.
- Brusca, R.C. & Brusca, G.J. 2003. Invertebrados. 2nd Ed. Pardos-Martínez, F. (ed.) Ed. McGraw-Hill Interamericana de España S.L. Madrid, España, p. 973, ISBN: 9788448602468.

- Bryant, E.B. 1940. "Cuban spiders of Museum of Comparative Zoology". *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology*, 86(7): 249-532, ISSN: 1938-2987.
- Cabrera, G. 2012. "La macrofauna edáfica como indicador biológico del estado de conservación/perturbación del suelo. Resultados obtenidos en Cuba". *Pastos y Forrajes*, 35(4): 349-364, ISSN: 2078-8452.
- Cabrera, G. 2019. Evaluación de la macrofauna edáfica como bioindicador del impacto del uso y calidad del suelo en el occidente de Cuba. PhD Thesis. Universidad de Alicante, Valencia, España, p. 124.
- Cabrera, G., Robaina, N. & Ponce de León, D. 2011. "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): 331- 342, ISSN: 2078-8452.
- Cabrera-Dávila, G.D.L.C., Socarrás-Rivero, A.A., Hernández-Vigoa, G., Ponce de León-Lima, D., Menéndez-Rivero, Y.I. & Sánchez-Rendón, J.A. 2017. "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, ISSN: 2078-8452.
- Cabrera-Mireles, H., Murillo-Cuevas, F.D., Adame-García, J. & Fernández-Viveros, J.A. 2019. "Impacto del uso del suelo sobre la meso y la macrofauna edáfica en caña de azúcar y pasto". *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 22: 33-43, ISSN: 1870-0462.
- Chávez, L., Labrada, Y. & Álvarez, A. 2016. "Macrofauna del suelo en ecosistemas ganaderos de montaña en Guisa, Granma". *Pastos y Forrajes*, 39(3): 111-115, ISSN: 2078-8452.
- Chávez, L., Labrada, Y., Rodríguez, I., Álvarez, A., Bruqueta, D. & Licea, L. 2018. "Caracterización de la macrofauna edáfica en un pastizal de la provincia Granma". *Centro Agrícola*, 45(4): 43-48, ISSN: 0253-5785.
- Duncan, D.B. 1955. "Multiple Range and Multiple F Tests". *Biometrics*, 11(1): 1-42, ISSN: 0006-341X, DOI: <https://doi.org/10.2307/3001478>.
- Escobar, A.D.C., Bartolomé, J. & González, N.A. 2017. "Estudio comparativo de la 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): 1-11, ISSN: 2305-5790.
- Font, H., Noda, A., Torres, V., Herrera, M., Lizazo, D., Sarduy, L. & Rodríguez, L. 2007. Paquete Estadístico ComparPro versión 1. Dpto Biomatemática, Instituto de Ciencia Animal, Mayabeque, Cuba.
- Fontela, J.L. & Matienzo, Y. 2011. "Hormigas invasoras y vagabundas de Cuba". *Fitosanidad*, 13(4): 253-259, ISSN: 1818-1686.
- García, Y., Ramírez, W. & Sánchez, S. 2014. "Efecto de diferentes usos de la tierra en la composición y la abundancia de la macrofauna edáfica, en la provincia de Matanzas". *Pastos y Forrajes*, 37(3): 313-321, ISSN: 2078-8452.
- Gutiérrez-Bermúdez, C.C, Mendieta-Araica, B.G. & Noguera-Talavera, A.J. 2020. "Trophic composition of edaphic macrofauna in animal husbandry systems in the Dry Corridor of Nicaragua". *Pastos y Forrajes*, 43(1): 32-40, ISSN: 2078-8452.
- Hernández, M., Sánchez, S. & Simón, L. 2008. "Efecto de los sistemas silvopastoriles en la fertilidad edáfica". *Zootecnia Tropical*, 26(3): 319-321, ISSN: 0798-7269.
- Hernández-Chávez, M., Ramírez-Suárez, W., Zurita-Rodríguez, A.A. & Navarro- Boulandier, M. 2020. "Biodiversity and abundance of the edaphic macrofauna in two animal husbandry systems in Sancti Spiritus, Cuba". *Pastos y Forrajes*, 43(1): 18-25, ISSN: 2078-8452.
- Hickman, C.P., Roberts, L.S. & Larson, A.I. 2001. *Integrated principles of Zoology*. 11th Ed. Ed. McGraw-Hill Companies, Inc., New York, USA, ISBN: 0-07-290961-7.
- Jiménez, J., Filser, J., Barot, S., Berg, M. *et al.* 2020. Soil fauna: key to soil organic matter dynamics and modelling. *Handbook of Methods*. Version 1. Jiménez, J.J., Filser, J. & KEYSOM Team (eds). Ed. COST Association. Brussels, Belgium.
- Magurran, A.E. 2004. *Measuring biological diversity*. 6th Ed. Ed. Blackwell Publishing. Malden, Massachusetts, U.S.A., p. 200, ISBN: 978-0-632-05633-0 .
- Menéndez, Y.I. & Cabrera, G. 2014. "Litter macro-fauna in two systems with different land use and husbandry in Cuba". *Cuban Journal of Agricultural Science*, 48(2): 181-188, ISSN: 2079-3480.
- Moreira, F.M.S., Huissisg, E.J. & Bignell, D.E. 2012. *Manual de Biología de suelos tropicales: muestreo y caracterización de la biodiversidad bajo suelo*. Instituto Nacional de Ecología, Nayarit, México, p. 350, ISBN: 9786077908319.
- Moura, E.G., Aguiar, A., Piedade, A. & Rousseau, G. 2015. "Contribution of legume tree residues and macrofauna to the improvement of abiotic soil properties in the eastern Amazon". *Applied Soil Ecology*, 86: 91-99, ISSN: 0929-1393, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2014.10.008>.
- Pereira, J., Segat, J., Baretta, D., Vasconcellos, R., Baretta, C. & Cardoso, E. 2017. "Soil macrofauna as a soil quality indicator in native and replanted *Araucaria angustifolia* forests". *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 41, ISSN: 1806-9657, DOI: <https://doi.org/10.1590/18069657rbc20160261>.
- Pontégnie, M., Warnaffe, G.B. & Lebrun, P. 2005. "Impacts of silvicultural practices on the structure of hemiedaphic macrofauna community". *Pedobiologia*, 49(3): 199-210, ISSN: 0031-4056, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pedobi.2004.09.005>.
- Ramírez, W.M., Hernández, M.B., Zurita, A.A. & Navarro, M. 2018. "Performance of the edaphic macrofauna in animal husbandry in a productive entity of the Yaguajay municipality, Cuba". *Pastos y Forrajes*, 41(4): 241-247, ISSN: 2078-8452.
- Rivas, S.P., Carrillo, H., Bonilla, A., Bonilla, D.M. & Hernández, A.R. 2014. "Effect of disturbance on the ant community in a semiarid region of central Mexico". *Applied Ecology and Environmental Research*, 12(3): 703-716, ISSN: 1785-0037, DOI: https://doi.org/10.15666/aeer/1203_703716.
- Rodríguez, I., Crespo, G., Morales, A., Calero, B. & Fraga, S. 2011. "Performance of the soil biological indicators in dairy units". *Cuban Journal of Agricultural Science*, 45(4): 187-194, ISSN: 2079-3480.
- Rousseau, L., Fonte, S., Téllez, O., Van der Hoek, R. & Lavelle, P. 2013. "Soil macrofauna as indicators of soil quality and land use impacts in smallholder agroecosystems of western Nicaragua". *Ecological Indicators*, 27: 71-82, ISSN: 1470-160X, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.11.020>.

- Vega, A.M., Herrera, R.S., Rodríguez, G.A., Sánchez, S., Lamela, L. & Santana, A.A. 2014. "Evaluation of the edaphic macrofauna in a silvopastoral system in Cauto Valley, Cuba". Cuban Journal of Agricultural Science, 48(2): 189-193, ISSN: 2079-3480.
- Zaldívar, N., Pérez, B.E., Fernández, Y. & Licea, L. 2007. "Macrofauna edáfica en tres sistemas ganaderos". Centro Agrícola, 34(2): 75-79, ISSN: 0253-5785.
- Zenner, I. 2019. "Invasions of four South American tramp ants: a systematic review". Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica, 22(1), ISSN: 2619-2551, DOI: <https://doi.org/10.31910/rudca.v22.n1.2019.1207>.
- Zerbino, M.S., Altier, N., Morón, A. & Rodríguez, C. 2008. "Evaluación de la macrofauna del suelo en sistemas de producción en siembra directa y con pastoreo". Agrociencia, 12(1): 44-55, ISSN: 2521-9766.

Received: May 5, 2020

Accepted: September 8, 2020