

Characterization of the edaphic macrofauna in five grassland agroecosystems from Granma province. Richness and abundance

Caracterización de la macrofauna edáfica en cinco agroecosistemas de pastizales en la provincia Granma. Riqueza y abundancia

Licet Chávez¹, Idalmis Rodríguez², D. Benítez¹, Verena Torres², W. Estrada¹, Magalys Herrera²,
Yolaine Medina² and Diana Bruqueta¹

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

²Instituto 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>

D. Benítez: <https://orcid.org/0000-0002-1046-1885>

Verena Torres: <https://orcid.org/0000-0002-7451-8748>

Magalys Herrera: <https://orcid.org/0000-0002-2641-1815>

Yolaine medina: <https://orcid.org/0000-0003-0869-2665>

The objective of this study was to evaluate the performance of richness and abundance of edaphic macrofauna in five grassland agroecosystems in Granma province. Samplings were carried out twice a year, once during rainy season and once in dry season, in the period 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 pitfall traps. An amount of 28,030 individuals was captured in the five agroecosystems, in the three years of research, of them 6,423 in monoliths and 21,607 in pitfall traps. The abundance and richness showed variable performance in both climatic periods in all the studied agroecosystems, with the two sampling methods. During dry season of the second year, a superior performance of macrofauna with respect to rainy period was observed. In Estación de Pastos agroecosystem, the greatest abundance and diversity of edaphic macrofauna was found, which confirms the beneficial effect of silvopastoral systems in this group of edaphic biota. It was concluded that, in the studied grassland agroecosystems, edaphic macrofauna had a heterogeneous performance in the evaluated seasons.

Keywords: *monoliths, soil organisms, pitfall traps*

The change in land use and its use intensity has a direct impact on the structure of vegetation and physical-chemical properties of soil, and an indirect impact on abundance, richness and diversity of the edaphic macrofauna, as well as on its functional composition. (Tapia *et al.* 2016 and Silva *et al.* 2018). Other factors that affect the edaphic macrofauna are type of soil, content of nutrients and organic matter, pH, texture and structure, as well as factors of climatic origin such as rainfall, temperature, wind speed and relative air humidity (Machado *et al.* 2015).

Absence or reduction of tree stratum in grasslands simplifies plant structure, which leads to litter homogenization, changes in temperature, insolation

El objetivo de este trabajo fue evaluar el comportamiento de la riqueza y abundancia de la macrofauna edáfica en cinco agroecosistemas de pastizales en la provincia Granma. Los muestreos se realizaron dos veces al año, una vez en el periodo lluvioso y otra en el poco lluvioso, en la etapa comprendida desde julio de 2014 hasta marzo de 2017. La macrofauna edáfica se colectó según la metodología estándar propuesta por el programa Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF) y mediante las trampas de caída. Se capturaron 28 030 individuos en los cinco agroecosistemas, en los tres años de la investigación, de ellos 6 423 en los monolitos y 21 607 en las trampas de caída. La abundancia y la riqueza mostraron comportamiento variable en ambos períodos climáticos en todos los agroecosistemas estudiados, con los dos métodos de muestreo. En el período poco lluvioso del segundo año se observó un comportamiento superior de la macrofauna con respecto al período lluvioso. En el agroecosistema Estación de Pastos se constató la mayor abundancia y diversidad de la macrofauna edáfica, lo que confirma el efecto beneficioso de los sistemas silvopastoriles en este grupo de la biota edáfica. Se concluye que, en los agroecosistemas de pastizales estudiados, la macrofauna edáfica tuvo un comportamiento heterogéneo en las épocas evaluadas.

Palabras clave: monolitos, organismos del suelo, trampas de caída.

El cambio del uso de la tierra y su intensidad de explotación provoca un impacto directo en la estructura de la vegetación y las propiedades físico químicas del suelo, e indirecto en la abundancia, riqueza y diversidad de la macrofauna edáfica, así como en su composición funcional (Tapia *et al.* 2016 y Silva *et al.* 2018). Otros factores que inciden en la macrofauna edáfica son el tipo de suelo, el contenido de nutrientes y materia orgánica, pH, textura y estructura, así como factores de origen climático como las precipitaciones, temperatura, velocidad del viento y humedad relativa del aire (Machado *et al.* 2015).

La ausencia o disminución del estrato arbóreo en los pastizales simplifica la estructura vegetal, lo que conlleva a la homogeneización de la hojarasca, alteraciones en la

and organic matter content. All of this causes a decrease in niches and in populations of different groups of macrofauna (Cabrera 2019). Animal grazing may be one of the causes of edaphic macrofauna reduction, in which the response of invertebrates depends on stocking rate and grazing intensity. In addition, the trampling of animals causes a decrease of stability of organo-mineral aggregates, an increase of their compaction and, consequently, less water infiltration and oxygen availability, which limits the activity of this fauna (Bautista *et al.* 2009). The objective of the present research was to evaluate the performance of richness and abundance of edaphic macrofauna in five grassland agroecosystems in 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. Agroecosystems El Triángulo, El Progreso, Cupeycito, Ojo de agua and Estación de Pastos show contrasting characteristics regarding type of soils, management and productive purpose (table 1).

temperatura, en la insolación y el contenido de materia orgánica. Todo esto provoca una disminución de los nichos y en las poblaciones de los diferentes grupos de la macrofauna (Cabrera 2019). El pastoreo de los animales puede ser una de las causas de la reducción de la macrofauna edáfica, donde la respuesta de los invertebrados está en dependencia de la carga animal y de la intensidad del pastoreo. Además, el pisoteo de los animales provoca disminución de la estabilidad de los agregados órgano-minerales, aumento en su compactación y, por ende, menor infiltración de agua y disponibilidad de oxígeno, lo que limita la actividad de esta fauna (Bautista *et al.* 2009). El objetivo del presente trabajo fue evaluar el comportamiento de la riqueza y abundancia de la macrofauna edáfica en cinco agroecosistemas de pastizales en 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 la isla de Cuba. Los agroecosistemas denominados El Triángulo, El Progreso, Cupeycito, Ojo de agua y Estación de Pastos presentan características contrastantes en cuanto a tipo de suelos, manejo y propósito productivo (tabla 1).

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 3.0	-
Usage time	20 years	10 years	7 years	10 years
Breed and stocking rate (LAU ha ⁻¹)	Crossbred Siboney 1.5	Criollo 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 intense drought

T: El Triángulo P: El Progreso

Experimental period. The study was developed in the period between July 2014 and March 2017. Provincial means of climatic variables are shown in table 2. To facilitate the statistical analysis and characterization of the variables under study, three years were defined: year 1: rainy period (PLL)-2014 and dry period (PPLL)-2015, year 2: PLL-2015 and PPLL-2016 and year 3: PLL-2016

Período experimental. La investigación se desarrolló en el período comprendido entre julio de 2014 y marzo de 2017. Las medias provinciales de las variables climáticas se muestran en la tabla 2. Para facilitar el análisis estadístico y la caracterización de las variables objeto de estudio se definieron tres años: año 1: Período lluvioso (PLL)-2014 y Período poco lluvioso (PPLL)-2015, año 2: PLL-2015 y PPLL-2016 y año 3: PLL-2016 y PPLL-2017.

Table 2. Performance of annual climatic variables in the experimental period

Variables	2014	2015	2016	2017
Rainfall, mm*	1335.7	1286.6	1187.3	1510.5
Number of days with rain, U	245.0	229.0	197.0	133
Maximum temperature, °C	32.1	32.2	32.2	31.9
Minimum temperature, °C	21.3	21.8	21.4	21.4
Relative humidity, %	76.0	76.0	76.0	76.0

*Data taken from provincial means from the Anuario Estadístico de Cuba (ONEI)

and PPLL-2017.

In the rainy period, the months from July to September were used as sampling months and from January to March in dry period, as they were the most representative months of both climatic periods. For this, the criteria of specialists from the Provincial Meteorology Center in Granma were considered.

Sampling and identification of the edaphic macrofauna. Two methods were used: the one recommended by Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF) program (Anderson and Ingram 1993) 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, five monoliths were extracted per hectare, measuring 25 x 25 x 20 cm, at a distance of 20 m. In situ macrofauna individuals were manually collected and counted. Worms (Oligochaeta: Haplotaxida) 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 its 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.

Afterwards, an aqueous solution (0.003 %), prepared with LABIOFAM commercial liquid detergent, 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 entomology laboratory from the Provincial Laboratory of Plant Health in Granma. With the use of the stereoscope, individuals were extracted from the solution and counted, and placed in vials with 70 % ethanol. Variables number of individuals (abundance) and number of taxonomic units (richness) were defined.

En el período lluvioso se tomaron como meses de muestreo los meses de julio a septiembre y en el período poco lluvioso de enero a marzo, por ser los meses 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 primer método se limpió previamente la hojarasca y se extrajo todo tipo de cuerpos extraños, tales como piedras y residuos vegetales.

En la diagonal del área de muestreo se extrajeron 5 monolitos por ha, de 25 x 25 x 20 cm, a una distancia de 20 m. De forma manual se recolectaron y contaron los individuos de la macrofauna in situ. Las lombrices (Oligochaeta: Haplotaxida) 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 de la misma. Se utilizaron recipientes plásticos de 8 cm de diámetro y 10 cm de profundidad, los que se enterraron a ras del suelo, para perjudicar lo menos posible el área circundante. Posteriormente se le añadió una solución acuosa (0.003 %) preparada con detergente líquido comercial de LABIOFAM y se taparon con hojas secas y restos vegetales propios de cada agroecosistema. Después de siete días se colectó el contenido de las trampas en frascos de cristal y se trasladaron al laboratorio de Entomología perteneciente al laboratorio Provincial de Sanidad Vegetal en Granma. Con la utilización del estereoscopio se extrajeron y contaron los individuos de la solución y se colocaron en viales con etanol al 70 %. Se definieron las variables número de individuos (abundancia) y el número de unidades taxonómicas (riqueza).

Para la identificación de los especímenes conservados

To identify the preserved specimens, keys and taxonomic references 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 theoretical assumptions of the analysis of variance for variables number of individuals and number of taxonomic units were verified, from Shapiro and Wilk (1965) test for normality of errors and Levene (1960) test for variance homogeneity. As the analyzed variables did not fit with the theoretical assumptions of ANAVA, the transformations \sqrt{x} and $\sqrt{x+1}$ were used. However, as they did not improve the fulfillment of these assumptions, non-parametric analysis of variance was carried out by Wilcoxon (Mann-Whitney U) method (Lehmann 1975), for independent samples based on the ranges of original observations. Conover (1999) test was applied to compare mean ranges. The statistical program INFOSTAT version 2012 was used (Di Rienzo *et al.* 2012).

Results and Discussion

An amount of 28,030 individuals was captured in the five agroecosystems, in the experimental period, of them 6,423 in monoliths and 21,607 in pitfall traps. In Estación de Pastos agroecosystem, the largest number of individuals was captured by both sampling methods (figure 1).

In Estación de Pastos agroecosystem, a greater number of classes/orders (as superior taxonomic units) was observed, with 17 and the highest total number of taxonomic units (73) of the most abundant and diverse edaphic macrofauna (figure 2).

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

se consultaron las siguientes claves y referencias taxonómicas: Alayo (1974); Hickman *et al.* (2001); Brusca y Brusca (2003) y Fontela y Matienzo (2011). También se consultó la colección entomológica perteneciente al Laboratorio Provincial de Sanidad Vegetal en Granma.

Análisis estadístico. Se verificaron los supuestos teóricos del análisis de varianza para las variables número de individuos y número de unidades taxonómicas, a partir de las dójimas de Shapiro y Wilk (1965) para la normalidad de errores y la de Levene (1960), para la homogeneidad de varianza. Como las variables analizadas no cumplieron con los supuestos teóricos del ANAVA, se emplearon las transformaciones \sqrt{x} y $\sqrt{x+1}$. Sin embargo, como estas no mejoraron el cumplimiento de dichos supuestos, se realizó el análisis de varianza no paramétrico por el método de Wilcoxon (Mann-Whitney U) (Lehmann 1975) para muestras independientes basadas en los rangos de las observaciones originales. Se aplicó la dójima de Conover (1999) para la comparación de los rangos medios. Se empleó el programa estadístico INFOSTAT versión 2012 (Di Rienzo *et al.* 2012).

Resultados y Discusión

En los cinco agroecosistemas se capturaron un total de 28 030 individuos en todo el período experimental, de ellos 6 423 en los monolitos y 21 607 en las trampas de caída. En el agroecosistema Estación de Pastos se capturó la mayor cantidad de individuos por ambos métodos de muestreo (figura 1).

En el agroecosistema Estación de Pastos se observó mayor número de clases/órdenes (como unidades taxonómicas superiores) con 17 y mayor número total de unidades taxonómicas (73) de la macrofauna edáfica más abundante y diversa (figura 2).

Otros autores también han informado mayor diversidad y densidad de la macrofauna edáfica en sistemas silvopastoriles en relación con pastizales de monocultivos de gramíneas (Cabrera *et al.* 2017 y Ramírez *et al.* 2018). Este hecho pudiera estar asociado con 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

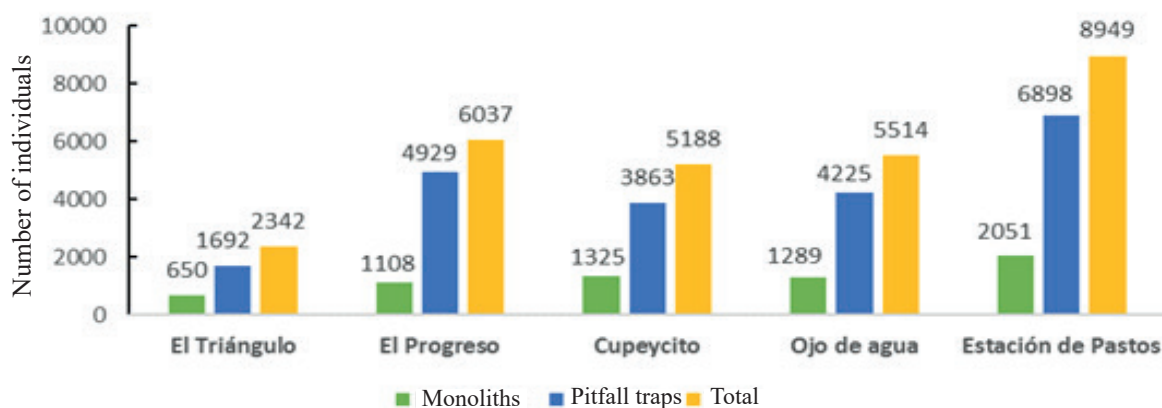


Figure 1. Abundance of individuals of the edaphic macrofauna by sampling method in the five studied agroecosystems

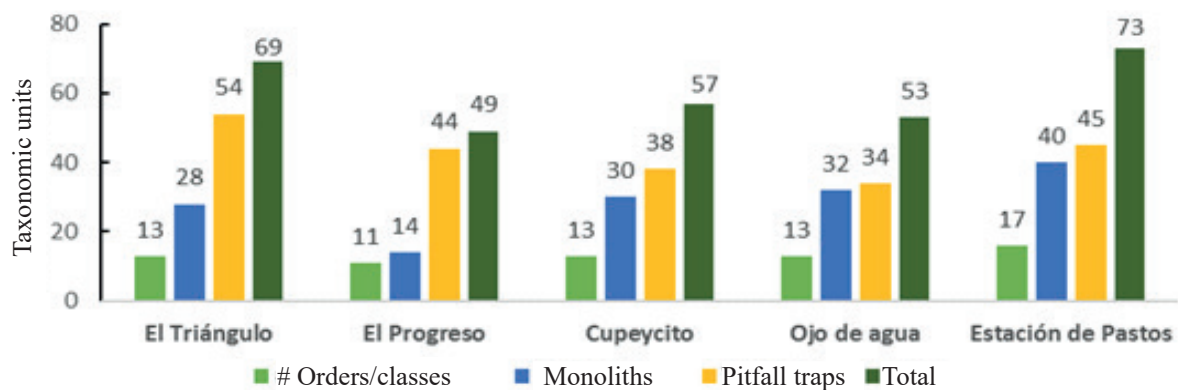


Figure 2. Number of taxonomic units in both sampling methods in the studied agroecosystems

litter. The litter layer also maintains humidity and temperature of soil, which favors the development of the edaphic macrofauna (Hernández *et al.* 2008). Likewise, Cabrera (2012) commented that livestock systems with arboreal elements demonstrate richness of groups and an abundance of macrofauna comparable with those of natural ecosystems such as forests, due to the greater availability of resources for refuge and feeding of the edafofauna.

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 respiration. Earthworms (Phylum: Annelida), for example, require oxygen dissolved in soil solution to breathe (Cabrera *et al.* 2019). Maintaining the proper temperature is also very important for these 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.

Abundance (number of individuals) and richness (number of taxonomic units) of the edaphic macrofauna, showed variable performance, in both climatic periods in the two sampling methods (tables 3 and 4). It was not possible to establish the pattern of abundance of this edaphic group in one or another climatic period, that is, there was no constant relationship between season and the studied variables.

For example, in the monolith method, no significant differences were found in any evaluated year in El Triángulo agroecosystem, although during dry season, corresponding to the third year, the presence of individuals was not observed, from which it is inferred that there was a better performance of the macrofauna in rainy period (table 2). In El Progreso, the number of taxonomic units in the second year was superior during dry season. In the third year, there were differences in the two evaluated variables, with better performance in the rainy season.

In Cupeycito, the number of taxonomic units was also significantly higher in the dry season of the second year. In Ojo de agua, during the first year, the number of individuals was superior in the

mantiene la humedad y la temperatura del suelo, lo que favorece el desarrollo de la macrofauna edáfica (Hernández *et al.* 2008). Igualmente, Cabrera (2012) comentó que los sistemas ganaderos con elementos arbóreos presentan una riqueza de grupos y abundancia de la macrofauna comparables con las de ecosistemas naturales como los bosques, debido a la mayor disponibilidad de recursos para el refugio y la alimentación de la edafofauna.

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 (Phylum: Annelida), por ejemplo, necesitan oxígeno disuelto en la solución del suelo para respirar (Cabrera *et al.* 2019). El mantenimiento de la temperatura adecuada también reviste singular importancia para estos organismos pues el aumento de esta conlleva a la muda del exoesqueleto de los insectos, lo que propicia que estén más expuestos a organismos depredadores y a otros factores ambientales como la radiación solar.

La abundancia (número de individuos) y la riqueza (número de unidades taxonómicas) de la macrofauna edáfica, mostraron comportamiento variable, en ambos períodos climáticos en los dos métodos de muestreo (tablas 3 y 4). No fue posible establecer el patrón de la abundancia de este grupo edáfico en uno u otro período climático, o sea no hubo relación constante entre la época y las variables estudiadas.

Por ejemplo, en el método de los monolitos, no se constató diferencia significativa en ningún año evaluado en el agroecosistema El Triángulo, aunque en el período poco lluvioso correspondiente al tercer año, no se observó la presencia de ningún individuo, de lo que se infiere que hubo mejor comportamiento de la macrofauna en el período lluvioso (tabla 2). En El Progreso el número de unidades taxonómicas en el segundo año fue superior en el período poco lluvioso. En el tercer año, existieron diferencias en las dos variables evaluadas, con mejor comportamiento en el período lluvioso.

En Cupeycito también fue significativamente superior el número de unidades taxonómicas en el período poco lluvioso del segundo año. En Ojo de agua, durante el primer año, el número de individuos fue superior en el

Table 3. Seasonal performance of richness and abundance of the edaphic macrofauna determined by the monolith method

Variables	Year 1		Year 2		Year 3	
	PLL	PPLL	PLL	PPLL	PLL	PPLL
El Triángulo						
Number of individuals	11.80 [†] (3.60) SD=6.83	9.20 (3.20) SD=10.12	8.55 (15,80) SD=38.36	12,45 (36.70) SD=33.89	(5.70)	0
Number of taxonomic units	p=0.1965		p=0.1278		---	0
	12.10 (0.60) SD=0.84	8.90 (0.10) SD=0.32	8.15 (1.70) SD=2.45	12.85 (6.00) SD=5.35	(1.40)	0
	p=0.1108		p=0.0660		---	
El Progreso						
Number of individuals	11.10 (6.20) SD=6.00	9.90 (7.70) SD=13.24	8.40 (9.30) SD=24.34	12.60 (64.10) SD=68.04	13.55 (21.20) SD=23.99	7.45 (2.50) SD=7.91
Number of taxonomic units	p=0.6194		p=0.0823		p=0.0093	
	12.05 (2.50) SD =2.32	8.95 (1.20) SD =1.99	8.10 (1.00) SD =2.00	12.90 (4.80) SD =4.24	13.50 (2.30) SD =2.21	7.50 (0.30) SD =0.95
	p=0.1978		p=0.0466		p=0.0101	
Cupeycito						
Number of individuals	8.56 (15.50) SD =20.98	8.44 (11.13) SD =11.49	10.13 (28.88) SD =31.38	6.88 (60.88) SD =71.58	10.00 (13.13) SD =13.23	7.00 (36.13) SD =40.81
Number of taxonomic units	p=0.9756		p=0.1866		p=0.2230	
	8.81 (3.75) SD =4.23	8.19 (2.75) SD =1.49	11.06 (3.88) SD =3.83	5.94 (8.50) SD =4.28	10.19 (2.50) SD =1.93	6.81 (4.38) SD =2.92
	p=0.8236		p=0.0295		p=0.1660	
Ojo de agua						
Number of individuals	4.17 (66.00) SD=54.81	8.83 (16.83) SD=36.43	7.67 (12.83) SD=8.18	5.33 (84.00) SD=101.2	7.25 (12.67) SD=9.46	5.75 (19.33) SD=11.11
Number of taxonomic units	p=0.0260		p=0.2879		p=0.5087	
	4.83 (4.83) SD=2.40	8.17 (2.50) SD=3.08	8.67 (2.50) SD=1.52	4.33 (8.17) SD=4.83	7.92 (4.67) SD=3.44	5.08 (7.17) SD=3.19
	p=0.1234		p=0.0390		p=0.2035	
Estación de Pastos						
Number of individuals	4.25 (41.50) SD=20.24	4.75 (46.50) SD=49.19	4.50 (103.00) SD=51.14	4.50 (116.25) SD=99.79	6.25 (43.75) SD=13.89	2.75 (184.00) SD=121.29
Number of taxonomic units	p=0.8857		p>0.9999		p=0.0571	
	5.50 (5.50) SD=0.58	3.50 (7.75) SD=3.10	5.00 (11.50) SD=4.43	4.00 (16.00) SD=8.98	5.75 (10.00) SD=6.06	3.25 (14.50) SD=4.65
	p=0.4000		p=0.6857		p=0.2000	

† Mean of assigned ranges, (): mean of original data, SD: standard deviation

Table 4. Seasonal performance of richness and abundance of the edaphic macrofauna determined by the pitfall trap method

Variables	Year 1		Year 2		Year 3	
	PLL	PPLL	PLL	PPLL	PLL	PPLL
El Triángulo						
Number of individuals	7.39† (42.00) SD=57.67	11.61 (5.11) SD=6.15	14.00 (1.56) SD=2.13	5.00 (89.11) SD=133	11.94 (15.11) SD=23.87	7.06 (35.00) SD=38.80
	p=0.0944		p<0.0001		p=0.0526	
Number of taxonomic units	8.61 (1.67) SD=1.12	10.39 (1.33) SD=1.00	14.00 (0.67) SD=0.87	5.00 (9.56) SD=3.21	11.11 (3.00) SD=1.87	7.89 (4.56) SD=2.60
	p=0.4871		p<0.0001		p=0.2123	
El Progreso						
Number of individuals	7.94 (17.89) SD=15.69	11.06 (12.67) SD=21.52	12.11 (55.33) SD=68.81	6.89 (423.00) SD=860.35	5.22 (31.44) SD=14.12	13.78 (6.22) SD=5.93
	p=0.2159		p=0.0388		p=0.0001	
Number of taxonomic units	8.00 (1.33) SD=1.00	11.00 (0.78) SD=1.09	11.61 (3.56) SD=2.51	7.39 (5.89) SD=2.32	6.89 (5.56) SD=1.67	12.11 (3.33) SD=2.78
	p=0.2559		p=0.0931		p=0.0340	
Cupeycito						
Number of individuals	7.72 (63.11) SD=73.30	11.28 (27.44) SD=41.66	11.89 (39.33) SD=34.48	7.11 (99.11) SD=72.39	11.28 (95.67) SD=166.33	7.72 (116.89) SD=146.91
	p=0.1587		p=0.0594		p=0.1673	
Number of taxonomic units	6.83 (1.56) SD=0.73	12.17 (0.67) SD=0.71	12.50 (2.78) SD=1.64	6.50 (6.00) SD=3.08	7.50 (5.11) SD=2.26	11.50 (3.44) SD=1.51
	p=0.0397		p=0.0159		p=0.1146	
Ojo de agua						
Number of individuals	6.50 (153.44) SD=169.91	12.50 (30.44) SD=53.38	9.06 (99.89) SD=149.75	9.94 (48.22) SD=19.10	9.44 (86.78) SD=136.80	9.56 (50.44) SD=35.44
	p=0.0148		p=0.7463		p>0.9999	
Number of taxonomic units	7.00 (2.44) SD=1.42	12.00 (1.11) SD=1.05	12.33 (3.22) SD=2.17	6.67 (6.22) SD=2.59	11.50 (3.22) SD=1.79	7.50 (4.78) SD=2.33
	p=0.0504		p=0.0188		p=0.1144	
Estación de Pastos						
Number of individuals	6.11 (250.44) SD=117.26	12.89 (64.33) SD=128.02	8.56 (220.00) SD=226.65	10.44 (110.11) SD=43.90	6.28 (73.89) SD=26.75	12.72 (39.11) SD=23.33
	p=0.0053		p=0.4749		p=0.0077	
Number of taxonomic units	5.67 (1.89) SD=0.78	13.33 (0.44) SD=0.53	11.78 (5.22) SD=1.72	7.22 (7.44) SD=2.74	6.67 (6.44) SD=1.59	12.33 (4.33) SD=1.80
	p=0.0014		p=0.0746		p=0.0217	

†Mean of assigned ranges, () : mean of original data, SD: standard deviation

rainy season, while, in the third year, the number of taxonomic units had better performance in dry season. In Estación de Pastos, no significant differences were detected in any evaluated period for any of the two variables.

In the case of pitfall traps, in El Triángulo agroecosystem, better performance of the two variables under study was evidenced in the dry period of the second year (table 3). In the case of El Progreso, the number of individuals was superior in dry season corresponding to the second year, while, in the third year, the two variables had a better performance in rainy season.

In Cupeycito agroecosystem, significant differences were only found in the number of taxonomic units, in the first and second year. In the first, the indicator had a better performance in the rainy season, while it was superior in the second during dry season. However, in Ojo de agua, significant differences occurred in the number of individuals, in the first year, with a higher value in PLL, while in the second year, a better performance of the variable number of taxonomic units was observed during PPLL.

In Estación de Pastos agroecosystem, significant differences were detected in the indicators studied in the first and third years. In both, the highest values were observed in rainy season.

Several researchers coincide in stating that the highest abundance of individuals of the edaphic macrofauna is observed during rainy period, and they even recommend this period for samplings (Cabrera *et al.* 2011 and Noguera *et al.* 2017). According to Souza *et al.* (2016), the greatest diversity and abundance of edaphic fauna is generally found in the rainy season, since water contributes with vital processes of these organisms such as respiration, reproduction and feeding. Nevertheless, the conditions that promote water excess cause the edaphic communities to decrease, either because they come to the surface or migrate to deep soil strata, in search of more appropriate micro-environments for their establishment (Cabrera and López 2018).

In this sense, Brown *et al.* (2001), in grasslands of Mexico, verified that density of edaphic macrofauna was two times superior in rainy season compared to dry season, and they related it to the greater presence of earthworms and termites. On the other hand, Hernández *et al.* (2018) observed superior performance of the edaphic macrofauna in rainy period with respect to dry season in grassland, forage and polyculture areas in Cangrejas town, Artemisa, Cuba.

The distribution of soil macrofauna depends on several factors such as rainfall or climate seasonality, which, at the same time, define temperature and humidity of soil, since they are the edaphoclimatic variables that influence the most on macrofauna of tropical soils (Cabrera and López 2018). All these factors have wide

período lluvioso, mientras que en el tercer año el número de unidades taxonómicas tuvo mejor comportamiento en el período poco lluvioso. En la Estación de Pastos no se detectaron diferencias significativas en ningún período evaluado para ninguna de las dos variables.

En el caso de las trampas de caída, en el agroecosistema El Triángulo se evidenció mejor comportamiento de las dos variables objeto de estudio en el período poco lluvioso del segundo año (tabla 3). En el caso de El Progreso se detectó que el número de individuos fue superior en el período poco lluvioso correspondiente al segundo año, mientras que, en el tercer año, las dos variables tuvieron mejor comportamiento en el período lluvioso.

En el agroecosistema Cupeycito, solo se constataron diferencias significativas en el número de unidades taxonómicas en el primer y segundo año. En el primero, el indicador se comportó mejor en el período lluvioso, mientras que en segundo lo hizo en el período poco lluvioso. Sin embargo, en Ojo de agua las diferencias significativas detectadas ocurrieron en el número de individuos, en el primer año, con mayor valor en el PLL, mientras que en el segundo año se constató mejor comportamiento de la variable número de unidades taxonómicas en el PPLL.

En el agroecosistema Estación de Pastos se detectaron diferencias significativas en los indicadores estudiados en el primer y tercer año. En ambos los valores superiores se observaron en el período lluvioso.

Numerosos investigadores coinciden en afirmar que la mayor abundancia de individuos de la macrofauna edáfica se observa en el período lluvioso, e incluso recomiendan este período para los muestreos (Cabrera *et al.* 2011 y Noguera *et al.* 2017). Según Souza *et al.* (2016), generalmente, es en la época lluviosa cuando se encuentra la mayor diversidad y abundancia de la fauna edáfica, pues el agua contribuye con procesos vitales de estos organismos como la respiración, reproducción y alimentación. No obstante, las condiciones que propician exceso de agua provocan que las comunidades edáficas disminuyen, ya porque salen a la superficie o migran a estratos profundos del suelo en busca de micro-ambientes más apropiados para su establecimiento (Cabrera y López 2018).

En este sentido, Brown *et al.* (2001), en pastizales de México, constataron que la densidad de la macrofauna edáfica fue dos veces mayor en la época lluviosa con respecto al período seco y lo relacionaron con la mayor presencia de lombrices y termitas. Por su parte, Hernández *et al.* (2018) observaron superior comportamiento de la macrofauna edáfica en el período lluvioso con respecto al poco lluvioso en áreas de pastizal, forraje y policultivo en la localidad de Cangrejas, Artemisa, Cuba.

La distribución de la macrofauna del suelo depende de varios factores, entre ellos, las precipitaciones o la estacionalidad del clima, que a la vez definen la temperatura y la humedad del suelo, pues son las variables edafoclimáticas que más influyen en la macrofauna de los suelos tropicales (Cabrera y López 2018). Todos estos factores son de amplia variabilidad en la región climática

variability in the climatic region in which the studied agroecosystems are located (Montecelos *et al.* 2018), which could influence on the variable performance of macrofauna.

In this sense, a very important part of interannual variability of climatic elements in Cuba is explained by the presence of El Niño/Southern Oscillation (ENSO), which tends to favor greater precipitation during dry season (Álvarez *et al.* 2015 and Montecelos *et al.* 2018). This phenomenon had an intense manifestation between 2015 and 2016 (Galván *et al.* 2018), period included in this research. In agroecosystems in which significant differences were found in the studied variables, in the second year (PLL 2015- PPLL 2016) of research, the best performance was observed in dry season. Regarding rainfall, it can be observed (table 2) that in 2015, the frequency of days with rains was higher compared to 2016 and 2017, which directly influenced on soil humidity and, at the same time, on the performance of the edaphic fauna, as stated above.

On the other hand, Cabrera (2019) recognized that any natural or anthropic intervention generates positive or negative impact on dynamics of the edaphic macrofauna, while Kamau *et al.* (2017) stated that it is more susceptible to environmental changes than other groups of edaphic fauna due to its larger size.

Other factors that could influence on the performance of macrofauna are of edaphic origin, such as type of soil, content of nutrients and organic matter, pH, texture, structure, and edaphic temperature and humidity (Machado *et al.* 2015). There are also those related to vegetation and anthropic management, which, in the case of the studied agroecosystems, are determined by vegetation cover, type of pasture and weeds, presence of trees, as well as grazing management. Trampling of animals causes the mechanical destruction of microhabitats. According to Lok (2005), compaction of soils used for livestock by a certain stocking rate can reduce the population of edaphic invertebrates.

It is also necessary to point out versatility in the spatial-temporal distribution of soil macrofauna, which depend on specific conditions of soil microhabitat, due to its own heterogeneity. This leads to organisms not to be homogeneously distributed within the soil in a given space and time, but depending on the availability of food resources, which is greater in carbon-rich areas such as rhizosphere of plants, organic detritus from decomposition of litter and animal depositions. In this sense, soil structure and texture also influence, in addition to other physical properties.

In order to explain the variability of results, ecological characteristics of the edaphic macrofauna are added to all above, which has an aggregated spatial distribution. It means that they will explore those optimal microsites in terms of quantity and quality of

donde se encuentran los agroecosistemas estudiados (Montecelos *et al.* 2018), lo que pudo influir en el comportamiento variable determinado de la macrofauna.

En este sentido, una parte muy importante de la variabilidad interanual de los elementos climáticos en Cuba se explica por la presencia de El Niño/Oscilación del Sur (ENOS), que tiende a favorecer una mayor precipitación en el período poco lluvioso (Álvarez *et al.* 2015 y Montecelos *et al.* 2018). Este fenómeno tuvo una manifestación intensa entre 2015 y 2016 (Galván *et al.* 2018), período incluido en esta investigación. En los agroecosistemas donde se constataron diferencias significativas en las variables estudiadas, en el segundo año (PLL 2015- PPLL 2016) de la investigación, se observó mejor comportamiento en el período poco lluvioso. Respecto a las precipitaciones se puede observar (tabla 2) que en el año 2015 la frecuencia de los días con lluvias fue superior respecto a los años 2016 y 2017, lo cual influyó directamente con la humedad del suelo y, a su vez, con el comportamiento de la fauna edáfica como se discutió anteriormente.

Por otro lado, Cabrera (2019) reconoció que cualquier intervención natural o antrópica genera impacto positivo o negativo en la dinámica de la macrofauna edáfica, mientras que Kamau *et al.* (2017) plantearon que es más susceptible a los cambios ambientales que otros grupos de la fauna edáfica por su mayor tamaño.

Otros factores que pudieron incidir en el comportamiento de la macrofauna son de origen edáfico: tipo de suelo, contenido de nutrientes y materia orgánica, pH, textura, estructura, temperatura y humedad edáficas (Machado *et al.* 2015), y los relacionados con la vegetación y el manejo antrópico, que, en el caso de los agroecosistemas estudiados, están determinados por la cobertura vegetal, el tipo de pastos y arvenses, la presencia de árboles, así como el manejo del pastoreo que se realiza. El pisoteo de los animales provoca la destrucción mecánica de los microhábitats. Según Lok (2005) la compactación de los suelos ganaderos por una determinada carga animal puede reducir la población de invertebrados edáficos.

Es necesario señalar además la versatilidad en la distribución espacio temporal de la macrofauna del suelo, que está en dependencia de las condiciones específicas del microhábitat en el suelo, por su propia heterogeneidad. Esto conlleva a que los organismos no se distribuyan dentro del suelo homogéneamente en un espacio y tiempo dados, sino en dependencia de la disponibilidad de recursos alimenticios que es mayor en zonas ricas en carbono como la rizosfera de las plantas, detritus orgánico proveniente de la descomposición de la hojarasca y las deposiciones de los animales. En este sentido también influyen la estructura y textura del suelo, además de otras propiedades físicas.

A todo lo anterior se le adiciona, para explicar la variabilidad de los resultados obtenidos, las características ecológicas de la macrofauna edáfica, que posee una distribución espacial agregada, es decir van a explorar aquellos micrositios óptimos en cuanto a cantidad y calidad de alimento, humedad, temperatura, pH,

food, humidity, temperature, pH, aeration, absence of toxic substances and protection from solar radiation (de la Rosa and Negrete 2012 and Rusanov and Bulgakova 2016).

It is concluded that, in the studied grassland agroecosystems, the edaphic macrofauna had a heterogeneous performance in the evaluated climatic periods. A superior performance of the macrofauna was observed during dry period of the second year, which could be related to the atypical performance of total volume of rainfall and/or days with rain of that year.

aireación, ausencia de sustancias tóxicas y protección de las radiaciones solares (de la Rosa y Negrete 2012 y Rusanov y Bulgakova 2016).

Se concluye que, en los agroecosistemas de pastizales estudiados, la macrofauna edáfica tuvo un comportamiento heterogéneo en los períodos climáticos evaluados. Se observó un comportamiento superior de la macrofauna en el período poco lluvioso del segundo año, lo que pudiera estar relacionado con el comportamiento atípico del volumen total de precipitaciones y/o días con lluvia que ocurrió en ese año.

References

- Alayo, P. 1974. Introducción al estudio de los himenópteros de Cuba. Serie Biológica, 53: 1-38.
- Álvarez, A., Febles, G. & Díaz, L. "La variabilidad climática y análisis de contextos futuros de cambio climático en la Cuenca del Cauto". *Ciencias de la Tierra y el Espacio*, 16: 107-116, ISSN: 1729-37.
- Anderson, J.M. & Ingram, J.S.I. 1993. *Tropical soil biology and fertility: A handbook of methods*. 2nd Ed. Ed. Oxford University Press, Oxford, UK, p. 221, ISBN: 978-0851988214.
- Bautista, F., Díaz, C. & García, M. 2009. "Changes in soil macrofauna in agroecosystems derived from low deciduous tropical forest on leptosols from karstic zones". *Tropical and Subtropical Agroecosystem*, 10(2): 185-197, ISSN: 1870-0462.
- Brown, G., Fragoso, C., Barois, I., Rojas, P., Patrón, J.C., Bueno, J., Moreno, A.G., Lavelle, P., Ordaz, P. & Rodríguez, C. 2001. "Diversidad y rol funcional de la macrofauna edáfica en los ecosistemas tropicales mexicanos". *Acta Zoológica Mexicana*, (nueva serie), (Es1), 79-110, ISSN: 0065-1737.
- Brusca, R.C. & Brusca, G.J. 2003. *Invertebrados*. 2nd Ed. Pardos-Martínez, F. (ed.). Ed. McGraw-Hill Interamericana, Universidad Complutense de Madrid, Madrid, España, p. 973.
- 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, España, p. 124 .
- Cabrera, G. & López, G.M. 2018. "Ecological characterization of soil macrofauna in two evergreen forest sites at El Salón, Sierra del Rosario, Cuba". *Bosque*, 39(3): 363-373, ISSN: 0304-8799, DOI: <https://doi.org/10.4067/S0717-92002018000300363>.
- 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, G., Socarrás, A., Hernández, G., Ponce de León, D., Menéndez, Y. & Sánchez, J. 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, H., Murillo, F.D., Adame, J. & Fernández, 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.
- Conover, W.J. 1999. *Practical Nonparametric Statistics*. 3rd Ed. Ed. John Wiley & Sons. New York, USA, p. 584, ISBN: 978-0-471-16068-7.
- Di Rienzo, J.A., Casanoves, F., Balzarini, M.G., González, L., Tablada, M. & Robledo, C.W. 2012. *InfoStat version 2012 [Windows]*. Grupo InfoStat, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Available: <http://www.infostat.com.ar>.
- De la Rosa, N. & Negrete, S. 2012. "Spatial distribution of soil macrofauna in cloud forest, secondary forest and grassland in La Cortadura reserve, Coatepec, Veracruz, Mexico". *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 83(1): 201-215, ISSN: 1870-3453.
- Fontela, J.L. & Matienzo, Y. 2011. "Hormigas invasoras y vagabundas de Cuba". *Fitosanidad*, 13(4): 253-259, ISSN: 1818-1686.
- Galván, R., Carbonetti, M., Gende, M. & Brunini, C. 2018. "Impact of the extreme 2015-2016 ENOS event on the geometry of the earth surface in the equatorial region of South America". *Geoacta*, 42(2): 23-44, ISSN: 852-7744.
- Hernández, G., Cabrera, G., Izquierdo, I., Socarrás, A., Hernández, L. & Sánchez, J. 2018. "Indicadores edáficos después de la conversión de un pastizal a sistemas agroecológicos". *Pastos y Forrajes*, 41(1): 3-12, 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.
- Hickman, C.P., Roberts, L.S. & Larson, A.I. 2001. *Integrated principles of Zoology*. 11th Ed. Ed. McGraw-Hill Publishing, New York, USA, ISBN: 9780072909616.
- Kamau, S., Barrios, E., Karanja, N., Ayuke, F. & Lehmann, J. 2017. "Soil macrofauna abundance under dominant tree species increases along a soil de gradation gradient". *Soil Biology and Biochemistry*, 112: 35-46, ISSN: 1879-3428, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2017.04.016>.
- Lehmann, E.L. 1975. *Nonparametrics: Statistical Methods based on Ranks*, San Francisco. Holden-Day, Inc., USA, DOI: <https://doi.org/10.1002/zamm.19770570922>.
- Levene, H. 1960. Robust tests for the equality of variance. *Contributions to Probability and Statistics*. 1st Ed. Ed. Stanford University Press, Palo Alto, California, USA, pp. 278-292.
- Lok, S. 2005. Estudio y selección de indicadores de la estabilidad en el sistema suelo planta de pastizales en explotación. PhD

- Thesis. Departamento de Pastos, Instituto de Ciencia Animal, Mayabeque, Cuba, p. 98.
- Machado, D., Gervasio, M., Fernández, M.E., Ribeiro, A. & Menezes, C.E.G. 2015. "Fauna edáfica na dinâmica sucesional da Mata Atlântica em floresta estacional semidecidual na bacia do Rio Paraíba do Sul R.J". *Ciência Florestal*, 25(1): 91-106, ISSN: 1980-5098, DOI: <https://doi.org/10.1590/1980-509820152505091>.
- Montecelos, Y., Cavazos, T., Kretzschmar, T., Vivoni, E.R., Corzo, G. & Molina, E. 2018. "Hydrological modeling of climate-change impacts in a tropical river basin. A case study of the Cauto River, Cuba". *Water*, 10(9): 1135-1143, ISSN: 2073-4441, DOI: <https://doi.org/10.3390/w10091135>.
- Moreira, F.M.S., Huissig, E.J. & Bignell, D.E. 2012. *Manual de Biología de suelos tropicales. Muestreo y caracterización de la biodiversidad bajo suelo*. 1st Ed. Ed. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, p. 350, ISBN: 9786077908319 6077908312.
- Noguera, A., Reyes, N., Mendieta, B. & Salgado, M.M. 2017. "Macrofauna edáfica como indicador de conversión agroecológica de un sistema productivo de *Moringa oleifera* Lam. en Nicaragua". *Pastos y Forrajes*, 40(4): 265-275, ISSN: 2078-8452.
- 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.
- Rusanov, A. M. & Bulgakova, M. A. 2016. "Composition and abundance of soil macrofauna in pasture ecosystems of the steppe zone of the Urals". *Russian Journal of Ecology*, 47(1): 68-73, ISSN: 1608-3334, DOI: <https://doi.org/10.1134/S1067413616010136>.
- Shapiro, S. & Wilk, B. 1965. "An analysis of variance test for normality (complete samples)". *Biometrika*, 52(2): 591-611, ISSN: 1464-3510, DOI: <http://dx.doi.org/10.2307/2333709>.
- Silva, R.A., Siqueira, G.M., Lima, M.K., Guedea, O. & de Franca, E.F. 2018. "Spatial variability of soil fauna under different land uses and managements". *Revista Brasileira de Ciencia do Solo*, 42, ISSN: 1806-9657, DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/18069657rbcs20170121>.
- Souza, S.T., Cassol, P.C., Baretta, D., Bartz, M.L.C., Klauberg, V., Mafra, A.L. & Gonçalves, M. 2016. "Abundance and diversity of soil macrofauna in native forest, eucalyptus plantations, perennial pasture, integrated crop-livestock, and no-tillage cropping". *Revista Brasileira de Ciencia do Solo*, 40, ISSN: 1806-9657, DOI: <https://doi.org/10.1590/18069657rbcs20150248>.
- Tapia, S.C., Teixeira, L.A., Velázquez, E. & Waldez, F. 2016. "Macroinvertebrados del suelo y sus aportes a los servicios ecosistémicos, una visión de su importancia y comportamiento". *Revista Colombiana de Ciencia Animal-RECIA*, 8 (Dec 1): 260-267, ISSN: 2027-4297, DOI: <https://doi.org/10.24188/recia.v8.n0.2016.380>.

Received: May 7, 2020

Accepted: July 24, 2020