

## **Composición funcional de la macrofauna edáfica en cuatro usos de la tierra en las provincias de Artemisa y Mayabeque, Cuba**

### **Functional composition of soil macrofauna in four land uses of Artemisa and Mayabeque provinces, Cuba**

Grisel Cabrera<sup>1</sup>, Nayla Robaina<sup>2</sup> y D. Ponce de León<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Ecología y Sistemática, CITMA,  
Carretera de Varona km 3½, Capdevila, Boyeros, C.P. 10800, La Habana, Cuba  
E-mail: grisel17@ecologia.cu

<sup>2</sup> Estación Experimental de Plantas Medicinales, Artemisa, Cuba

<sup>3</sup> Facultad de Agronomía, Universidad Agraria de La Habana, Artemisa, Cuba

#### **Resumen**

El estudio tuvo como objetivo analizar la composición funcional de la macrofauna del suelo en función de diferentes usos de la tierra: bosques secundarios, pastizales, áreas de cultivos varios destinadas a la producción de papa y cañaverales. Estos sistemas de uso de la tierra estaban localizados en las provincias Artemisa y Mayabeque. En cada área la macrofauna edáfica fue recolectada en octubre, al final del período lluvioso del año 2009, siguiendo la metodología del TSBF. El procesamiento de los datos incluyó la determinación de la densidad y la biomasa de los grupos funcionales de la macrofauna, y el análisis estadístico involucró la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. Los grupos funcionales de mayor representatividad, en densidad, en la mayoría de los usos de la tierra fueron los ingenieros del suelo y/o los detritívoros, y en biomasa igualmente los detritívoros y/o los herbívoros. La proporción entre los grupos funcionales de la macrofauna del suelo en los diferentes usos dependió de la intensidad de uso de la tierra, el nivel de perturbación del medio edáfico y la disponibilidad de recursos.

Palabras clave: Organismos del suelo, uso múltiple de la tierra

#### **Abstract**

The objective of this study was to analyze the functional composition of soil macrofauna in different land use types including secondary forest, pastures, fields with varied crop cultivation destined to potato production and sugarcane fields. The land use systems were located in the Artemisa and Mayabeque provinces. In these systems the edaphic macrofauna was collected in October, at the end of the rainy season of 2009, using the TSBF methodology. The data processing included the determination of the density and biomass of the macrofauna functional groups in each land use, and the statistical analysis implicated the Kruskal-Wallis nonparametric test. The soil engineers and/or detritivores communities were observed to be better represented in density in the majority of land uses, and in biomass, the detritivore and/or herbivore functional groups. The proportion between the functional groups of soil macrofauna in the land uses depended on land use intensity, the disturbance level of the edaphic environment and the availability of resources.

Key words: Soil organism, multiple land use

### Introducción

La actividad que desempeñan los diferentes grupos funcionales que componen la macrofauna del suelo, entre ellos los ingenieros del suelo, los detritívoros, los herbívoros y los depredadores, permite la regulación de los procesos edáficos y el funcionamiento y equilibrio del ecosistema.

Los ingenieros del suelo, que involucran grupos consumidores de materia orgánica como las lombrices (Haplotaxida) y las termitas (Isoptera), y los organismos omnívoros como las hormigas (Hymenoptera: *Formicidae*), tienen un impacto específico en el interior del suelo a partir de la transformación de sus propiedades físicas, que favorecen la formación de agregados y la estructura, el movimiento y la retención del agua, así como el intercambio gaseoso (Lavelle, 2000). Los detritívoros, tales como milpiés (Spirobolida, Polydesmida y otros), cochinillas (Isopoda) y caracoles (Archaeogastropoda) fundamentalmente, tienen una función a nivel de la superficie del suelo como organismos epigeos, ya que al alimentarse de la hojarasca ayudan en su fragmentación e inician el proceso de descomposición, aumentando la superficie de exposición para el ataque de la microflora.

Los herbívoros incluyen algunas familias de coleópteros (Coleoptera), hemípteros (Hemiptera) y otros órdenes de insectos, y los depredadores primordialmente a los arácnidos (*Araneae*, Opiliones, Pseudoscorpionida) y ciempiés (Geophilomorpha, Scolopendromorpha), los cuales intervienen a otros niveles de la cadena trófica al consumir material vegetal y animal vivo, respectivamente, lo que origina la riqueza y calidad de estos materiales en el suelo (Lavelle, 1997). De acuerdo con lo planteado por Zerbino *et al.* (2008), las interacciones entre todos los grupos funcionales están determinadas por los recursos disponibles en los distintos usos de la tierra.

En un gradiente desde ecosistemas seminaturales hasta agroecosistemas existen características peculiares en el medio edáfico, incluyendo su biota asociada. En los ecosistemas del trópico húmedo tales como bosques, sistemas agroforestales, pastizales y policultivos,

### Introduction

The activity of the different functional groups included in the soil macrofauna, among them soil engineers, detritivores, herbivores and predators, allows the regulation of edaphic processes and the functioning and balance of the ecosystem.

Soil engineers, which involve groups that consume organic matter, such as worms (Haplotaxida) and termites (Isoptera), and omnivore organisms, such as ants (Hymenoptera: *Formicidae*), have a specific impact on the soil interior from the transformation of its physical properties, which favor aggregate formation and the structure, movement and retention of water, as well as gaseous exchange (Lavelle, 2000). Detritivores, such as millipedes (Spirobolida, Polydesmida and others), woodlice (Isopoda) and snails (Archaeogastropoda) mainly, have a function at the soil surface level as epigeal organisms, because as they feed on litter, they aid its fragmentation and start the decomposition process, increasing the exposure surface for the microflora attack.

Herbivores include some coleopteran families (Coleoptera), hemipterans (Hemiptera) and other insect orders, and predators primarily include arachnids (*Araneae*, *Opiliones*, Pseudoscorpionida) and centipedes (Geophilomorpha, Scolopendromorpha), which intervene at other levels of the trophic chain by consuming plant material and live animals, respectively, which gives origin to the richness and quality of these materials in the soil (Lavelle, 1997). According to the statements made by Zerbino *et al.* (2008), the interactions among all functional groups are determined by the available resources in the different land uses.

In a gradient from seminatural ecosystems to agroecosystems there are peculiar characteristics in the edaphic environment, including its associated biota. In the humid tropic ecosystems such as forests, agroforestry systems, pasturelands and polycultures, many authors have detected the dominance in terms of density of detritivore arthropods and engineer groups of the ecosystem; while among engineers endogenous earthworms have constituted the major

numerosos autores han detectado la dominancia en términos de densidad de los artrópodos detritívoros y los grupos ingenieros del ecosistema; mientras que dentro de los ingenieros, las lombrices de tierra endógeas han constituido el mayor componente en biomasa (Barros *et al.*, 2002; Huerta-Lwanga *et al.*, 2008). Granados y Barrera (2007) plantearon que los primeros colonizadores de la macrofauna edáfica son aquellos capaces de explotar el contenido de materia orgánica en los sistemas con un aporte continuo y abundante de esta, seguidos por los depredadores que se alimentan de los grupos favorecidos y, por último, van apareciendo grupos omnívoros y herbívoros. En el caso de los sistemas herbáceos, con influencia casi total de gramíneas y donde hay gran cantidad de fitomasa aérea y subterránea, los mayores componentes de la macrofauna han sido los herbívoros; también han estado favorecidas las lombrices y las termitas, estimuladas por la mineralización del carbono a partir de los exudados radicales (Laossi *et al.*, 2008).

En Cuba aún son insuficientes los estudios que han hecho énfasis en la separación de los grupos funcionales de la macrofauna edáfica para el análisis de su función en los ecosistemas. En este sentido se pueden mencionar algunos trabajos desarrollados específicamente con las comunidades de lombrices de tierra (Rodríguez, 2000; Martínez, 2002), aunque existen estudios de la macrofauna que han tenido en cuenta la caracterización de su composición funcional y trófica en sistemas agroecológicos en el país (Cabrera *et al.*, 2007).

Este estudio tuvo como objetivo el análisis de la composición funcional de la macrofauna del suelo en cuatro usos de la tierra, cuyos sistemas de estudio se localizaron en las provincias Artemisa y Mayabeque.

### **Materiales y Métodos**

#### *Descripción de los usos de la tierra estudiados*

Se estudió un gradiente de uso de la tierra que involucró cuatro usos: bosques secundarios, pastizales, áreas de cultivos varios destinadas a

componente en biomasa (Barros *et al.*, 2002; Huerta-Lwanga *et al.*, 2008). Granados and Barrera (2007) stated that the first colonizers of the edaphic macrofauna are those capable of utilizing the organic matter content in the systems with a continuous and abundant contribution of it, followed by predators that feed from the favored groups and finally omnivore and herbivore groups appear. In the case of herbaceous systems, with almost total influence of grasses and where there is a large amount of aerial and underground phytomass, the major macrofauna components have been herbivores; earthworms and termites have also been favored, stimulated by carbon mineralization from root exudates (Laossi *et al.*, 2008).

In Cuba the studies stressing the separation of functional groups of the edaphic macrofauna for the analysis of their function in ecosystems are still insufficient. In this sense some works can be mentioned specifically conducted with the earthworm communities (Rodríguez, 2000; Martínez, 2002), although there are macrofauna studies which have taken into consideration the characterization of its functional and trophic composition in agroecological systems in the country (Cabrera *et al.*, 2007).

The objective of this study was to analyze the functional composition of soil macrofauna in four land uses, which study systems were located in the Artemisa and Mayabeque provinces.

### **Materials and Methods**

#### *Description of the studied land uses*

A land use gradient was studied involving four uses: secondary forests, pasturelands, varied crop areas destined to potato production and sugarcane plantations. These uses were chosen within the Red Plain of the former Havana province, currently located between the Artemisa and Mayabeque provinces. The soil type in all the uses was Ferralitic Red, according to the classification made by Hernández *et al.* (1999).

Within the use secondary forests, the work was done in three areas located in the localities Managua, Nazareno (San José de las Lajas

la producción de papa y cañaverales. Estos usos se escogieron dentro de la Llanura Roja de la antigua provincia La Habana, actualmente localizada entre las provincias Artemisa y Mayabeque. El tipo de suelo en todos los usos fue Ferralítico Rojo, según la clasificación de Hernández *et al.* (1999).

Dentro del uso bosques secundarios, se trabajaron tres áreas ubicadas en las localidades de Managua, Nazareno (municipio San José de las Lajas) y Aguacate (municipio Madruga) de la provincia Mayabeque. Estas áreas tuvieron diferentes niveles de regeneración/antropización, edades de 40 a 120 años y extensiones entre dos y cinco hectáreas. Presentaron vegetación del tipo semidecídua, donde dominaron en el estrato arbóreo especies frutales y maderables, entre ellas: mamey colorado (*Pouteria sapota* H.E. Moore & Stearn), mango (*Mangifera indica* L.), caimito (*Chrysophyllum cainito* L.), framboyán rojo (*Delonix regia* (Boj. ex Hooker) Raf.), palma real (*Roystonea regia* (Kunth) O.F. Cook), baría (*Cordia gerascanthus* L.), ocuje (*Calophyllum inophyllum* L.), yamagua (*Guarea guidonia* (L.) Sleumer), teca (*Tectona grandis* L. fil.), caoba de Cuba (*Swietenia mahagoni* (L.) Jacq.), cedro (*Cedrela odorata* L.), pino (*Pinus* sp.) y majagua (*Talipariti elatum* (L.) Fryxell).

Para el uso pastizales se escogieron dos áreas de trabajo en el municipio San José de las Lajas de la provincia Mayabeque, con una extensión máxima de 12 ha. Son pastizales naturalizados con más de 25 años de explotación y las especies de pastos principales eran: hierba de guinea (*Panicum maximum* Jacq.) y pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst), que presentaban una cobertura entre 80 y 90%. En ellos pastoreaba ganado vacuno de las razas Holstein y Siboney, y el manejo era principalmente rotacional racional intensivo con carga animal media de 2,8 UGM ha<sup>-1</sup>.

En el caso de los cultivos varios, cuyo cultivo principal fue la papa (*Solanum tuberosum* L.), se seleccionaron tres áreas en los municipios Güira de Melena (provincia Artemisa), Batabanó y Güines, pertenecientes a Mayabeque.

municipality) and Aguacate (Madruga municipality) of the Mayabeque province. These areas had different regeneration/anthropization levels, were from 40 to 120 years old and had extensions between two and five hectares. They showed semideciduous vegetation, with predominance in the tree stratum of fruit and timber species, among them: sapote (*Pouteria sapota* H.E. Moore & Stearn), mango (*Mangifera indica* L.), star apple (*Chrysophyllum cainito* L.), red flamboyant (*Delonix regia* (Boj. Ex Hooker) Raf.), royal palm (*Roystonea regia* (Kunth) O.F. Cook), baría (*Cordia gerascanthus* L.), ocuje (*Calophyllum inophyllum* L.), yamagua (*Guarea guidonia* (L.) Sleumer), teak (*Tectona grandis* L. fil.), Cuban mahogany (*Swietenia mahagoni* (L.) Jacq.), cedar (*Cedrela odorata* L.), pine (*Pinus* sp.) and Blue Mahoe (*Talipariti elatum* (L.) Fryxell).

For the use pasturelands two areas were chosen in the San José de las Lajas municipality of the Mayabeque province, with a maximum extension of 12 ha. They are naturalized pastures with more than 12 years of exploitation and the principal pasture species were: Guinea grass (*Panicum maximum* Jacq.) and star grass (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst), which showed a cover between 80 and 90%. On them cattle of the Holstein and Siboney breeds grazed, and the management was mainly intensive rotational with mean stocking rate of 2,8 animals ha<sup>-1</sup>.

In the case of varied crops, which main crop was potato (*Solanum tuberosum* L.), three areas were selected in the municipalities Güira de Melena (Artemisa province), Batabanó and Güines, belonging to Mayabeque. The selected sites had extensions between 20 and 50 ha and the main crop was in constant rotation with sweet potato (*Ipomoea batata* (L.) Lam.), taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott), beans (*Phaseolus vulgaris* L.), corn (*Zea mays* L.), squash (*Cucurbita moschata* (Duch. ex Lam.) Duch. ex Poir) and cassava (*Manihot esculenta* (L.) Crantz). Among the weeds in the areas the following stood out: *Sorghum halepense* (L.)

Los sitios seleccionados tenían extensiones entre 20 y 50 ha y el cultivo principal se encontraba en constante rotación con boniato (*Ipomoea batata* (L.) Lam.), malanga (*Colocasia esculenta* (L.) Schott), frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), maíz (*Zea mays* L.), calabaza (*Cucurbita moschata* (Duch. ex Lam.) Duch. ex Poir) y yuca (*Manihot esculenta* (L.) Crantz). Entre la vegetación indeseable en las áreas se destacaron: don carlos (*Sorghum halepense* (L.) Pers.), cebolleta (*Cyperus rotundus* L.), bledo (*Amaranthus hybridus* L.) y romerillo (*Bidens pilosa* L.). Son áreas dedicadas a la agricultura por más de 10 años, fundamentalmente con labranza tradicional y riego eléctrico por aspersión. La aplicación de NPK en estos sistemas fue de 1 490 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> y la de urea osciló entre 224 y 298 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>.

Para el uso cañaverales, los tres sitios escogidos con caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) se ubicaron en los municipios Güira de Melena (provincia Artemisa), San Nicolás de Bari y Madruga pertenecientes a Mayabeque, ocupados por las variedades CP 52-43 y C 86-12, C 323-68 y C 86-56, respectivamente. Cada área de caña de azúcar estudiada tiene más de 20 años de explotación y una extensión de alrededor de 15 ha. Las plantas arvenses fundamentales en los sistemas fueron don carlos, cebolleta, sancaraña (*Rottboellia cochinchinensis* L.F.) y pata de gallina (*Eleusine indica* (L.) Gaertn). Poseen sistemas con riego por gravedad y sistema eléctrico de enrolladores; la fertilización química fue de: 50-60 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> de urea, 20-83 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O y 25 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

#### *Muestreo y procesamiento de la macrofauna edáfica*

El muestreo se hizo al final del período lluvioso del año 2009, en el mes de octubre. Este es el momento descrito como idóneo para la recolección, debido a la mayor actividad de la macrofauna. En las diferentes áreas de uso de la tierra, la recolección de la macrofauna se realizó según la Metodología del Programa Internacional "Biología y Fertilidad del Suelo Tropical" o TSBF

Pers., *Cyperus rotundus* L., *Amaranthus hybridus* L. and *Bidens pilosa* L. They are areas dedicated to agriculture for more than 10 years, mainly with traditional tillage and electrical spray irrigation. The NPK application in these systems was 1 490 kg ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>.

For the sugarcane plantation use, the three chosen sites with sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) were located in the municipalities (Güira de Melena (Artemisa province), San Nicolás de Bari and Madruga, belonging to Mayabeque, occupied by the varieties CP 52-43 and C 86-12, C 323-68 and C 86-56, respectively. Each studied sugarcane area has more than 20 years of exploitation and an extension of around 15 ha. The main weeds in the systems were *S. halepense*, *C. rotundus*, *Rottboellia cochinchinensis* L.F. and *Eleusine indica* (L.) Gaertn. They have gravity irrigation systems and electrical coil system; the chemical fertilization was: 50-60 kg ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup> of urea, 20-83 kg ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup> of K<sub>2</sub>O and 25 kg ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup> of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

#### *Sampling and processing of the edaphic macrofauna*

The sampling was made at the end of the rainy season, 2009, in October. This is the moment described as suitable for the collection, due to the highest activity of the macrofauna. In the different areas of land use, the macrofauna collection was performed according to the Methodology of the International Program "Tropical Soil Biology and Fertility" or TSBF (Anderson and Ingram, 1993; Lavelle *et al.*, 2003). In each area or replication of land use eight 25 x 25-cm soil monoliths were extracted, up to 30 cm of depth, at a distance of 20 m from each other. The sampling responded to a completely randomized design, where the macrofauna was manually collected *in situ*.

From the functional point of view the macrofauna was clustered into four main groups: soil engineers, detritivores, herbivores and predators, according to Lavelle (1997) and Zerbino *et al.* (2008). The analysis was made of only these four functional groups, because they

(Anderson e Ingram, 1993; Lavelle *et al.*, 2003). En cada área o réplica de uso de la tierra se extrajeron ocho monolitos de suelo de 25 x 25 cm, hasta 30 cm de profundidad, distanciados entre sí a 20 m. El muestreo respondió a un diseño completamente aleatorizado, donde la macrofauna se recolectó manualmente *in situ*.

Desde el punto de vista funcional la macrofauna fue agrupada en cuatro gremios fundamentales: ingenieros del suelo, detritívoros, herbívoros y depredadores, de acuerdo con Lavelle (1997) y Zerbino *et al.* (2008). Se realizó el análisis solamente de estos cuatro grupos funcionales, ya que tienen definida su función en el ecosistema y el efecto que causan sobre la transformación de las propiedades del suelo. La identificación taxonómica se realizó a nivel de orden y familia, y solo un orden fue identificado hasta subfamilia para definir el grupo funcional (Brinkhurst y Jamieson, 1971; Borror *et al.*, 1976; Sims, 1980; Pérez-Asso, 1995, 1996, 1998; Brusca y Brusca, 2003). Se determinó la densidad en función del número de individuos y la biomasa a partir del peso húmedo en la solución preservante, de los diferentes grupos funcionales para cada uso de la tierra.

Con el propósito de determinar las variaciones de la densidad y la biomasa para cada uno de los grupos funcionales, entre usos, se empleó el análisis no paramétrico de Kruskal-Wallis y como prueba *a posteriori* para la comparación de medias, se utilizó la U de Mann-Whitney con ajuste de Bonferroni. El procesamiento estadístico se realizó a través del programa PAST-1.75, 2001.

### Resultados y Discusión

La macrofauna pudo ser asociada a los grupos funcionales de ingenieros del suelo, detritívoros, herbívoros y depredadores, los cuales estuvieron siempre presentes en todos los usos de la tierra. Dentro de los detritívoros, los órdenes de la macrofauna comúnmente encontrados en la mayoría de los usos fueron Blattodea, Isopoda, Polydesmida, Polyxenida y Spirobolida, y de Coleoptera solo la familia *Tenebrionidae*. En el caso de los herbívoros, se observaron en

have a defined function in the ecosystem and the effect they cause on the transformation of soil properties. The taxonomic identification was made at order and family level, and only one order was identified to the subfamily level to define the functional group (Brinkhurst and Jamieson, 1971; Borror *et al.*, 1976; Sims, 1980; Pérez-Asso, 1995, 1996, 1998; Brusca and Brusca, 2003). The density regarding the number of individuals and the biomass from the humid weight in preserving solution, of the different functional groups for each land use, was determined.

In order to determine the density and biomass variations for each of the functional groups, among uses, the non parametric Kruskal-Wallis analysis was used and as *a posteriori* test for the mean comparison, the Mann-Whitney U test with Bonferroni adjustment was used. The statistical processing was made through the program PAST-1.75, 2001.

### Results and Discussion

The macrofauna could be associated to the functional groups of soil engineers, detritivores, herbivores and predators, which were always present in all the land uses. Among detritivores, the macrofauna orders, commonly found in most uses were Blattodea, Isopoda, Polydesmida, Polyxenida and Spirobolida, and from Coleoptera only the *Tenebrionidae* family. In the case of herbivores, in all uses the coleopteran larvae from the *Scarabaeidae* and *Elateridae* (*Elaterinae*) families were observed, which feeding habits respond to root herbivory, and from the order Hemiptera, included as leaf herbivores (they affect the foliage but can be found on the soil). For predators, the coinciding taxonomic units were *Araneae*, *Scolopendromorpha* and *Coleoptera* adults of the *Carabidae* and *Staphylinidae* (*Staphylininae*) families (table 1).

Regarding density, in the secondary forests detritivores prevailed (701 ind.m<sup>-2</sup>), followed in lesser quantity by engineers (320 ind.m<sup>-2</sup>), predators (96 ind.m<sup>-2</sup>) and, lastly, herbivores (38 ind.m<sup>-2</sup>). In the pasturelands and varied crops there was predominance of soil engineers

todos los usos las larvas de coleópteros pertenecientes a las familias *Scarabaeidae* y *Elateridae* (*Elaterinae*), cuyos hábitos alimentarios responden a la herbivoría de raíces, y al orden Hemiptera que se incluye como herbívoros foliares (afectan el follaje pero se pueden encontrar en el suelo). Para los depredadores, las unidades taxonómicas coincidentes fueron *Araneae*, *Scolopendromorpha* y adultos de Coleoptera de las familias *Carabidae* y *Staphylinidae* (*Staphylininae*) (tabla 1).

En cuanto a la densidad, en los bosques secundarios prevalecieron los detritívoros (701 ind.m<sup>-2</sup>) seguidos en una menor cantidad por los ingenieros (320 ind.m<sup>-2</sup>), los depredadores (96 ind.m<sup>-2</sup>) y, por último, los herbívoros (38 ind.m<sup>-2</sup>). En los pastizales y los cultivos varios dominaron los ingenieros del suelo (386 y 179 ind.m<sup>-2</sup>, respectivamente) seguidos de los herbívoros (116 y 36 ind.m<sup>-2</sup>), y con menor densidad se encontraron los detritívoros (51 y 28 ind.m<sup>-2</sup>) y los depredadores (25 y 18 ind.m<sup>-2</sup>). Respecto a esta misma variable, en los cañaverales también se ubicaron en primer lugar los ingenieros del suelo (124 ind.m<sup>-2</sup>) y posteriormente, casi a un mismo nivel, los detritívoros (69 ind.m<sup>-2</sup>) y los depredadores (63 ind.m<sup>-2</sup>); los menos representados en este uso fueron los herbívoros (19 ind.m<sup>-2</sup>) (fig.1).

En el caso de la biomasa, los bosques secundarios respondieron al mismo patrón de la densidad, con el orden decreciente de detritívoros (33 gm<sup>-2</sup>) - ingenieros (27 gm<sup>-2</sup>) - depredadores (2,8 gm<sup>-2</sup>) - herbívoros (2,1 gm<sup>-2</sup>). En los pastizales se hallaron como dominantes los herbívoros (4,6 gm<sup>-2</sup>) y a continuación los detritívoros (2 gm<sup>-2</sup>), ingenieros (1,2 gm<sup>-2</sup>) y depredadores (0,2 gm<sup>-2</sup>). En los cultivos varios predominaron casi al unísono herbívoros (3,4 gm<sup>-2</sup>) e ingenieros (3,0 gm<sup>-2</sup>), y con biomasa muy baja siguieron los detritívoros (1,1 gm<sup>-2</sup>) y los depredadores (0,1 gm<sup>-2</sup>). En los cañaverales se destacaron los detritívoros (5,6 gm<sup>-2</sup>), y el resto de los grupos funcionales estuvieron pobremente representados en biomasa en este uso (herbívoros: 0,7 gm<sup>-2</sup>, depredadores: 0,6 gm<sup>-2</sup>, ingenieros: 0,1 gm<sup>-2</sup>) (fig.1).

(386 and 179 ind.m<sup>-2</sup>, respectively) followed by herbívoros (116 and 36 ind.m<sup>-2</sup>), and with lower density detritívoros (51 and 28 ind.m<sup>-2</sup>), and predators (25 and 18 ind.m<sup>-2</sup>) were found. Regarding this variable, in sugarcane plantations, the first position was for soil engineers too (124 ind.m<sup>-2</sup>) and after them, almost at the same level, detritívoros (69 ind.m<sup>-2</sup>), and predators (62 ind.m<sup>-2</sup>); the least represented in this use were herbívoros (19 ind.m<sup>-2</sup>) (Fig. 1).

Regarding biomass, the secondary forests responded to the same pattern as density, with the decreasing order of detritívoros (33 gm<sup>-2</sup>) - engineers (27 gm<sup>-2</sup>) - predators (2,8 gm<sup>-2</sup>) - herbívoros (2,1 gm<sup>-2</sup>). In pasturelands herbívoros prevailed (4,6 gm<sup>-2</sup>), and then detritívoros (2 gm<sup>-2</sup>), engineers (1,2 gm<sup>-2</sup>) and predators (0,2 gm<sup>-2</sup>). In varied crops herbívoros (3,4 gm<sup>-2</sup>) and engineers (3,0 gm<sup>-2</sup>), prevailed, and with very low biomass detritívoros (1,1 gm<sup>-2</sup>), and predators (0,1 gm<sup>-2</sup>) followed. In the sugarcane plantations detritívoros (5,6 gm<sup>-2</sup>) stood out, and the other functional groups were poorly represented regarding biomass in this use (herbívoros: 0,7 gm<sup>-2</sup>, predators: 0,6 gm<sup>-2</sup>, engineers: 0,1 gm<sup>-2</sup>). (Fig. 1)

Significant differences were obtained among uses for the different functional groups, in density as well as biomass ( $p < 0,05$ ), except in herbívoros regarding biomass ( $p > 0,05$ ).

Soil engineers in secondary forests and in general in all uses, as compared to density, had a strong influence of termites or ants, and in biomass, earthworms stood out. Luizão (1995) and Barros *et al.* (2002) also found higher density of these social insects among all the edaphic fauna in forests, pasturelands and crop systems of the Brazilian Amazonia, and Linares *et al.* (2009) detected soil engineers, including earthworms, as the most abundant in the forests and agroforestry systems of Peru.

Particularly, the behavior of earthworms indicated the level of anthropic intervention due to land use intensity and the degree of disturbance of the edaphic environment, as it was also found by diverse authors when evaluating the change of these communities before the impact of

Tabla 1. Composición funcional de la macrofauna del suelo en cada uso de la tierra.  
Table 1. Functional composition of the soil macrofauna in each land use.

Grupo funcional	Orden-Familia-Subfamilia*	Bosques secundarios	Pastizales	Cultivos varios	Cañaverales
Ingenieros del suelo	Haplotaxida				
	<i>Glossoscolecidae</i>	x	x		
	<i>Megascolecidae</i>		x	x	x
	-	x			
	Hymenoptera				
<i>Formicidae</i>	x	x	x	x	
Isoptera	<i>Termitidae</i>	x	x		
	Archeogastropoda				
Detritívoros	<i>Bradybaenidae</i>	x			
	<i>Camaenidae</i>	x			
	<i>Helicinidae</i>	x			
	<i>Polygyridae</i>			x	
	<i>Sagdidae</i>	x			
	<i>Subulinidae</i>	x	x		
	<i>Urocoptidae</i>	x			
	<i>Veronicellidae</i>	x	x		
	Blattodea	x	x	x	x
	-				
	Coleoptera				
	<i>Nitidulidae</i>	x		x	
	<i>Staphylinidae</i>	x	x		
<i>Osoriinae*</i>					
<i>Tenebrionidae</i>	x		x	x	
Dermaptera					
<i>Carcinophoridae</i>	x		x		
Diptera	x			x	
-					
Isopoda					
<i>Armadillidae</i>	x	x		x	
<i>Platyarthridae</i>	x	x			
<i>Trachelipidae</i>		x		x	
Polydesmida					
<i>Paradoxosomatidae</i>	x	x	x		
<i>Sphaerodesmidae</i>	x				
Polyxenida	x	x		x	
-					
Spirobolida					
<i>Rhynocricidae</i>	x				
<i>Spirobolellidae</i>	x				
<i>Trigoniulidae</i>	x	x		x	
Stemmiulida					
<i>Stemmiulidae</i>	x				
Herbívoros	Coleoptera				
	<i>Attelabidae</i>			x	
	<i>Cerambycidae</i>			x	
	<i>Chrysomelidae</i>			x	
	<i>Curculionidae</i>	x		x	x



Tabla 1. Continuación.  
Table 1. Continuation.

Grupo funcional	Orden-Familia-Subfamilia*	Bosques secundarios	Pastizales	Cultivos varios	Cañaverales
	<i>Elateridae</i>				
	<i>Elaterinae</i> *	x	x	x	x
	<i>Scarabaeidae</i>	x	x	x	x
	Hemiptera	x	x	x	x
	-				
	Lepidoptera			x	x
	-				
	Orthoptera	x		x	
	-				
Depredadores	Araneae	x	x	x	x
	-				
	Opiliones				
	<i>Cosmetidae</i>	x			
	-	x			
	Pseudoscorpionida				
	<i>Bochicidae</i>		x		
	-				x
	Archeogastropoda				
	<i>Oleacinidae</i>	x			
	Coleoptera				
	<i>Carabidae</i>	x	x	x	x
	<i>Elateridae</i>				
	<i>Pyrophorinae</i> *	x			x
	<i>Staphylinidae</i>				
	<i>Staphylininae</i> *		x	x	x
	<i>Aleocharinae</i> *		x		
	Geophilomorpha				
	<i>Ballophilidae</i>	x			
	<i>Geophilidae</i>				x
	Lithobiomorpha				
	-			x	
	Scolopendromorpha				
	<i>Scolopocryptopidae</i>	x	x		
	<i>Scolopendridae</i>				x

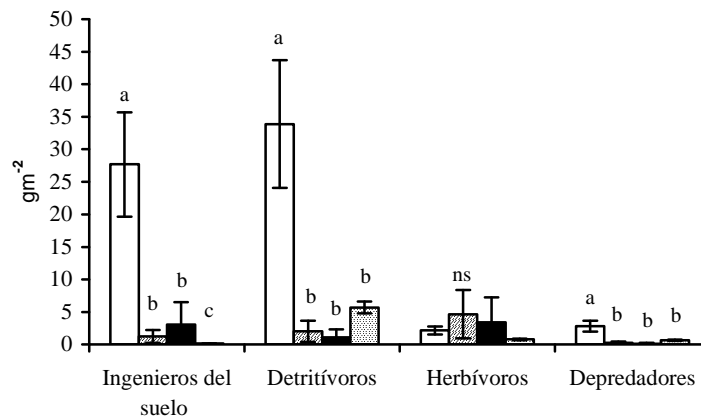
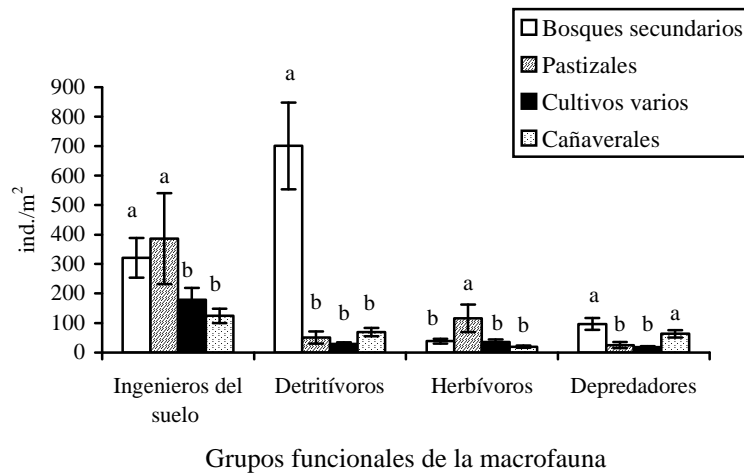
(-) no determinado, (x) indica presencia

Se obtuvieron diferencias significativas entre los usos para los diferentes grupos funcionales, tanto en densidad como en biomasa ( $p < 0,05$ ), excepto en los herbívoros respecto a la biomasa ( $p > 0,05$ ).

Los ingenieros del suelo en los bosques secundarios y en general en todos los usos, respecto a la densidad, tuvieron una fuerte influencia de termitas u hormigas, y en la biomasa se destacaron las lombrices de tierra. Luizão (1995) y Barros *et al.* (2002) también encontraron mayor

different land uses and due to the effect of different land management types in the tropics (Rodríguez, 2000; Feijoo *et al.*, 2007).

Forests showed the highest density values (103 ind.  $m^{-2}$ ) and biomass (27  $gm^{-2}$ ) of earthworms, in spite of being of secondary formation, but with higher stability as they did not have continuous tillage activities or grazing, as compared to the other uses. Pasturelands followed regarding density (31 ind. $m^{-2}$ ), characterized by a moderate intervention degree



Medias con letras distintas, entre columnas para un mismo grupo funcional, indican diferencias significativas a  $p < 0,05$ . Las barras verticales indican el error estándar.

Fig. 1. Densidad y biomasa promedio de los grupos funcionales de la macrofauna del suelo en cada uso de la tierra.

Fig. 1. Average density and biomass of the functional groups of soil macrofauna in each land use.

densidad de estos insectos sociales entre toda la fauna edáfica en los bosques, los pastizales y los sistemas de cultivos de la Amazonía brasileña, y Linares *et al.* (2009) detectaron a los ingenieros del suelo, incluyendo las lombrices de tierra, como los más abundantes en los bosques y los sistemas agroforestales de Perú.

En particular, el comportamiento de las lombrices de tierra indicó el nivel de intervención antrópica por la intensidad de uso de la tierra y el grado de perturbación del medio edáfico, como también fue hallado por diversos autores al

only due to the grazing activity, and finally varied crops ( $21 \text{ ind.m}^{-2}$ ) and sugarcane plantations ( $1,33 \text{ ind.m}^{-2}$ ), which have a higher disturbance level due to the repeated practice of agricultural yields and lower shade because of the absence of the tree stratum; this is also characteristic in the use pasturelands, which causes severe damage in earthworm populations. However, varied crops had slightly higher biomass values ( $2,93 \text{ gm}^{-2}$ ) than pasturelands ( $0,88 \text{ gm}^{-2}$ ) and sugarcane plantations ( $0,012 \text{ gm}^{-2}$ ), which could have been beans, which benefits the edaphic

evaluar el cambio de estas comunidades ante el impacto de diferentes usos de la tierra y por el efecto de distintos manejos del terreno en el trópico (Rodríguez, 2000; Feijoo *et al.*, 2007).

Los bosques presentaron los mayores valores de densidad ( $103 \text{ ind.m}^{-2}$ ) y biomasa ( $27 \text{ gm}^{-2}$ ) de lombrices de tierra, a pesar de ser de formación secundaria pero con mayor estabilidad al no tener actividades de laboreo continuo ni pastoreo, con relación a los restantes usos. Le siguieron los pastizales en cuanto a la densidad ( $31 \text{ ind.m}^{-2}$ ), los cuales se caracterizan por un grado de intervención media por acción solo de la actividad de pastoreo, y por último los cultivos varios ( $21 \text{ ind.m}^{-2}$ ) y los cañaverales ( $1,33 \text{ ind.m}^{-2}$ ) que tienen un nivel superior de perturbación por la práctica reiterada de procedimientos agrícolas y menor sombra debido a la ausencia del estrato arbóreo; esto último también es característico en el uso de pastizales, lo que provoca severos daños en las poblaciones de lombrices. No obstante, los cultivos varios tuvieron valores de biomasa ligeramente más altos ( $2,93 \text{ gm}^{-2}$ ) que los pastizales ( $0,88 \text{ gm}^{-2}$ ) y los cañaverales ( $0,012 \text{ gm}^{-2}$ ), lo que pudo deberse a que en algunos de los sistemas de cultivos varios hubo mayor cobertura del suelo y riqueza de exudados radicales, como producto de la invasión de plantas arvenses y la presencia de cultivos de rotación como el frijol que beneficia el entorno edáfico por el aporte de nutrientes, todo lo cual pudo resultar en provecho de las lombrices de tierra.

La proporción de detritívoros dentro de la comunidad de la macrofauna, también puede indicar el estado de perturbación de un ecosistema. Los detritívoros en el presente estudio, como ya fue mencionado, tuvieron una mejor representación en densidad y biomasa en los bosques secundarios, y los más reducidos valores en los pastizales y los cultivos varios. En el uso cañaverales, en biomasa, los detritívoros constituyeron el grupo predominante en relación con los otros grupos funcionales, pero con valores muy bajos y similares a los de los pastizales y los cultivos varios.

Acerca de la afectación de la comunidad de detritívoros en los sistemas con diferente grado

environment because of nutrient contribution, all of which could have resulted in advantage for earthworms.

The detritivore proportion within the macrofauna community can also indicate the disturbance status of an ecosystem. Detritivores in this study, as mentioned above, had a better representation in density and biomass in secondary forests, and the lowest values in pasturelands and varied crops. In the use sugarcane plantations, in biomass, detritivores constituted the prevailing group as compared to the other functional groups, but with very low values similar to those of pasturelands and varied crops.

About the affectations of the detritivore community in systems with different disturbance degree, Rodríguez *et al.* (2002) reported that a definitive factor for its establishment is litter quality expressed by a low C/N ratio; on the other hand, Zerbino *et al.* (2008) stressed that detritivores as unprotected organisms on the soil surface, are drastically reduced due to sudden variations in its temperature and humidity conditions because of the lower cover and residue quantity, and a higher exposure to solar radiations in those altered ecosystems. These characteristics prevailed in the uses of this study which had less shade and a deeper and more constant soil management; hence a reduced community of detritivores was shown as compared to secondary forests, mainly by pasturelands and varied crops.

On the other hand, Barraqueta (2001) and Linares *et al.* (2009) asserted that the transformations in the soil environmental conditions caused by agricultural activity and the subsequent mechanical destruction of microhabitats, have negative repercussion on the main groups which decompose organic matter, such as millipedes, woodlice and snails. They also expressed that the application of less strong treatments which allow conservation, to a higher or lesser extent, of the old litter layer and soil structure, would permit a fundamental protection of these fauna communities and their function.

Herbivores not only had a strong constitution in density and biomass in the uses pasturelands

de perturbación, Rodríguez *et al.* (2002) informaron que un factor definitivo para su establecimiento es la calidad de la hojarasca expresada por una baja relación C/N; en cambio, Zerbino *et al.* (2008) enfatizaron que los detritívoros, como organismos desprotegidos en la superficie del suelo, se reducen drásticamente por las variaciones bruscas en las condiciones de temperatura y humedad de este debido a la menor cobertura y cantidad de residuos, y a una mayor exposición a la radiación solar en aquellos ecosistemas alterados. Estas características imperaron en los usos de este estudio que tenían menos sombra y un manejo más profundo y constante del suelo; de ahí que hayan manifestado una comunidad reducida de detritívoros respecto a los bosques secundarios, principalmente los pastizales y los cultivos varios.

Por su parte, Barraqueta (2001) y Linares *et al.* (2009) afirmaron que las transformaciones en las condiciones ambientales del suelo originadas por la actividad agrícola y la consecuente destrucción mecánica de los microhábitats, tienen una repercusión negativa sobre los principales grupos descomponedores de la materia orgánica, como los milpiés, cochinillas y caracoles. También expresaron que la aplicación de tratamientos menos fuertes que permitieran una conservación, en mayor o menor medida, de la vieja capa de hojarasca y de la estructura del suelo, posibilitaría una protección fundamental de estas comunidades faunísticas y de su función.

Los herbívoros no solo tuvieron una fuerte constitución en densidad y biomasa en los usos pastizales y cultivos varios; también en este último estuvieron representados por algunas familias del orden Coleoptera consideradas plagas y que son frecuentes en los cultivos agrícolas (por ejemplo: *Attelabidae* y *Chrysomelidae*, tabla 1).

Es válido referir que en el estudio en general, el orden Coleoptera fue el de mayor variedad de grupos funcionales (familias detritívoras, herbívoras y depredadoras), con incidencia tanto de larvas como de adultos. Villalobos *et al.* (2000) señalaron que cada estado del desarrollo (larva o adulto) en diferentes organismos del suelo, puede desempeñar un papel exclusivo en el

and varied crops; in the latter they were also represented by some families of the order Coleoptera considered pests and which are frequent in agricultural crops (for example: *Attelabidae* and *Chrysomelidae*, table 1).

In general, in the study, the order Coleoptera had the highest variety of functional groups (detritivore, herbivore and predator families), with incidence of larvae as well as adults. Villalobos *et al.* (2000) stated that each development stage (larva or adult) in different soil organisms can play an exclusive role in the edaphic environment at a given moment. These authors also emphasized *Elateridae* and *Melolonthidae* as more common Coleoptera families and with presence of larvae and/or adults, in the edaphic profile. Other important families in the soil are *Curculionidae*, *Tenebrionidae*, *Nitidulidae*, *Carabidae* and *Staphylinidae* (Menendez, 2010). Coleopteran larvae, with their endogeous life habit, can act on the transformation of the soil physical properties, and adults mainly utilize the useful surface resources.

In this work, *Scarabaeidae* and *Elateridae* (*Elaterinae*) larvae, as root herbivores, could be benefitted due to the availability of the feeding resource, because of the higher root density, especially of grasses in pasturelands, and of crops and accompanying weeds in varied crop systems. According to Hernandez (1999), in savanna and pastureland ecosystems root development can exceed 80 % of the total plant weight, and this author mentions that large root amounts support the microorganisms and fauna of the edaphic community.

On the other hand, varied crop areas are subject to a rotation system, and according to Fraser (1994), the rotation of different crops in time diversifies the aerial plant biomass and produces modification in the edaphic environment due to the selectiveness in the nutrient absorption and contribution, because of root excretions and the entrance of detritus and roots in the environment, all of which contributes to the presence of diverse organisms, among them leaf herbivores.

ambiente edáfico en un momento dado. Estos autores destacaron además a *Elateridae* y *Melolonthidae* como familias más comunes de Coleoptera y con presencia de larvas y/o adultos, en el perfil edáfico. Otras familias importantes en el suelo son *Curculionidae*, *Tenebrionidae*, *Nitidulidae*, *Carabidae* y *Staphylinidae* (Menéndez, 2010). Las larvas de Coleoptera, con su hábito de vida endógeo, pueden actuar en la transformación de las propiedades físicas del suelo, y los adultos explotan principalmente los recursos útiles de la superficie.

En este trabajo, las larvas de *Scarabaeidae* y *Elateridae* (*Elaterinae*) como herbívoros de raíces, pudieron beneficiarse debido a la disponibilidad del recurso alimentario por la mayor densidad de raíces, sobre todo de las gramíneas en los pastizales, y de los cultivos y las plantas arvenses acompañantes en los sistemas de cultivos varios. Según Hernández (1999), en los ecosistemas de sabanas y pastizales el desarrollo radical puede exceder el 80% del peso total de la planta, y menciona que grandes cantidades de raíces sirven de soporte a los microorganismos y a la fauna de la comunidad edáfica.

Las áreas de cultivos varios, por su parte, están sometidas a un sistema de rotación, y de acuerdo con lo planteado por Fraser (1994), la rotación de diferentes cultivos en el tiempo diversifica la biomasa vegetal aérea y produce modificación en el ambiente edáfico por la selectividad en la absorción y el aporte de nutrientes, debido a las excreciones radiculares y la entrada de detritos y raíces en el medio, todo lo cual contribuye a la presencia de diversos organismos, entre ellos los herbívoros foliares.

En la mayor representación de depredadores (en densidad y biomasa) en los usos bosques secundarios y cañaverales, quizás influyó la mayor cantidad de detritívoros en estos usos, que pudieron servir de alimento a dicho grupo funcional. No obstante, Pontégnie *et al.* (2005) asociaron la presencia de determinados grupos depredadores, entre ellos *Araneae*, con factores abióticos como la temperatura y la

On the higher representation of predators (in density and biomass) in the uses secondary forests and sugarcane plantations, the higher quantity of detritívoros, which could have served as food for such functional group, is likely to have had influence. Nevertheless, Pontégnie *et al.* (2005) associated the presence of certain predator groups, including *Araneae*, to abiotic factors such as temperature and humidity and not to the availability of their preys. These authors also mentioned some orders moderately sensitive to disturbances in the edaphic environment, such as Geophilomorpha and Scolopendromorpha of the Chilopoda class. On the contrary, for the families *Carabidae* and *Staphylinidae* of the order Coleoptera, the importance of the available food amount in the selection of their habitats is mentioned, and they mainly consume eggs, larvae and adults of other small insects (Baloriani *et al.* 2009).

Previously Lee (1985) reported that intensive annual crop systems housed small populations of predators and afterwards Zerbino *et al.* (2008) found that predators showed higher richness and abundance in continuous crop systems, and *Araneae* is one of the main taxa; this coincides, partly with the results of this work, because this order appeared not only in sugarcane plantations and varied crops, it was also present in pasturelands and secondary forests. These last authors observed that the environments which were characterized by low organic matter contents, high phosphorus and clay values and electric conductivity, were positively correlated to this functional group.

In general, as stated by Zerbino *et al.* (2008), the differences in the proportion of functional groups of the macrofauna communities in different land uses, can be ascribable to the richness of plant species, the changes in soil properties and the management, which in turn determine the quantity and quality of resources and affect the interactions among groups.

### Conclusions

The functional groups of highest representativeness in density in all land uses were

humedad, y no con la disponibilidad de sus presas. Estos mismos autores también señalaron algunos órdenes medianamente sensibles a los disturbios en el medio edáfico, tales como Geophilomorpha y Scolopendromorpha de la clase Chilopoda. Por el contrario, para las familias *Carabidae* y *Staphylinidae* del orden Coleoptera, se menciona la importancia de la cantidad de alimento disponible en la selección de sus hábitats, y son consumidores principalmente de huevos, larvas y adultos de otros pequeños insectos (Baloriani *et al.*, 2009).

Anteriormente Lee (1985) informó que los sistemas de cultivos anuales intensivos alojaban menores poblaciones de depredadores, y con posterioridad Zerbino *et al.* (2008) encontraron que los depredadores presentaban una mayor riqueza y abundancia en los sistemas de cultivos continuos, y *Araneae* es uno de los taxones fundamentales; ello coincide, en parte, con los resultados del presente trabajo, ya que la aparición de este orden no solo fue en los cañaverales y cultivos varios, también estuvo presente en los pastizales y los bosques secundarios. Estos últimos autores constataron que los ambientes que se caracterizaron por bajos contenidos en materia orgánica, altos valores de fósforo y de arcilla y conductividad eléctrica, se correlacionaron positivamente con este grupo funcional.

De modo general, como aseguró Zerbino *et al.* (2008) las diferencias en la proporción de los grupos funcionales de las comunidades de la macrofauna en diferentes usos de la tierra, pueden ser atribuibles a la riqueza de las especies vegetales, a los cambios en las propiedades del suelo y al manejo, que a su vez determinan la cantidad y la calidad de los recursos y afectan las interacciones entre los grupos.

### Conclusiones

Los grupos funcionales de mayor representatividad en densidad en todos los usos de la tierra fueron los ingenieros del suelo y/o los detritívoros; posteriormente se ubicaron los herbívoros y los depredadores, excepto en los pastizales y los cultivos varios donde los herbívoros ocuparon el segundo lugar en importancia. En biomasa, igualmente los detritívoros y/o los

soil engineers and/or detritivores, followed by herbivores and predators, except in pasturelands and varied crops, where herbivores were second in importance. Regarding biomass, likewise, detritivores and/or herbivores prevailed in the studied uses; yet, in secondary forests this last group showed the lowest biomass. With very low biomass values engineers and predators prevailed, although engineers stood out as second group in secondary forests and varied crops because of the influence of earthworms. The proportion of the different functional groups of soil macrofauna varied regarding land use intensity, disturbance level of the edaphic environment and resource availability.

### Acknowledgements

The results were obtained within the framework of the Master of Soil Science of the Agricultural University of Havana, funded by the Research Project 08-22 "Causes of the degradation of Feralitic Red soil structure of the Red Plain of Havana", of the PRCT Protection of the Cuban Environment and Sustainable Development.

--End of the English version--

herbívoros fueron dominantes en los usos estudiados; no obstante, en los bosques secundarios este último grupo presentó la biomasa más baja. Con valores muy bajos de biomasa prevalecieron los ingenieros y los depredadores, aunque los ingenieros se destacaron como segundo grupo en los bosques secundarios y los cultivos varios por influencia de las lombrices de tierra. La proporción de los diferentes grupos funcionales de la macrofauna del suelo varió en función de la intensidad de uso de la tierra, el nivel de perturbación del medio edáfico y la disponibilidad de recursos.

### Agradecimientos

Los resultados se obtuvieron dentro del marco de la Maestría de la Ciencia del Suelo de la Universidad Agraria de La Habana, financiados por el Proyecto de Investigación 08-22 "Causas de la degradación de la estructura de los suelos

Ferralíticos Rojos de la Llanura Roja de La Habana”, del PRCT Protección del Medio Ambiente y el Desarrollo Sostenible Cubano.

### Referencias bibliográficas

- Anderson, J.M. & Ingram, J.S.I. 1993. Tropical soil biology and fertility. A handbook of methods. CAB International. Wallingford, UK. 221 p.
- Baloriani, G. *et al.* 2009. Abundancia y riqueza de la macrofauna edáfica (Coleoptera y Araneae) en invernáculos convencionales y en transición agroecológica. Arana. Argentina. *Revista Brasileña de Agroecología*. 4 (2):1733
- Barraqueta, P. 2001. La fauna del suelo: entre la repoblación forestal y la tala. En: Conservación, uso y gestión de los sistemas forestales. VI Jornada de Urdaibai sobre desarrollo sostenible (Coord. M.D. Salinas, M.C. de la Huerca y C. Giménez). Departamento de ordenación del territorio, vivienda y medio ambiente, Gobierno Vasco, España. p. 257
- Barros, E. *et al.* 2002. Effects of land-use system on the soil macrofauna in western Brazilian Amazonia. *Biology and Fertility of Soils*. 35 (5):338
- Borror, D. *et al.* 1976. An introduction to the study of Insects. Holt, Rinehart and Winston, Inc. New York. 852 p.
- Brinkhurst, R.O. & Jamieson, B.G.M. 1971. Aquatic Oligochaeta of the world. Oliver and Boyd. Edinburgh, Scotland. 860 p.
- Brusca, R. & Brusca, G. 2003. Invertebrates. Sinauer Associates. Sunderland, Massachusetts, USA. 936 p.
- Cabrera Dávila, G. *et al.* 2007. La macrofauna del suelo en sistemas agroecológicos en Cuba. *Brenesia*. 67:45
- 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 (2):235
- Fraser, B. 1994. The impact of soil and crop management practices on soil macrofauna. In: Soil biota. Management in sustainable farming systems (Eds. C.E. Pankhurst, B.M. Doube, V.V. Gupta y P. R. Grace). CSIRO. Melbourne, Australia. p. 125
- Granados, A. & Barrera, J.I. 2007. Efecto de la aplicación de biosólidos sobre el repoblamiento de la macrofauna edáfica en la cantera Soratama, Bogotá, DC. *Universitas Scientiarum, Revista de la Facultad de Ciencias*. Edición especial II. 12:73
- Hernández, A. *et al.* 1999. Nueva versión de la clasificación genética de los suelos de Cuba. Ministerio de la Agricultura. La Habana, Cuba. 26 p.
- Hernández, L. 1999. Fitomasa subterránea en un pastizal de *Paspalum notatum* en la Sierra del Rosario, Cuba. Tesis presentada en opción al título académico de Máster en Ecología y Sistemática Aplicada. Instituto de Ecología y Sistemática - Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. La Habana, Cuba. 81 p.
- Huerta-Lwanga, E. *et al.* 2008. Relación entre la fertilidad del suelo y su población de macroinvertebrados. *Terra Latinoamericana*. 26(2):171
- Laossi, K.R. *et al.* 2008. Effects of plant diversity on plant biomass production and soil macrofauna in Amazonian Pastures. *Pedobiología*. 51:397
- Lavelle, P. 1997. Faunal activities and soil processes: Adaptive strategies that determine ecosystem function. *Adv. Ecol. Res.* 24:93
- Lavelle, P. 2000. Ecological challenges for soil science. *Soil Sciences*. 165:73
- Lavelle, P. *et al.* 2003. Soil macrofauna. In: Trees, crops and soil fertility. Concepts and research methods. (Eds. G. Schroth & F.L. Sinclair). CABI Publishing. UK. p. 303
- Lee, K.E. 1985. Earthworms: their ecology and relationships with soil and land use. Academic Press. New York, USA. 411 p.
- Linares, D. *et al.* 2009. Macrofauna del suelo en diferentes sistemas de uso de la tierra en el Parque Nacional Tingo María, Huánuco, Perú. [http://www.iamazonica.org.br/conteudo/eventos/biodiversidadeSolo/pdf/resumos/Poster\\_DaliaL.pdf](http://www.iamazonica.org.br/conteudo/eventos/biodiversidadeSolo/pdf/resumos/Poster_DaliaL.pdf)
- Luizão, F.J. 1995. Ecological studies in contrasting forest types in Central Amazonia. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias. Universidad de Stirling. Reino Unido. 288 p.
- Martínez, M.A. 2002. Comunidades de oligoquetos (Annelida: Oligochaeta) en tres ecosistemas con diferente grado de perturbación en Cuba. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Biológicas. Instituto de Ecología y Sistemática-Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. La Habana, Cuba. 93 p.
- Menéndez Rivero, Y.I. 2010. Caracterización de la coleopterofauna edáfica en tres formaciones vegetales del área protegida de recursos manejados de Escaleras de Jaruco-Loma “El Cheche” (La Habana, Cuba). Tesis de Diploma. Facultad de Biología, Universidad de La Habana. La Habana, Cuba. 80 p.

- Pérez-Asso, A.R. 1995. A new milliped genus of the family *Chelodemidae* (Diplopoda: Polydesmida) from Cuba. *Insecta Mundi*. 9 (1-2):171
- Pérez-Asso, A.R. 1996. The genus *Nesobolus* (Diplopoda: Spirobolida: *Rhinocricidae*) in Cuba. *Insecta Mundi*. 10 (1-4):1
- Pérez-Asso, A.R. 1998. Revisión y nuevas especies del género *Spirobolellus* (Diplopoda: *Spirobolellidae*) en la Isla de Cuba. *Caribbean Journal of Science*. 34 (1-2):67
- Pontégnie, M. *et al.* 2005. Impacts of silvicultural practices on the structure of hemi-edaphic macrofauna community. *Pedobiología*. 45:199
- Rodríguez, C. 2000. Comunidades de lombrices de tierra en ecosistemas con diferente grado de perturbación. *Rev. Biología*. 14 (2):147
- Rodríguez, I. *et al.* 2002. Comportamiento de la macrofauna del suelo en pastizales con gramíneas naturales puras o intercaladas con leucaena para la ceba de toros. *Rev. cubana. Cienc. agríc.* 36(2):181
- Sims, R.W. 1980. A classification and the distribution of earthworms suborder Lumbricina (Haplotaxida: *Oligochaeta*). *Bull. Br. Mus. Nat. Hist. (Zool.)*. 39 (2):103
- Villalobos, F.J. *et al.* 2000. Patrones de la macrofauna edáfica en un cultivo de *Zea mais* durante la fase postcosecha en la Mancha, Veracruz, México. *Acta Zoológica Mexicana*. 80:167
- Zerbino, S. *et al.* 2008. Evaluación de la macrofauna del suelo en sistemas de producción en siembra directa y con pastoreo. *Agrociencia*. 12 (1):44

Recibido el 25 de noviembre del 2010

Aceptado el 7 de marzo del 2011