

Comportamiento de comunidades de lombrices de tierra en dos sistemas ganaderos

Behavior of earthworm communities in two livestock production systems

Saray Sánchez y Marta Hernández

Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey"
Central España Republicana, CP 44280, Matanzas, Cuba
E-mail: saray.sanchez@indio.atenas.inf.cu

Resumen

Con el objetivo de evaluar el comportamiento de comunidades de lombrices de tierra en dos sistemas ganaderos (pastizal de gramíneas y sistema silvopastoril), los cuales se manejaron para la ceba de animales vacunos y la producción de semillas, se realizó una investigación en la Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey", Matanzas. Para el estudio de las comunidades de lombrices se hicieron seis colectas. En cada una de las áreas descritas se tomaron 40 muestras de suelo, según la Metodología del Programa de Investigación Internacional "Biología y Fertilidad del Suelo Tropical". Se encontraron 297 y 740 organismos en el pastizal de gramíneas y en el sistema silvopastoril, respectivamente. La especie *Onychochaeta elegans* mostró una mayor abundancia proporcional en el pastizal de gramíneas; mientras que en el sistema silvopastoril se encontraron tres especies, de ellas dos típicas de zonas boscosas: *Polypheretima elongata* y *Onychochaeta windlei*; la primera tuvo un mayor valor, con diferencias significativas respecto a las especies halladas del género *Onychochaeta*. Se concluye que la presencia de árboles en pastizales de gramíneas contribuye a estimular los organismos del suelo, en especial las lombrices de tierra, las que desempeñan un papel importante al mejorar no solo los indicadores físicos y químicos de este, sino también como estimuladoras de otros organismos.

Palabras clave: *Lumbricidae*, pastizales, sistemas silvopascícolas

Abstract

In order to evaluate the behavior of earthworm communities in two livestock production systems (grassland and silvopastoral system), which were managed for cattle fattening and seed production, a study was conducted at the Experimental Station of Pastures and Forages "Indio Hatuey", Matanzas. For the study of the earthworm communities six collections were made. In each of the described areas 40 soil samples were taken, according to the Methodology of the International Research Program "Tropical Soil Biology and Fertility". In the grassland and the silvopastoral system, 297 and 740 organisms were found, respectively. The species *Onychochaeta elegans* showed higher proportional abundance in the grassland; while in the silvopastoral system three species were found, two of them typical of forest areas: *Polypheretima elongata* and *Onychochaeta windlei*; the former showed a higher value, with significant differences as compared to the species found of the *Onychochaeta* genus. It is concluded that the presence of trees in grasslands contributes to stimulate edaphic organisms, especially earthworms, which play an important role not only by improving soil physical and chemical indicators, but also as stimulators of other organisms.

Key words: *Lumbricidae*, grasslands, silvopastoral systems

Introducción

En los últimos años se ha revalorizado la importancia de la diversidad de la biota del suelo en el funcionamiento global del ecosistema. En este sentido, son numerosos los estudios que muestran claramente la sensibilidad de las comunidades de organismos edáficos ante el manejo del suelo, los cambios en la cobertura y la transformación de la vegetación, así como el efecto profundamente negativo de las perturbaciones impuestas por los sistemas de cultivo (De Aquino *et al.*, 2008).

Como resultado de lo anterior, determinados organismos se consideran bioindicadores de la estabilidad y la fertilidad del suelo, en especial las lombrices de tierra (George, 2006), y llegan a establecer el estado de los suelos en diversos usos de la tierra.

Las lombrices de tierra representan la mayor biomasa animal en la mayoría de los ecosistemas terrestres, y allí donde son abundantes pueden procesar a través de sus cuerpos hasta 250 toneladas de suelo al año, por hectárea. Este inmenso trabajo influye de forma significativa en las propiedades físicas, químicas y biológicas, y otorga a estos organismos un papel crucial en la modificación de su estructura, en la aceleración de la descomposición de la materia orgánica y del reciclado de nutrientes, que tiene a su vez efectos importantes sobre las comunidades vegetales que viven por encima de la superficie del suelo (Domínguez *et al.*, 2009).

Por lo antes expuesto, el presente trabajo tuvo como objetivo evaluar el comportamiento de las comunidades de lombrices de tierra en dos sistemas de uso ganadero (pastizal de gramíneas y sistema silvopastoril), en un suelo Ferralítico Rojo lixiviado.

Materiales y Métodos

Las investigaciones se realizaron en la Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey", situada entre los 22°, 48' y 7" de latitud Norte y los 81° y 2' de longitud Oeste, a 19,01 msnm, en el municipio de Perico, provincia de Matanzas, Cuba.

Introduction

In recent years the importance of the diversity of the soil biota in the global functioning of the ecosystem has been revalued. In this sense, there are many studies which clearly show the sensitivity of the communities of edaphic organisms to soil management, changes in cover and vegetation transformation, as well as the deeply negative effect of the disturbances imposed by cultivation systems (De Aquino *et al.*, 2008).

As a result of the above-mentioned facts, certain organisms are considered bioindicators of soil stability and fertility, especially earthworms (George, 2006), and even establish soil status in different land uses.

Earthworms represent the highest animal biomass in most land ecosystems, and where they are abundant they can process through their bodies up to 250 tons of soil per year, per hectare. This enormous work significantly influences the soil physical, chemical and biological properties, and provides these organisms with an essential role in the modification of its structure, in the acceleration of organic matter decomposition and nutrient recycling, which has in turn important effects on the plant communities that live on the soil surface (Domínguez *et al.*, 2009).

Due to the above-expressed elements, the objective of this work was to evaluate the behavior of earthworm communities in two livestock production systems (grassland and silvopastoral system), on a lixiviated Ferralitic Red soil.

Materials and Methods

The studies were conducted at the Experimental Station of Pastures and Forages "Indio Hatuey", located between 22°, 48' and 7" latitude north and 81° and 2' longitude west, at 19,01 masl, in the Perico municipality, Matanzas province, Cuba.

The soil on which the experimental stage was conducted is classified as lixiviated Ferralitic Red (Hernández *et al.*, 1999).

Two livestock production systems were evaluated: a conventional system (grass

El suelo donde se llevó a cabo la fase experimental se clasifica como Ferralítico Rojo lixiviado (Hernández *et al.*, 1999).

Se evaluaron dos sistemas ganaderos: un sistema convencional (monocultivo de gramíneas) y un sistema silvopastoril, que se encontraban en explotación continua (diez años) y durante ese tiempo no se realizaron labores culturales. Cada uno de ellos tenía características propias, determinadas por la vegetación dominante, la carga y el manejo. Ambos se manejaron para la ceba de animales vacunos y la producción de semillas. Las principales peculiaridades de cada uno de estos pastizales se indican a continuación:

- Sistema convencional (monocultivo de gramíneas). La composición florística de este pastizal indicó 80% de *Panicum maximum*; 9,6% de pastos naturales (*Paspalum notatum* y *Sporobolus indicus*); 6% de *Cynodon nlemfuensis*; 2,5% de leguminosas herbáceas y 1,9% de suelo descubierto.
- Sistema silvopastoril con *P. maximum* cv. Likoni y *Leucaena leucocephala* cv. Cunningham. En este sistema *P. maximum* representaba el 79,7% de la composición florística, seguido por 8,9% de pastos naturales (*S. indicus* y *P. notatum*); 7,6% de *C. nlemfuensis* y 3,4% de leguminosas herbáceas. La población de *L. leucocephala* era de 595 plantas ha⁻¹.

La masa animal en ambos sistemas estaba formada por bovinos de la raza Cebú en la fase de crecimiento-ceba. Durante el período evaluado la carga global promedio fue de 1,2 UGM ha⁻¹, con intensidades de pastoreo de 50 y 83 UGM ha⁻¹día⁻¹, y rotaciones del pastizal entre 54-63 días y entre 36-45 días en las épocas de seca y lluvia, respectivamente.

Para el estudio de las comunidades de lombrices se hicieron, en los dos sistemas, seis colectas durante tres años. En cada colecta se realizaron 40 monolitos de 25 x 25 x 30 cm, para un total de 240 en cada sistema, según la Metodología del Programa de Investigación Internacional "Biología y Fertilidad del Suelo Tropical" (Anderson e Ingram, 1993), que consistió en la extracción en un transepto, cuyo punto de origen y dirección se determinó al azar. Los ejem-

monocrop) and a silvopastoral system, which were under continuous exploitation (ten years) and during that time no cultural works were performed. Each one had its own characteristics, determined by prevailing vegetation, stocking rate and management. Both were managed for cattle fattening and seed production. The main features of each pastureland are indicated below:

- Conventional system (grass monocrop). The floristic composition of this pastureland indicated 80% *Panicum maximum*; 9,6% natural pastures (*Paspalum notatum* and *Sporobolus indicus*); 6% *Cynodon nlemfuensis*; 2,5% herbaceous legumes and 1,9% uncovered soil.
- Silvopastoral systems with *P. maximum* cv. Likoni and *Leucaena leucocephala* cv. Cunningham. In this system *P. maximum* represented 79,9% of the botanical composition, followed by 8,9% natural pastures (*S. indicus* and *P. notatum*); 7,6% *C. nlemfuensis* and 3,4% herbaceous legumes. The *L. leucocephala* population was 595 plants ha⁻¹.

The animal stock in both systems was integrated by Zebu cattle in the growth-fattening stage. During the evaluated period the average global stocking rate was 1,2 animal ha⁻¹, with grazing intensities of 50 and 83 animals ha⁻¹ day⁻¹, and pastureland rotations of 54-63 days and 36-45 days in the dry and rainy seasons, respectively.

For the study of the earthworm communities six collections were made, in the two systems, during three years. In each collection 40 25 x 25 x 30 cm monoliths were made, for a total of 240 in each system, according to the Methodology of the International Research Program "Tropical Soils Biology and Fertility" (Anderson and Ingram, 1993), which consisted in the extraction of a transept, which origin spot and direction were randomly determined. The specimens were manually collected *in situ* in three soil depths (0-10, 10-20 and 20-30 cm) and they were preserved in solution of 4% formalin and 70% alcohol.

The organisms were identified down to the lowest possible level, and the keys proposed by

plares se colectaron manualmente *in situ* en tres profundidades del suelo (0-10, 10-20 y 20-30 cm) y se preservaron en solución de formalina al 4% y alcohol 70%.

Los organismos se identificaron hasta el nivel más bajo posible, y se emplearon las claves de Brinkhurst y Jamieson (1971) y Sims (1980). La clasificación desde el punto de vista funcional (epígeos, anécicos y endógeos) se realizó de acuerdo con lo recomendado por Lavelle (1997). Se calculó la abundancia proporcional (%) para cada taxón, mediante la relación entre la cantidad de individuos que pertenecían a un grupo taxonómico y el total de individuos de todos los grupos taxonómicos.

En cada punto de muestreo se tomaron muestras de suelo en cada profundidad. Después de secadas al aire, se pasaron por un tamiz con malla de 0,5 mm y se les determinó el contenido de MO y N mediante las técnicas de la AOAC (1995), el fósforo por el método de Oniani (1964); el Ca y Mg mediante las técnicas de Paneque (1965) y el pH por el método potenciométrico.

Para el procesamiento de la información se utilizó un modelo lineal de clasificación simple según el programa estadístico INFOSTAT 2001, versión 1.

Resultados y Discusión

En los sistemas estudiados se encontraron un total de 1 037 organismos (297 en el pastizal de gramíneas y 740 en el sistema silvopastoril) pertenecientes al phylum *Annelida*, clase *Oligochaeta* (tabla 1).

Las tres especies halladas correspondieron a organismos endógeos y el 100% son

Brinkhurst and Jamieson (1971) and Sims (1980) were used. The classification from the functional point of view (epigeous, anecic and endogeous) was made according to the recommendations made by Lavelle (1997). The proportional abundance (%) was calculated for each taxon, by means of the relationship between the quantity of individuals that belonged to a taxonomic group and the total of individuals of all the taxonomic groups.

In each sampling spot soil samples were taken in each depth. After being air-dried, they were passed through a 0,5 mm-mesh sieve and the OM and N content was determined through techniques of the AOAC (1995), phosphorus was found by means of the method proposed by Oniani (1964); Ca and Mg were determined by the techniques suggested by Paneque (1965) and the pH was found through the potentiometric method.

For the information processing a simple classification lineal model was used according to the statistical program INFOSTAT 2001, version 1.

Results and Discussion

In the studied systems a total of 1 037 organisms were found (297 in the grassland and 740 in the silvopastoral system), belonging to the phylum *Annelida*, class *Oligochaeta* (table 1).

The three species found corresponded to endogenous organisms and 100% are mesohumic, that is, they live in the soil and feed from organic matter or (dead or live) roots. Due to the low amount and quality of nutritional resources, they

Tabla. 1. Composición taxonómica y funcional de las lombrices de tierra en los dos sistemas de uso de la tierra.
Table 1. Taxonomic and functional composition of earthworms in the two land use systems.

Phylum	Clase	Orden	Familia	Género	Especie	Grupo funcional	Categoría ecológica
Annelida	Oligochaeta	Haplotaxida	Megascolecidae	<i>Polypheretina</i>	<i>P. elongata</i>	Endógeos	Ingenieros del ecosistema
			Glossoscolecidae	<i>Onychochaeta</i>	<i>O. elegans</i>		
					<i>O. windlei</i>		

mesohúmicas, es decir, viven en el suelo y se alimentan de materia orgánica o de raíces (vivas o muertas). Debido a la baja cantidad y calidad de los recursos nutritivos, suelen seleccionar partículas más ricas en C y tienen que ingerir grandes cantidades de suelo para alimentarse, por lo que producen amplias galerías y abundantes excretas de diferente tamaño y composición físico-química y biológica. Las galerías pueden llegar a ser muy profundas y representar una parte importante de la macroporosidad, lo que hace que sean reconocidas como excavadores activos que pueden fortalecer la formación de bioporos y de agregados estables (Anderson e Ingram, 1993).

Las lombrices de tierra han sido reportadas por numerosos autores como el grupo predominante dentro de la macrofauna edáfica en la mayoría de los ecosistemas agropecuarios, y en especial en los ecosistemas más húmedos y en los pastizales (Jiménez y Decaëns, 2004; Suthar, 2009).

Estos organismos, clasificados por su rol ecológico y funcional como ingenieros del ecosistema, según Lavelle *et al.* (1994), realizan cambios físicos en el suelo que controlan la disponibilidad de los recursos para otros organismos edáficos, incluyendo las plantas y sus raíces. Con su actividad los ingenieros crean estructuras físicas biogénicas que ejercen un efecto regulador sobre los organismos menores, a través de: 1) la competencia por los recursos, principalmente materia orgánica; 2) la activación de la microflora edáfica, por la vía de los mutualismos y el efecto primario (*priming effect*); 3) su influencia en el ciclo del carbono y la disponibilidad de nutrientes; y 4) cambios en la actividad rizosférica, como el crecimiento de las raíces y de las poblaciones de organismos rizosféricos (Lavelle, 1997; Brown *et al.*, 2001).

Las diferentes especies de lombrices responden de forma diferente al sistema utilizado. En la figura 1 se muestra la abundancia proporcional de las especies encontradas en el pastizal de gramíneas. La especie *Onychochaeta elegans* presentó una mayor abundancia proporcional, y tuvo diferencias altamente significativas con respecto a *Polypheretima elongata*.

must select particles richer in C and have to ingest higher soil quantities to feed, for which they produce wide galleries and abundant excreta of different size and physical-chemical and biological composition. The galleries can be very deep and represent an important part of macroporosity, which causes them to be acknowledged as active excavators, which can enhance the formation of biopores and stable aggregates (Anderson and Ingram, 1993).

Earthworms have been reported by many authors as the prevailing group within the edaphic macrofauna in most livestock production ecosystems, and especially the most humid ecosystems and in pasturelands (Jiménez and Decaëns, 2004; Suthar, 2009).

These organisms, classified by their ecological and functional role as ecosystem engineers, according to Lavelle *et al.* (1994), make physical changes in the soil which control the availability of resources for other edaphic organisms, including plants and their roots. With their activity engineers create biogenic physical structures that exert a regulating effect on smaller organisms, through: 1) competition for resources, mainly organic matter; 2) activation of the edaphic microflora, through mutualism and the priming effect; 3) their influence on the carbon cycle and nutrient availability; and 4) changes in the rhizosphere activity, such as the growth of roots and populations of rhizosphere organisms (Lavelle, 1997; Brown *et al.*, 2001).

The different earthworm species respond differently to the system used. Figure 1 shows the proportional abundance of the species found in the grassland. The species *Onychochaeta elegans* had higher proportional abundance, and highly significant differences with regards to *Polypheretima elongata*.

This species was also found by several authors in grass monocrop (Cabrera, 2006; Feijoo *et al.*, 2007), and they say it is an indicator of highly disturbed environments, for example, of crops with use of chemical inputs or pasturelands without shade.

On the other hand, in the silvopastoral system (fig. 2) three species were found, from them two

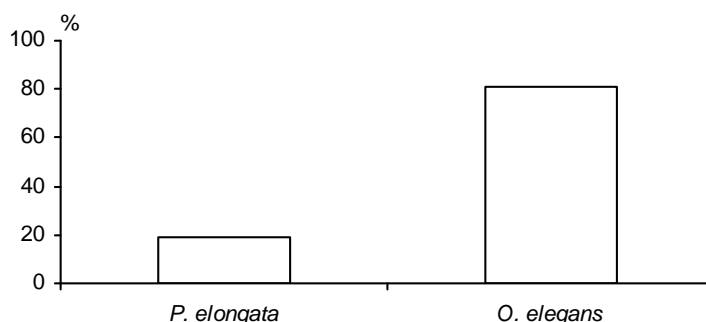


Fig. 1. Abundancia proporcional (%) de las especies de lombrices en el pastizal de gramíneas.

Fig. 1. Proportional abundance (%) of earthworm species in the grassland.

Esta especie también fue hallada por varios autores en monocultivo de gramíneas (Cabrera, 2006; Feijoo *et al.*, 2007), y la señalan como indicadora de ambientes altamente perturbados, por ejemplo de cultivos con empleo de insumos químicos o de pastizales carentes de sombra.

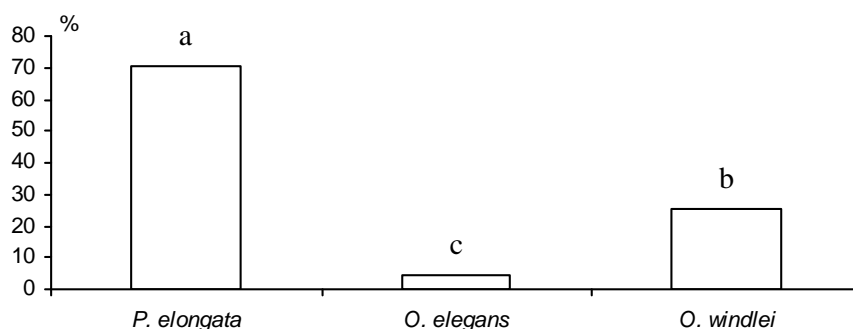
Por su parte, en el sistema silvopastoril (fig. 2) se encontraron tres especies, de ellas dos típicas de zonas boscosas: *P. elongata* y *Onychochaeta windlei*; la primera mostró un mayor valor, con diferencias significativas respecto a las especies encontradas del género *Onychochaeta*.

Según Fragoso *et al.* (1999), la estructura de las comunidades de lombrices de tierra es determinada por varios factores jerárquicos, como la temperatura en el nivel superior, seguida por

were typical of forest zones: *P. elongata* and *Onychochaeta windlei*; the former showed a higher value, with significant differences as compared to the species found from the genus *Onychochaeta*.

According to Fragoso *et al.* (1999), the structure of earthworm communities is determined by several hierarchical factors, such as temperature in the higher level, followed by edaphic (nutritional status, texture, etc.) and environmental factors (seasonal variation).

In this study, the differences between systems could have been related to the best environmental conditions, mainly temperature and humidity, which is favored by the presence of trees in the silvopastoral system, the quantity of litter accumulated on the soil, as well as its nutritional status.



a, b, c Valores con letras desiguales difieren a $P < 0,05$ (Duncan, 1995)

Fig. 2. Abundancia proporcional (%) de las especies de lombrices en el sistema silvopastoril.

Fig. 2. Proportional abundance (%) of earthworm species in the silvopastoral system.

factores edáficos (estado nutricional, textura, etc.) y ambientales (variación estacional).

En el presente estudio, las diferencias entre los sistemas pudieran estar relacionadas con las mejores condiciones ambientales, fundamentalmente la temperatura y la humedad, que propicia la presencia de los árboles en el sistema silvopastoril, la cantidad de hojarasca acumulada en el suelo, así como el estado nutricional del suelo.

Al analizar la composición química del suelo en ambos sistemas (tablas 2 y 3) se encontró un comportamiento más favorable de los indicadores a favor del sistema silvopastoril, con un contenido de materia orgánica entre 4,06-4,53%, debido a un mayor reciclado de nutrientes, característico de dicho sistema.

Calzadilla *et al.* (1993) señalaron que como resultado de siete años de reforestación y regeneración natural en los cuarterones de silvopastoreo, los suelos se mejoraron considerablemente y el

When analyzing the chemical composition of the soil in both systems (tables 2 and 3) a more favorable behavior of the indicators was found in favor of the silvopastoral system, with an organic matter content between 4,06 and 4,53%; because of a higher nutrient recycling, characteristic of such system.

Calzadilla *et al.* (1993) stated that as a result of seven years of reforestation and natural regeneration in the silvopastoral system paddocks, the soils improved remarkably and the organic matter content increased from 3,4 to 4,19%, which was similar to what happened in this study.

It is concluded that the presence of trees in pasturelands contributes to stimulate soil organisms, especially earthworms, which play an important role, not only by improving physical and chemical indicators, but also as stimulators of other edaphic organisms.

--End of the English version--

Tabla 2. Composición química del suelo del sistema silvopastoril.

Table 2. Soil chemical composition in the silvopastoral system.

Profundidad (cm)	Nitrógeno (%)	Fósforo (ppm)	Ca (cmol kg ⁻¹)	Mg (cmol kg ⁻¹)	pH	Materia orgánica (%)
0-10	0,22 ^a	76,34	2,85	0,22	6,65	4,53
10-20	0,18 ^b	66,56	2,88	0,26	6,77	4,12
20-30	0,17 ^b	71,19	2,70	0,23	6,64	4,06
ES±	0,008**	5,65	0,08	0,0017	0,12	0,16

a,b Medias con letras diferentes por columna difieren a $p < 0,05$ (Duncan, 1955)

** $p < 0,01$

Tabla 3. Composición química del suelo del pastizal de gramíneas.

Table 3. Soil chemical composition in the grassland.

Profundidad (cm)	Nitrógeno (%)	Fósforo (ppm)	Ca (cmol kg ⁻¹)	Mg (cmol kg ⁻¹)	pH	Materia orgánica (%)
0-10	0,19 ^a	57,24	2,26	0,21	5,42	3,68 ^a
10-20	0,17 ^b	56,66	2,47	0,22	5,30	3,16 ^b
20-30	0,16 ^c	56,88	2,40	0,22	5,27	3,05 ^b
ES±	0,005**	2,75	0,07	0,02	0,07	0,12**

a,b,c Medias con letras diferentes por columna difieren a $p < 0,05$ (Duncan, 1955)

** $p < 0,01$

contenido de materia orgánica se elevó de 3,4 a 4,19%, lo cual fue similar a lo ocurrido en la presente investigación.

Se concluye que la presencia de los árboles en pastizales de gramíneas contribuye a estimular los organismos del suelo, en especial las lombrices de tierra, las que desempeñan un rol importante, al mejorar no solo los indicadores físicos y químicos, sino también como estimuladoras de otros organismos edáficos.

Referencias bibliográficas

- Anderson, J.M. & Ingram, J. (Eds). 1993. Tropical soil biology and fertility. A handbook of methods. 2nd ed. CAB International. Wallingford, UK. 221 p.
- AOAC. 1995. Official methods of analysis. 16th ed. Ass. Off. Agric. Chem. Washington, D.C.
- Brinkhurst, R.O. & Jamieson, B.G.M. 1971. Aquatic Oligochaeta of the world. Universidad of Toronto Press, Canada. 860 p.
- Brown, G.G. *et al.* 2001. Diversidad y rol funcional de la macrofauna edáfica en los ecosistemas tropicales mexicanos. *Acta Zool. Mex.* 1:79
- Cabrera, G de la C. 2006. La macrofauna edáfica en la valoración de manejos agroecológicos empleados en sistemas ganaderos en La Habana, Cuba. Resúmenes IV Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la producción pecuaria sostenible. III Simposio sobre sistemas silvopastoriles para la producción ganadera sostenible. EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. p. 104
- Calzadilla, E. *et al.* 1993. Informe de experimento silvopastoril. Instituto de Suelos. La Habana, Cuba. 12 p.
- De Aquino, A.M. *et al.* 2008. Diversidade da macrofauna edáfica no Brasil. Em: Biodiversidade do solo em Ecosistemas Brasileiros. (Eds. Fátima M.S. Moreira, J.O. Siqueira y Lijbert Brussaard). Ed. UFLA. Lavras, Brasil. p. 143
- Domínguez, J. *et al.* 2009. The role of earthworms on the decomposition of organic matter and nutrient cycling. *Ecosistemas.* 18 (2):20
- Feijoo, A. *et al.* 2007. Relaciones entre el uso de la tierra y las comunidades de lombrices en la cuenca del río La Vieja, Colombia. *Pastos y Forrajes.* 30:235
- Fragoso, C. *et al.* 1999. Earthworm communities of tropical agroecosystems: origin, structure and influence of management practices. In: Earthworm management in tropical agroecosystems. (Eds. P. Lavelle, L. Brussaard and P. Hendrix). CABI International. Wallingford, UK. p. 87
- George, A. 2006. Estudio comparativo de indicadores de calidad de suelo en fincas de café orgánico y convencional en Turrialba, Costa Rica. Tesis como requisito para optar por el grado de *Magister Scientiae* en Agricultura Ecológica. Turrialba, Costa Rica. 118 p.
- Hernández, A. *et al.* 1999. Nueva versión de la clasificación genética de los suelos de Cuba. Ministerio de la Agricultura. La Habana, Cuba. p. 26
- InfoStat. 2001. Software estadístico. Manual de usuario. Versión 1. Córdoba, Argentina
- Jiménez, J.J. & Decaëns, T. 2004. The impact of soil organisms on soil functioning under neotropical pastures: a case study of a tropical anecic earthworm species. *Agriculture, Ecosystems and Environment.* 103:329
- Lavelle, P. 1997. Faunal activities and soil processes: Adaptive strategies that determine ecosystem function. *Adv. Ecol. Res.* 24:9
- Lavelle, P. *et al.* 1994. The relationship between soil macrofauna and tropical soil fertility. In: The biological management of tropical soil fertility. (Eds. P.L. Woomer and M. J. Swift). John Wiley and Sons. Chichester, UK. p. 137
- Oniani, O.G. 1964. Determinación del fósforo y potasio del suelo en una misma solución de los suelos Krasnozen y Podzólicos en Georgia. *Agrojima.* 6:25
- Paneque, V. 1965. Manual de práctica de suelos. Universidad de La Habana. La Habana, Cuba
- Sims, R.W. 1980. A classification and the distribution of earthworms suborden Lumbricina (Haplotaxida: Oligochaeta). *Bull. Br. Mus. Nat. Hist. Zool.* 39:103
- Suthar, Surindra. 2009. Earthworm communities a bioindicator of arable land management practices: A case study in semiarid region of India. *Ecological Indicators.* 9:588

Recibido el 7 de septiembre del 2010

Aceptado el 18 de marzo del 2011