

Riqueza y abundancia de la macrofauna edáfica en cuatro usos de la tierra en las provincias de Artemisa y Mayabeque, Cuba

Richness and abundance of soil macrofauna in four land uses of the Artemisa and Mayabeque provinces, Cuba

Grisel Cabrera¹, Nayla Robaina² y D. Ponce de León³

¹ *Instituto de Ecología y Sistemática, CITMA, Carretera de Varona km 3½, Capdevila, Boyeros, C.P. 10800 Ciudad de La Habana, Cuba*

E-mail: grisel17@ecologia.cu

² *Estación Experimental de Plantas Medicinales, Güira de Melena, Artemisa, Cuba*

³ *Facultad de Agronomía, Universidad Agraria de La Habana, Mayabeque, Cuba*

Resumen

Se evaluó el efecto de la intensidad de uso de la tierra sobre la riqueza y abundancia de las comunidades de la macrofauna del suelo, en un gradiente desde bosques secundarios y pastizales hasta cultivos varios destinados a la producción de papa y cañaverales. El estudio se realizó al final del período lluvioso del año 2009, en el mes de octubre, en las provincias Artemisa y Mayabeque, donde están localizados los diferentes sistemas de uso de la tierra. La macrofauna edáfica fue recolectada según la metodología propuesta por el TSBF. Se evaluó la riqueza taxonómica, la densidad y la biomasa de la macrofauna del suelo, y en el análisis de los datos se usaron pruebas no paramétricas. Los mayores valores de riqueza, densidad y biomasa de la macrofauna se obtuvieron en los bosques secundarios, y los menores valores en los pastizales, los cultivos varios y los cañaverales. Haplotaxida, Formicidae, Isoptera, Coleoptera y Diplopoda fueron las unidades taxonómicas de la macrofauna, dominantes en densidad y en biomasa, en la mayoría de los usos de la tierra estudiados. Los resultados sobre la riqueza taxonómica, la densidad y la biomasa de la macrofauna del suelo indicaron el nivel de degradación del medio edáfico, debido a la intensidad de uso de la tierra.

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

Abstract

The study assessed the effect of the intensity of different land uses (secondary forests, pasturelands, fields with varied crop cultivation dedicated to potato production and sugarcane plantations) on the richness and abundance of soil macrofauna communities. The research was conducted in October, at the end of the rainy season, 2009, in the Artemisa and Mayabeque provinces where the different land use systems are located. The soil macrofauna was collected using the methodology proposed by the TSBF program. The taxonomic richness, density and biomass of soil macrofauna were evaluated and the data processing included nonparametric tests. The highest values of richness, density and biomass were obtained in the secondary forests and the lowest values in the pasturelands, varied crop cultivation and sugarcane plantations. Haplotaxida, Formicidae, Isoptera, Coleoptera and Diplopoda were the prevailing taxonomic units of the macrofauna regarding density and biomass in most of the land uses. The results about taxonomic richness, density and biomass of the edaphic macrofauna indicated the degree of soil degradation due to land use intensity.

Key words: Multiple land use, soil fauna

Introducción

Los macro-invertebrados edáficos (mayores de 2 mm de diámetro) actúan como agentes determinantes en la fertilidad del suelo y, por ende, en el funcionamiento global del sistema edáfico. Esta fauna puede ser afectada por diferentes usos y manejos de la tierra. Debido a su susceptibilidad y rápida respuesta ante los cambios en la cobertura, la transformación de la vegetación, el comportamiento ante distintas variables ambientales y la actividad ecológica que desempeñan, muchos autores proponen su uso como indicadores de calidad o alteración ambiental (Lavelle *et al.*, 2003).

En Cuba son pocas las investigaciones acerca de la macrofauna edáfica que involucran todos los grupos que la componen. Entre los primeros estudios en el país se pueden señalar los realizados sobre la macrofauna de la hojarasca en ecosistemas boscosos, especialmente de la Sierra del Rosario (González y López, 1987; Prieto y Rodríguez, 1996). Con posterioridad, la mayoría de los estudios ecológicos han abordado grupos específicos de la macrofauna, principalmente las lombrices de tierra y los diplópodos en ecosistemas naturales y/o perturbados, y el efecto que tales perturbaciones provocan en estas comunidades (Rodríguez, 2000; Prieto *et al.*, 2003).

Otros trabajos en el país han caracterizado la macrofauna del suelo en diferentes sistemas de uso de la tierra, con el objetivo de evaluar, a partir de las características de estas comunidades edáficas, el tipo de uso o formación vegetal, y el manejo de los suelos y de los cultivos (Rodríguez *et al.*, 2002; Sánchez y Reyes, 2003; Cabrera-Dávila *et al.*, 2007; Serrano, 2010). No obstante, se reconoce la necesidad de profundizar e incrementar las investigaciones en tal sentido. Los futuros estudios deben identificar índices, o específicamente taxones, que puedan ser usados como indicadores de la alteración ambiental.

En el trabajo se evaluó el efecto de la intensidad de uso de la tierra sobre la riqueza y abundancia de las comunidades de la macrofauna del suelo, en un gradiente desde bosques secundarios y pastizales hasta cultivos varios destinados a la producción de papa y cañaverales, ubicados en las provincias Artemisa y Mayabeque.

Introduction

Edaphic macro-invertebrates (higher than 2 mm diameter) act as determining agents in soil fertility and, thus, in the global functioning of the edaphic system. This fauna can be affected by different land uses and managements. Due to its susceptibility and fast response to cover changes, vegetation transformation, the performance before different environmental variables and the ecological activity they perform, many authors propose their use as indicators of environmental quality or alteration (Lavelle *et al.*, 2003).

In Cuba there are few studies about the edaphic macrofauna which involve all the groups that compose it. Among the first studies in the country the ones conducted on litter macrofauna in forest ecosystems, especially of Sierra del Rosario, can be mentioned (González and López, 1987; Prieto and Rodríguez, 1996). Afterwards, most ecological studies have approached specific groups of the macrofauna, mainly earthworms and millipedes in natural and/or disturbed ecosystems, and the effect such disturbances cause on these communities (Rodríguez, 2000; Prieto *et al.*, 2003).

Other works in the country have characterized the soil macrofauna in different land use systems, with the objective of evaluating, from the characteristics of these edaphic communities, the type of use or plant formation, and the soil and crop management (Rodríguez *et al.*, 2002; Sánchez and Reyes, 2003; Cabrera-Dávila *et al.*, 2007; Serrano, 2010). Nevertheless, the need to further the studies in such sense is acknowledged.

In this work the effect of land use intensity on the richness and abundance of soil macrofauna communities was evaluated, in a gradient from secondary forests and pasturelands to varied crop fields destined to potato production and sugarcane plantations, located in the Artemisa and Mayabeque provinces.

Materials and Methods

The research was conducted in October, in the rainy season, 2009, in 11 reference systems along the Red Plain of the old Havana province,

Materiales y Métodos

La investigación se realizó en el mes de octubre, en el período lluvioso del año 2009, en 11 sistemas de referencia a todo lo largo de la Llanura Roja de la antigua provincia La Habana, actualmente localizada entre las provincias Artemisa y Mayabeque. Se trabajaron cuatro usos de la tierra: bosques secundarios, pastizales, cultivos varios destinados a la producción de papa y cañaverales. El tipo de suelo en todos los usos fue Ferralítico Rojo, según la clasificación de Hernández *et al.* (1999).

Descripción de los sistemas de uso de la tierra

Bosques secundarios. Se estudiaron tres áreas de bosque en las localidades de Managua (22°56'44.80" N y 82°16'11.07" W), Nazareno (22°58'05.40" N y 82°14'02.72" W) y Aguacate (22°59'17.90" N y 81°50'01.03" W), situadas en la provincia Mayabeque. Son sistemas boscosos de regeneración natural o con diferente nivel de antropización, con edades de 40 a 120 años y extensiones entre dos y cinco hectáreas. Presentan elementos florísticos de vegetación semidecidua, así como especies arbóreas frutales y maderables, con estratos herbáceos y arbustivos que dan diferentes grados de cobertura al suelo. Entre las especies arbóreas se destacan: 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).

Pastizales. Se seleccionaron dos sistemas de pastizales en el municipio San José de las Lajas de la provincia Mayabeque, con una extensión máxima de 12 ha, ubicados en las siguientes coordenadas (pastizal 1: 23°00'01.50" N y 82°09'49.10" W; pastizal 2: 22°53'52.10" N y 82°02'08.12" W). Se trata de pastizales naturali-

mente localizados entre las provincias Artemisa y Mayabeque. Cuatro usos de la tierra fueron estudiados: bosques secundarios, pastizales, cultivos varios destinados a la producción de papa y cañaverales. El tipo de suelo en todos los usos fue Ferralítico Rojo, según la clasificación de Hernández *et al.* (1999).

Descripción de los sistemas de uso de la tierra

Bosques secundarios. Se estudiaron tres áreas de bosque en las localidades de Managua (22°56'44.80" N, 82°16'11.07" W), Nazareno (22°58'05.40" N, 82°14'02.72" W) y Aguacate (22°59'17.90" N, 81°50'01.03" W), situadas en la provincia Mayabeque. Son sistemas boscosos de regeneración natural o con diferente nivel de antropización, con edades de 40 a 120 años y extensiones entre dos y cinco hectáreas. Presentan elementos florísticos de vegetación semidecidua, así como especies arbóreas frutales y maderables, con estratos herbáceos y arbustivos que dan diferentes grados de cobertura al suelo. Entre las especies arbóreas se destacan: 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).

Pastizales. Se seleccionaron dos sistemas de pastizales en el municipio San José de las Lajas de la provincia Mayabeque, con una extensión máxima de 12 ha, ubicados en las siguientes coordenadas (pastizal 1: 23°00'01.50" N y 82°09'49.10" W; pastizal 2: 22°53'52.10" N y 82°02'08.12" W). Se trata de pastizales naturalizados con más de 25 años de explotación. Las especies principales de pastizales fueron: Guinea grass (*Panicum maximum* Jacq.) y star grass (*Cynodon nlemfuensis* Vandyke), que mostraron cobertura entre 80 y 90%. En estos pastizales Holstein y Siboney fueron explotados, y el manejo fue principalmente intensivo racional rotacional, con una tasa de carga promedio de 2,8 animales ha⁻¹.

zados con más de 25 años de explotación. Las principales especies de pasto eran: hierba de guinea (*Panicum maximum* Jacq.) y pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst), que presentaban una cobertura entre 80 y 90%. En estos pastizales pastoreaba ganado vacuno de las razas Holstein y Siboney, y el manejo era principalmente rotacional racional intensivo, con una carga animal media de 2,8 UGM ha⁻¹.

Cultivos varios. Se seleccionaron tres sistemas localizados en los municipios Güira de Melena (22°45'40.50" N y 82°29'21.71" W), Batabanó (22°46'42.40" N y 82°15'08.27" W) y Güines (22°47'43.60" N y 82°02'31.46" W), pertenecientes a Artemisa y Mayabeque. El cultivo principal era la papa (*Solanum tuberosum* L.), en constante rotación con boniato (*Ipomoea batatas* (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 destacaban: don Carlos (*Sorghum halepense* (L.) Pers.), cebolleta (*Cyperus rotundus* L.), bledo (*Amaranthus hybridus* L.) y romerillo (*Bidens pilosa* L.). Se trata de 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⁻¹ año⁻¹ y la de urea fluctuó entre 224 y 298 kg ha⁻¹ año⁻¹.

Cañaverales. Las tres áreas en explotación con caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) se ubicaron en Artemisa y Mayabeque, en los municipios Güira de Melena (22°50'24.80" N y 82°26'50.56" W), San Nicolás de Bari (22°46'32.60" N y 81°55'05.90" W) y Madruga (22°58'47.00" N y 81°50'49.24" W). Ocupaban estas áreas las variedades CP 52-43 y C 86-12, C 323-68 y C 86-56, respectivamente. Las plantas arvenses fundamentales en los sistemas eran: don Carlos, cebolleta, sancaraña (*Rottboellia cochinchinensis* L.F.) y pata de gallina (*Eleusine indica* (L.) Gaertn.). Se empleaban sistemas con riego por gravedad y sistema eléctrico de enrolladores; la fertilización química fue

Varied crops. Three systems were selected located in the Güira de Melena (22°45'40.50" N and 82°29'21.71" W), Batabanó (22°46'42.40" N and 82°15'08.27" W) and Güines (22°47'43.60" N and 82°02'31.46" W) municipalities, belonging to Artemisa and Mayabeque. The main crop was potato (*Solanum tuberosum* L.), in constant rotation with sweet potato (*Ipomoea batatas* (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 weeds in the areas, the following stood out: *Sorghum halepense* (L.) Pers., *Cyperus rotundus* L., *Amaranthus hybridus* L. and *Bidens pilosa* L.. These areas had been dedicated to agriculture for more than 10 years, mainly with traditional tillage and electrical spray irrigation. The application of NPK in these systems was 1 490 kg ha⁻¹ year⁻¹ and urea application fluctuated between 224 and 298 kg ha⁻¹ year⁻¹.

Sugarcane plantations. The three areas under exploitation with sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) were located in Artemisa and Mayabeque, in the municipalities Güira de Melena (22°50'24.80" N and 82°26'50.56" W), San Nicolás de Bari (22°46'32.60" N and 81°55'05.90" W) and Madruga (22°58'47.00" N and 81°50'49.24" W). The areas were occupied by varieties CP 52-43 and C 86-12, C 323-68 and C 86-56, respectively. The main weeds in the systems were: *S. halepense*, *C. rotundus*, *Rottboellia cochinchinensis* L.F. and *Eleusine indica* (L.) Gaertn. Gravity irrigation systems and electrical coiler system were used; the chemical fertilization was: 50-60 kg ha⁻¹ year⁻¹ of urea, 20-83 kg ha⁻¹ year⁻¹ of K₂O and 25 kg ha⁻¹ year⁻¹ of P₂O₅.

Sampling and processing of the edaphic macrofauna

The macrofauna collection was conducted according to the Methodology of the International Program "Tropical Soil Biology and Fertility" or TSBF (Anderson and Ingram, 1993; Lavelle *et al.*, 2003). By land use area or replication eight

de: 50-60 kg ha⁻¹ año⁻¹ de urea, 20-83 kg ha⁻¹ año⁻¹ de K₂O y 25 kg ha⁻¹ año⁻¹ de P₂O₅.

Muestreo y procesamiento de la macrofauna edáfica

La recolección de la macrofauna se realizó según la Metodología del Programa Internacional "Biología y Fertilidad del Suelo Tropical" o TSBF (Anderson e Ingram, 1993; Lavelle *et al.*, 2003). Por área o réplica de uso de la tierra se tomaron ocho monolitos de suelo (25 x 25 x 30 cm), distanciados a 20 m en un diseño completamente aleatorizado, para un total de 24 monolitos procesados en cada uno de los usos bosques secundarios, cultivos varios y cañaverales, y 16 monolitos en el uso de pastizales. La macrofauna se recolectó manualmente *in situ*, y se preservó principalmente en alcohol a 75%.

La macrofauna se separó hasta el nivel taxonómico de orden y familia (Borrer *et al.*, 1976; Sims, 1980; Brusca y Brusca, 2003). Se realizó un acercamiento a la riqueza taxonómica de estas comunidades en cada uso de la tierra, estimada a partir del número de familias que pudieron ser identificadas. Los órdenes de la macrofauna con menor representación en este estudio, como Blattodea, Diptera, Hemiptera, Orthoptera y Lepidoptera, y también *Araneae*, no se incluyeron en el análisis de la riqueza taxonómica.

Se calcularon los valores promedios de densidad (ind.m⁻²) y biomasa (gm⁻²) para las comunidades edáficas y para las diferentes unidades taxonómicas de la macrofauna, en cada uso de la tierra. La densidad se determinó a partir del número de individuos y la biomasa, sobre la base del peso húmedo en la solución preservante.

Con el propósito de determinar las variaciones de la densidad y la biomasa de las comunidades de la macrofauna del suelo 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.

soil monoliths were taken (25 x 25 x 30 cm), at a distance of 20 m in a completely randomized design, for a total of 24 processed monoliths in each of the uses: secondary forests, varied crops and sugarcane plantations, and 16 monoliths in pasturelands. The macrofauna was manually collected *in situ*, and it was preserved mainly in 75% alcohol.

The macrofauna was separated to the taxonomic level of order and family (Borrer *et al.*, 1976; Sims, 1980; Brusca and Brusca, 2003). An approach was made to the taxonomic richness of these communities in each land use, estimated from the number of families that could be identified. The macrofauna orders with lower representation in this study, such as Blattodea, Diptera, Hemiptera, Orthoptera and Lepidoptera, and also *Araneae*, were not included in the analysis of taxonomic richness.

The average values of density (ind.m⁻²) and biomass (gm⁻²) for the edaphic communities and for the different taxonomic units of the macrofauna, were calculated in each land use. Density was determined from the numbers of individuals and biomass value was found based on humid weight in the preserving solution.

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

Results

Taxonomic composition and richness

The soil macrofauna communities in the four studied land uses in the Artemisa and Mayabeque provinces comprise three phyla, 22 orders and 39 determined families (table 1).

The analysis at order level showed 19 orders in secondary forests, 14 in pasturelands and sugarcane plantations, and only 12 orders in varied crops. The taxonomic richness appraised at the level of identified families, also showed a

Resultados

Composición y riqueza taxonómica

Las comunidades de la macrofauna del suelo en los cuatro usos de la tierra estudiados en las provincias Artemisa y Mayabeque, comprenden tres phyla, siete clases, 22 órdenes y 39 familias determinadas (tabla 1).

El análisis a nivel de orden mostró 19 órdenes en los bosques secundarios, 14 en los pastizales y los cañaverales, y solo 12 órdenes en el uso de cultivos varios. La riqueza taxonómica, valorada a nivel de familias identificadas, mostró también un mayor número en los bosques secundarios (33), seguido de los pastizales (18) y de forma muy cercana los cultivos varios (16) y los cañaverales (15). Los órdenes mejor representados en número de familias en los bosques secundarios, fueron Archaeogastropoda y Coleoptera con ocho y siete familias, respectivamente. En los restantes usos el orden con mayor número de familias fue Coleoptera, con su máxima representación en el uso de cultivos varios (10 familias) que tuvo alguna incidencia como plaga agrícola. En el uso de pastizales, este orden tuvo cuatro familias y en los cañaverales seis, y los otros órdenes de la macrofauna en todos los usos solo presentaron entre una y tres familias. De igual manera, se obtuvieron 14 familias exclusivas de los bosques secundarios, dos de los pastizales, cinco de cultivos varios y tres de los cañaverales (fig. 1).

Densidad y biomasa

La densidad y la biomasa promedio de la macrofauna total del suelo en los bosques secundarios fueron de 1 166,60 ind.m⁻² y 67,45 gm⁻², respectivamente, valores considerablemente superiores a los obtenidos en los pastizales (581 ind.m⁻² y 7,71 gm⁻²), en los cultivos varios (294 ind.m⁻² y 8,79 gm⁻²) y en los cañaverales (280 ind.m⁻² y 7,85 gm⁻²). La prueba de Kruskal-Wallis confirmó esta marcada variación, ya que mostró diferencias altamente significativas entre los usos en densidad ($p < 0,001$) y en biomasa ($p < 0,001$) (figs. 2 A y B).

higher number in secondary forests (33), followed by pasturelands (18) and very closely varied crops (16) and sugarcane plantations (15). The best represented orders regarding number of families in secondary forests were Archaeogastropoda and Coleoptera with eight and seven families, respectively. In the other uses the order with higher number of families was Coleoptera, with its maximum representation in varied crops (10 families) which had some incidence as agricultural pest. In pasturelands, this order had four families and in sugarcane plantations, six; and the other orders of the macrofauna in all uses only showed between one and three families. Likewise, 14 families exclusive from secondary forests, two from pasturelands, five from varied crops and three from sugarcane plantations were obtained (fig. 1).

Density and biomass

The average density and biomass of the total soil macrofauna in secondary forests were 1 166,60 ind.m⁻² and 67,45 gm⁻², respectively, considerably higher values than the ones obtained in pasturelands (581 ind.m⁻² and 7,71 gm⁻²), in varied crops (294 ind.m⁻² and 8,79 gm⁻²) and in sugarcane plantations (280 ind.m⁻² and 7,85 gm⁻²). The Kruskal-Wallis test proved this remarkable variation, because it showed highly significant differences among uses in density ($p < 0,001$) and biomass ($p < 0,001$) (figs. 2 A and B).

According to the dominance in density and biomass of the different taxonomic groups of the macrofauna (fig. 3 A and B), it was observed that in secondary forests the most important taxa in density included Diplopoda, Isopoda and Isoptera, and the highest components in biomass were Haplotaxida and Diplopoda. In pasturelands, Hymenoptera (*Formicidae*), Isoptera and Coleoptera can be mentioned with high and close values regarding density; while in biomass essentially Coleoptera prevailed. In varied crops Hymenoptera (*Formicidae*) stood out regarding density, and Haplotaxida and Coleoptera were the main representatives in biomass. In sugarcane plantations Hymenoptera (*Formicidae*),

Tabla 1. Composición taxonómica de la macrofauna del suelo en los usos de la tierra estudiados en las provincias Artemisa y Mayabeque.
 Table 1. Taxonomic composition of the soil macrofauna in the studied land uses in the Artemisa and Mayabeque provinces.

Phylum	Clase	Orden	Familia						
Annelida	Oligochaeta	Haplotaxida	Glossoscolecidae						
			Megascolecidae						
Mollusca	Gastropoda	Archaeogastropoda	-						
			Bradybaenidae						
			Camaenidae						
			Helicinidae						
			Oleacinidae						
			Polygyridae						
			Sagdidae						
			Subulinidae						
			Urocoptidae						
			Veronicellidae						
			Arthropoda	Malacostraca	Isopoda	Armadillidae			
						Platyarthridae			
						Trachelipidae			
						Paradoxosomatidae			
						Sphaeriodesmidae			
Diplopoda	Polydesmida	Polyxenida		-					
				Spirobolida	Rhynocricidae				
					Spirobolellidae				
				Stemmiulida	Geophilomorpha	Trigoniulidae			
						Ballophilidae			
						Geophilidae			
				Chilopoda	Scolopendromorpha	-	Scolopocryptopidae		
							Scolopendridae		
							Chelicerata	Lithobiomorpha	-
									Araneae
Opiliones	Cosmetidae								
Insecta	-	-	-						
			Pseudoscorpionida	Bochicidae					
				-					
			Blattodea	-	-	-			
						Coleoptera	Attelabidae		
							Carabidae		
							Cerambycidae		
							Chrysomelidae		
							Curculionidae		
							Elateridae		
							Nitidulidae		
							Scarabaeidae		
							Staphylinidae		
							Tenebrionidae		
							Carcinophoridae		
Diptera	-								
Hemiptera	-								
Hymenoptera	Formicidae								
Isoptera	Termitidae								
Lepidoptera	-								
Orthoptera	-								

(-) No determinado

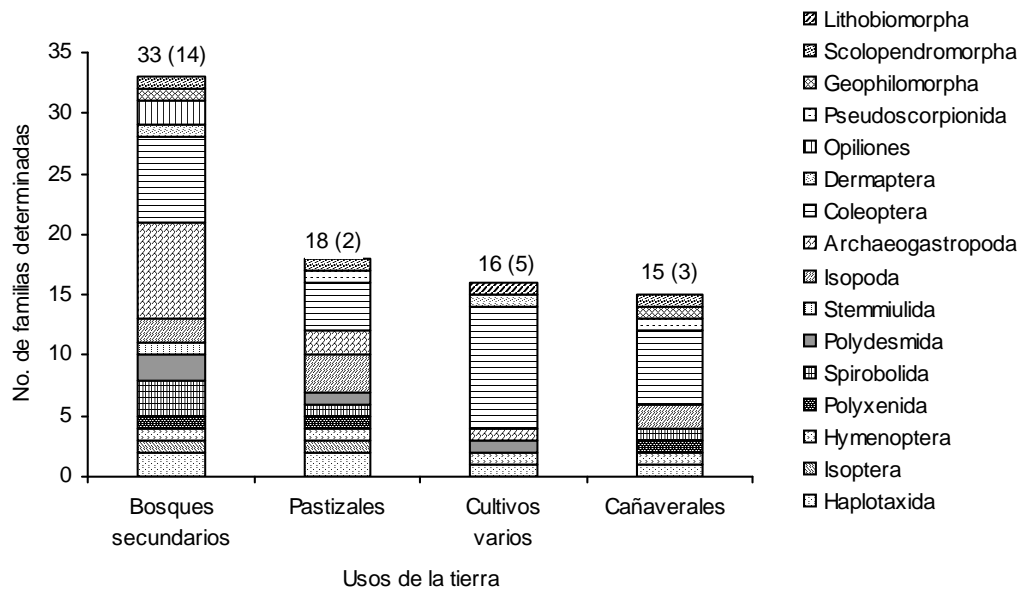
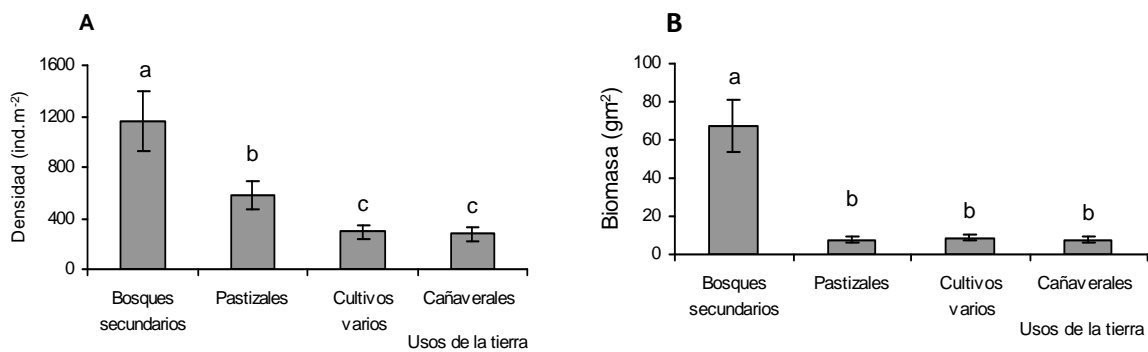


Fig. 1. Riqueza taxonómica de la macrofauna del suelo en cada uso de la tierra (el número entre paréntesis indica las familias exclusivas en cada uso).

Fig. 1. Taxonomic richness of the soil macrofauna in each land use (the number between parentheses indicates the exclusive families in each use).



Medias con letras distintas difieren significativamente a $p < 0,001$.

Fig. 2. Densidad (A) y biomasa (B) promedio de la macrofauna total del suelo en cada uso de la tierra.

Fig. 2. Average density (A) and biomass (B) of the total soil macrofauna in each land use.

De acuerdo con la dominancia en densidad y biomasa de los diferentes grupos taxonómicos de la macrofauna (figs. 3 A y B), se observó que en los bosques secundarios los taxones más importantes en densidad incluyeron a Diplopoda, Isopoda e Isoptera, y los mayores componentes en biomasa fueron Haplotaxida y Diplopoda. En los pastizales se destacaron Hymenoptera (*Formicidae*), Isoptera y Coleoptera con valores altos y cercanos en densidad; mientras en

Coleoptera and Diplopoda prevailed in density and only Diplopoda stood out in biomass.

Discussion

Taxonomic composition and richness

The quantity of exclusive families found in each use allowed inferring that all land uses shared a high number of families. The studied systems have certain degree of intervention or

biomasa dominó esencialmente Coleoptera. En los cultivos varios se destacó Hymenoptera (*Formicidae*) en densidad, y Haplotoxida y Coleoptera fueron los principales representantes en biomasa. En los cañaverales prevalecieron, en densidad, Hymenoptera (*Formicidae*), Coleoptera y Diplopoda, y en biomasa solo Diplopoda.

Discusión

Composición y riqueza taxonómica

La cantidad de familias exclusivas encontradas en cada uso, permitió inferir que todos los

alteration by men (secondary or intervened forests, pasturelands with livestock production management and crops with intense tillage), where families with similar characteristics of tolerance to a varied range of edaphoclimatic conditions and, thus, adaptable and resistant to induced disturbances, can equally colonize.

The highest value of family richness as well as exclusivity reached in secondary forests, proved the importance of floristic variability and resource heterogeneity in the supply of necessary feed and refuge sources to preserve the diversity of edaphic communities (Fragoso and Lavelle, 1992). This was also related to the cover present

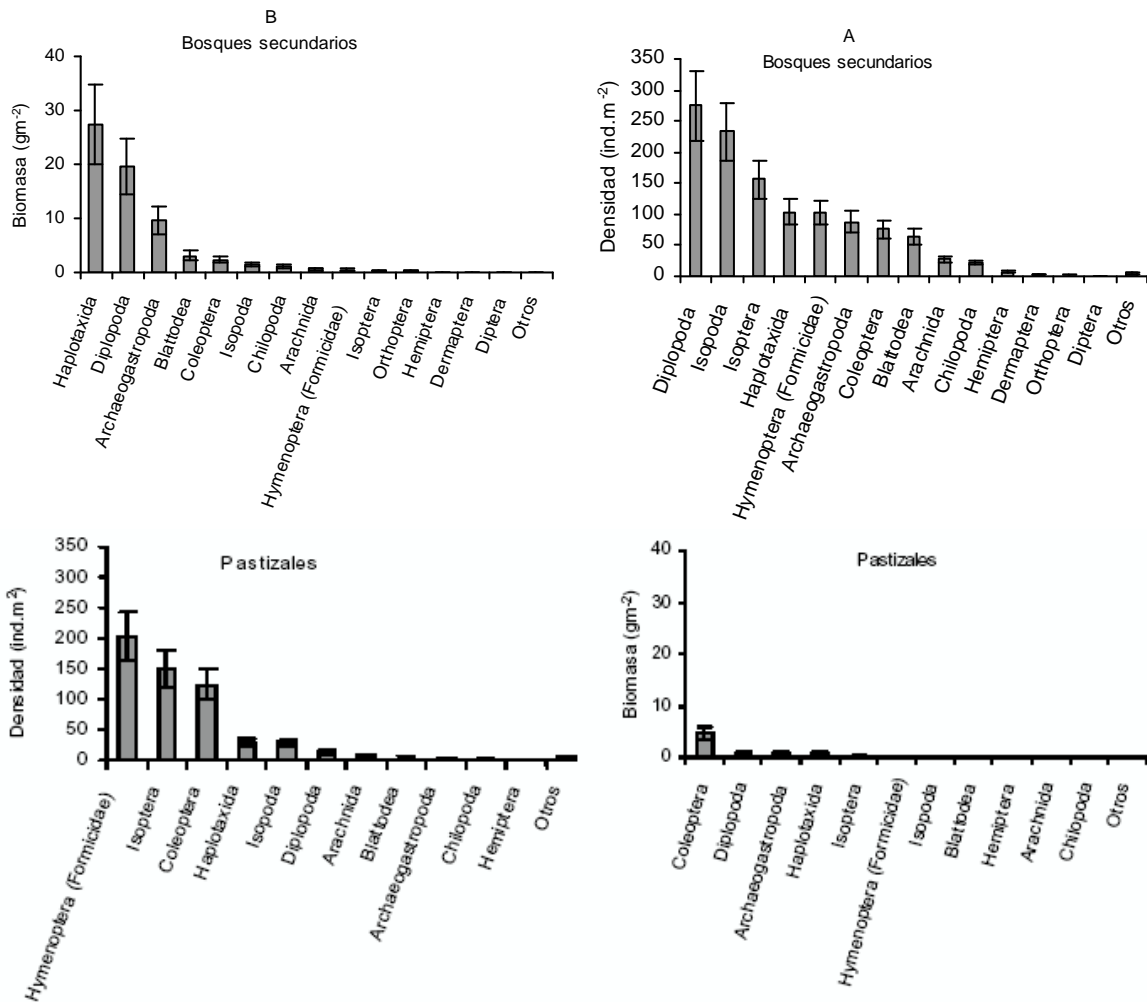


Fig. 3. Densidad (A) y biomasa (B) promedio de las diferentes unidades taxonómicas de la macrofauna del suelo en cada uso de la tierra.

Fig. 3. Average density (A) and biomass (B) of the different taxonomic units of the soil macrofauna in each land use.

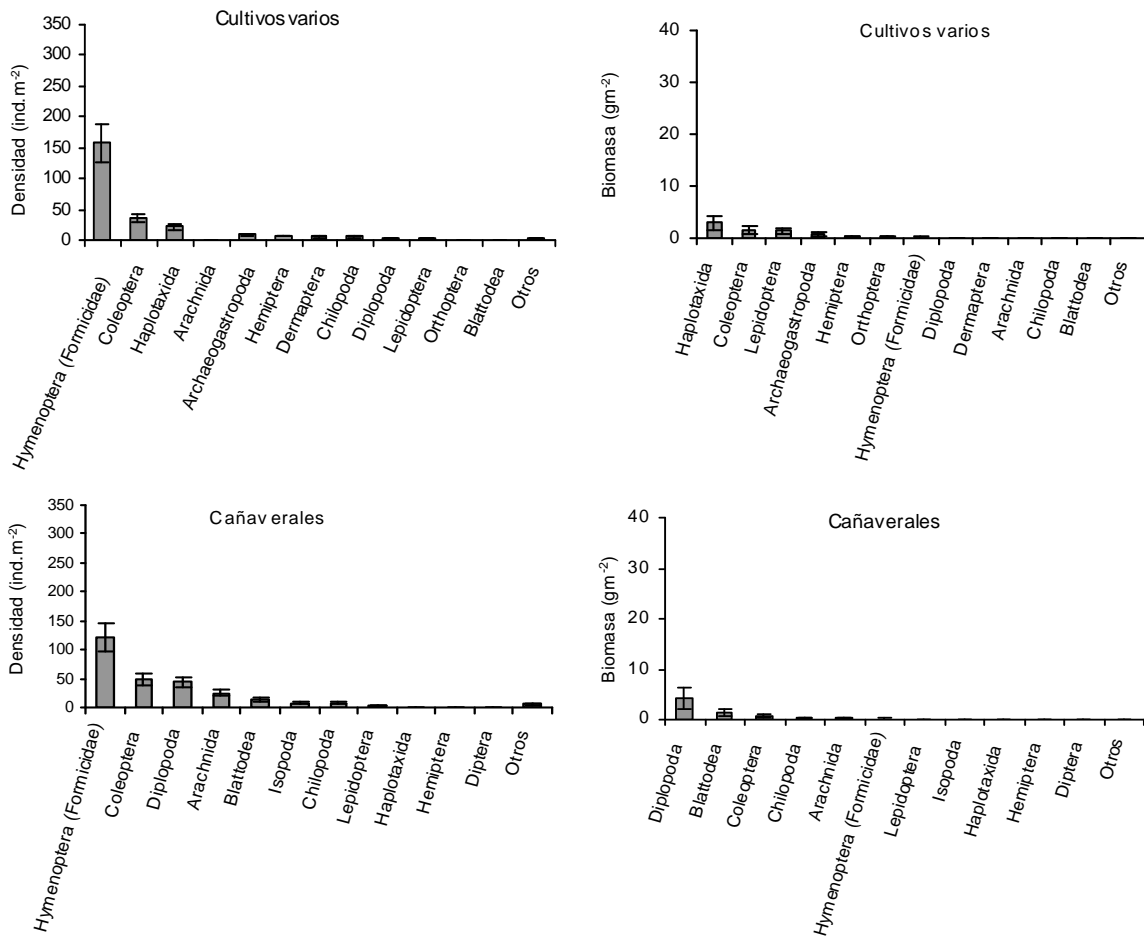


Fig. 3. Densidad (A) y biomasa (B) promedio de las diferentes unidades taxonómicas de la macrofauna del suelo en cada uso de la tierra.

Fig. 3. Average density (A) and biomass (B) of the different taxonomic units of the soil macrofauna in each land use.

usos de la tierra compartieron un número alto de familias. Los sistemas en estudio poseen cierto grado de intervención o alteración por el hombre (bosques secundarios o intervenidos, pastizales con manejo ganadero, y cultivos con un intenso laboreo agrícola), donde pueden colonizar igualmente familias con características semejantes de tolerancia a un variado rango de condiciones edafoclimáticas y, por tanto, adaptables y resistentes a las perturbaciones inducidas.

Tanto el mayor valor de riqueza de familias como el de exclusividad alcanzados en los bosques secundarios, evidenciaron la importancia de la variabilidad florística y de la heterogeneidad de los recursos en el suministro de las fuentes de

in these forests, which provides a considerable contribution of litter and shade to maintain stable the values of soil temperature and moisture, all of which favored the development of more diverse communities. In this sense, Granados and Barrera (2007) found higher number of species, genera and families in forest relicts as compared to the areas without tree covering and, in general, concluded that the areas with higher plant diversity and richness and a higher percentage of cover can show a higher diversity of soil macrofauna.

In Cuba, González and López (1987) recognized in forestry ecosystems a high number of outstanding taxa of macrofauna, among them Hymenoptera (*Formicidae*), Coleoptera and

alimento y refugio necesarias para conservar la diversidad de las comunidades edáficas (Fragoso y Lavelle, 1992). Ello también se relacionó con la cobertura presente en estos bosques, que provee un aporte considerable de hojarasca y sombra para mantener estables los valores de temperatura y humedad en el suelo, todo lo cual favoreció el desarrollo de comunidades más diversas. En este sentido, Granados y Barrera (2007) encontraron mayor número de especies, géneros y familias en relictos de bosques en comparación con las áreas sin cobertura arbórea y, de modo general, concluyeron que las áreas con mayor diversidad y riqueza de plantas y un porcentaje más alto de cobertura pueden manifestar una mayor diversidad de la macrofauna del suelo.

En Cuba, González y López (1987) reconocieron en ecosistemas forestales un número alto de taxones sobresalientes de la macrofauna, entre ellos Hymenoptera (*Formicidae*), Coleoptera y Haplotaxida. Más recientemente, en un relicto de bosque con características de vegetación original semidecidua en la costa norte de La Habana, Serrano (2010) halló un total de 21 unidades taxonómicas y los órdenes dominantes resultaron ser Hymenoptera, *Araneae* e Isopoda. Este valor está próximo a la riqueza referida en el presente estudio para los sistemas boscosos (19 órdenes y 33 familias), a pesar de ser de formación secundaria.

Rodríguez *et al.* (2002) y Sánchez y Reyes (2003) obtuvieron en el país, en pastizales con diferente manejo ganadero, hasta nueve órdenes de la macrofauna edáfica. Por su parte, Cabrera-Dávila *et al.* (2007) encontraron en áreas de policultivos, en pastizales asociados con cobertura arbórea de leguminosas y en monocultivo de gramíneas, valores superiores de riqueza de órdenes (14 en los dos primeros sistemas y 12 en el último) y de familias (30, 26 y 22, respectivamente), con un predominio de formicidos, haplotaxidos, diplópodos e isópodos.

También a escala mundial en varios trabajos se hallaron resultados cercanos a los alcanzados en este estudio, a pesar de que en la mayoría el área de recolecta fue más grande (mayor canti-

Haplotaxida. More recently, in a forest relict with characteristics of original semideciduous vegetation in the northern coast of Havana, Serrano (2010) found a total of 21 taxonomic units and the prevailing orders were Hymenoptera, *Araneae* and Isopoda. This value is close to the richness referred in this study for forest systems (19 orders and 33 families), in spite of being secondary.

Rodríguez *et al.* (2002) and Sánchez and Reyes (2003) obtained in the country, in pasturelands with different livestock management, up to nine orders of edaphic macrofauna. On the other hand, Cabrera-Dávila *et al.* (2007) found in polycrop areas, in pasturelands associated to tree legume cover and in grass monocrop, higher richness values of orders (14 in the first two systems and 12 in the last) and families (30, 26 and 22, respectively), with a predominance of *Formicidae*, Haplotaxida, Diplopoda and Isopoda.

Also, worldwide, in several works results were found close to the ones reached in this study, although in most of them the collection area was higher (higher amount of monoliths per land use systems). Pashanasi (2001) collected in different land use systems of the Peruvian Amazonia, between 20 and 30 taxonomic units of macrofauna in secondary forests with 20 and five years of natural regeneration; in pasturelands between 18 and 23 taxa and in annual crops between 15 and 25 taxonomic units. In Brazilian ecosystems there was a gradual increase of macrofauna diversity before the changes in land use intensity, where forests, agroforestry systems and pasturelands were examined, to annual crop systems (Barros *et al.*, 2002). Other authors in Peru recorded a higher quantity of taxonomic groups in primary and secondary forests (13), as compared to crop systems (12) (Villavicencio *et al.*, 2009).

Density and biomass

The density and biomass results showed the sensitivity of the macrofauna communities to soil management, changes in cover and vegetation transformation, as well as the negative effect of the disturbances imposed by crop systems.

dad de monolitos por sistemas de uso de la tierra). Pashanasi (2001) recolectó en diferentes sistemas de uso de la tierra en la Amazonía peruana, entre 20 y 30 unidades taxonómicas de la macrofauna, en bosques secundarios con 20 y cinco años de regeneración natural; en pastizales entre 18 y 23 taxones y en cultivos anuales entre 15 y 25 unidades taxonómicas. En los ecosistemas de Brasil hubo un decremento gradual de la diversidad de la macrofauna ante los cambios en la intensidad de uso de la tierra, donde se examinaron desde los bosques, los sistemas agroforestales y los pastizales, hasta los sistemas de cultivos anuales (Barros *et al.*, 2002). Otros autores en Perú registraron una mayor cantidad de grupos taxonómicos en los bosques primarios y secundarios (13), en comparación con sistemas de cultivos (12) (Villavicencio *et al.*, 2009).

Densidad y biomasa

Los resultados de la densidad y la biomasa demostraron la sensibilidad de las comunidades de la macrofauna ante el manejo del suelo, los cambios en la cobertura y la transformación de la vegetación, así como el efecto negativo de las perturbaciones impuestas por los sistemas de cultivo.

Múltiples elementos pueden enumerarse como causantes de los valores reducidos de densidad y biomasa en los usos pastizales, cultivos varios y cañaverales, con respecto a los alcanzados en los bosques secundarios (figs. 2 A y B). Numerosos autores han mencionado y comprobado que uno de los principales factores es la pérdida de la materia orgánica del suelo (Velásquez *et al.*, 2009), por la erosión hídrica acelerada debido a la disminución de la cobertura vegetal, como uno de los posibles motivos que explican este suceso.

La densidad y la biomasa también se han relacionado con el nivel de macronutrientes, el pH, la textura del suelo, la capacidad de retención de agua y la alta calidad de la hojarasca (Barros *et al.*, 2002). Lok (2005) planteó que los organismos de la macrofauna prefieren los restos vegetales con una relación C/N relativamente

Many elements can be mentioned as causative of the reduced density and biomass values in pasturelands, varied crops and sugarcane plantations, as compared to the ones obtained in secondary forests (figs. 2 A and B). Several authors have mentioned and proven that one of the main factors is the loss of organic matter in the soil (Velásquez *et al.*, 2009), due to accelerated hydric erosion because of the decrease of plant cover, as one of the possible reasons that explain this event.

Density and biomass have also been related to the level of macronutrients, pH, soil texture, water retention capacity and high litter quality (Barros *et al.*, 2002). Lok (2005) stated that the macrofauna organisms prefer plant remains with a relatively low C/N ratio as they are more easily accessed and decomposed, which explains their high selectiveness towards the existing vegetation on the soil. Plants and organic wastes provide habitats and feed for the edaphic fauna, and the adequate organic matter content not only favors the physical-chemical properties, but also provides an energy source that stimulates the activity of soil invertebrates.

Another aspect that should be highlighted is vegetation structure, mainly the presence of different strata. The tree and/or shrubby cover in the arrangement of ecosystems are extremely important, because they guarantee the continuous and abundant input of plant organic material and a more favorable microenvironment for the establishment of soil macroinvertebrates (Rodríguez *et al.*, 2002).

There are few studies in Cuba about macrofauna in forest systems, with a moderate conservation level. The macrofauna density and biomass values in secondary forests are comparable to the ones obtained in the country, in different agroforestry systems with silvopastoral management and influence of tree legumes. Cabrera-Dávila *et al.* (2004) obtained in this type of system a higher density in the rainy season (2 346 ind-m⁻²) and a biomass of 66,90 gm⁻²; other Cuban researchers found lower estimates (Lok, 2005; Sánchez, 2007). In recent studies, in a seminatural forest of the northern coast of

baja, por ser de más fácil acceso y descomposición, lo que explica su fuerte selectividad hacia la vegetación que existe sobre el suelo. Las plantas y los desechos orgánicos proveen los hábitats y los alimentos para la edafofauna, y el adecuado contenido de materia orgánica favorece no solo las propiedades físico-químicas, sino también proporciona una fuente energética que estimula la actividad de los invertebrados del suelo.

Otro aspecto que se debe resaltar es la estructura de la vegetación, principalmente la presencia de diferentes estratos. La cobertura arbórea y/o arbustiva en el ordenamiento de los ecosistemas es de suma importancia, pues garantiza la entrada continua y abundante de material orgánico vegetal y un microambiente más favorable para el establecimiento de los macroinvertebrados del suelo (Rodríguez *et al.*, 2002).

Existen pocos estudios en Cuba sobre la macrofauna en los ecosistemas boscosos, con un nivel moderado de conservación. Los valores de densidad y biomasa de la macrofauna en el uso bosques secundarios son comparables con los obtenidos en el país, en diferentes sistemas agroforestales con manejo silvopastoril e influencia de las leguminosas arbóreas. Cabrera-Dávila *et al.* (2004) obtuvieron en este tipo de sistema una densidad superior en la época de mayor pluviosidad (2 346 ind.m⁻²) y una biomasa de 66,90 gm⁻²; otros investigadores cubanos hallaron estimados inferiores (Lok, 2005; Sánchez, 2007). En investigaciones recientes, en un bosque seminatural del litoral norte de La Habana, Serrano (2010) encontró una densidad de la macrofauna menor que la de este estudio (835 ind.m⁻²). Con referencia a otras recolectas recientes efectuadas en los bosques primarios siempreverdes de la Sierra del Rosario en Artemisa (Cabrera-Dávila, G. y Hernández, A. inédito) también se hallaron valores inferiores (706 ind.m⁻² de densidad y 42,50 gm⁻² de biomasa) que los observados en los ecosistemas de bosques secundarios en estudio (1 166,60 ind.m⁻² y 67,45 gm⁻²). Se debe tener en cuenta que este tipo de ecosistema puede albergar una parte de

Havana, Serrano (2010) found a macrofauna density lower than the one in this study (835 ind.m⁻²). Regarding other recent collections made in the evergreen primary forests of Sierra del Rosario in Artemisa (Cabrera-Dávila, G. and Hernández, A. unpublished), lower values were also found (706 ind.m⁻² of density and 42,50 gm⁻² of biomass) than the ones observed in the studied secondary forest ecosystems (1 166,60 ind.m⁻² and 67,45 gm⁻²). It should be taken into account that this type of ecosystem can shelter part of the fauna from the original vegetation and in addition be colonized in higher proportion by opportunistic and invasive species, belonging to lands with some disturbance level.

The studies in secondary forests and forestry plantations of the humid tropics reported similar estimates as the ones in this work. Pashanasi (2001), in some secondary forests of Peru (20 and five years of natural regeneration), recorded a density between 485 and 838 ind.m⁻² and biomass between 33,9 and 102,0 gm⁻². In Brazil Barros *et al.* (2002) in forests and agroforestry systems found between 884 and 1 761 ind.m⁻², and in biomass they obtained low values (between 10,18 and 9,46 gm⁻², respectively). Tsukamoto and Sabang (2005), in tree plantations of Malaysia, calculated a density of more than 1 000 ind.m⁻² and 60 gm⁻² of macroinvertebrate biomass.

The use pasturelands was second in density, but in biomass it had the lowest values (figs. 2 A and B), and likewise both variables were lower than those of other previously-studied Cuban pasturelands. In Guinea grass pasturelands, Rodríguez *et al.* (2002) obtained a biomass of 34,61 ind.m⁻²; while Sánchez, (2007) reported in this type of pastureland a density of only 88,87 ind.m⁻² and a biomass of 6,51 gm⁻².

The grazing regime and, thus, animal trampling, could have affected the macrofauna density and biomass in the pastureland. Lok (2005) expressed that soil compaction in pasturelands due to a certain stocking rate can reduce the population of edaphic invertebrates.

In other pasturelands throughout the world, the macrofauna density and biomass were also higher than the ones obtained in the pasturelands

la fauna de la vegetación original, y además ser colonizado en mayor proporción por especies oportunistas e invasoras, propias de terrenos con algún nivel de perturbación.

Las investigaciones en los bosques secundarios y en las plantaciones forestales del trópico húmedo reportaron estimados semejantes a los del presente trabajo. Pashanasi (2001), en algunos bosques secundarios de Perú (20 y cinco años de regeneración natural), registró una densidad entre 485 y 838 ind.m⁻² y la biomasa entre 33,9 y 102,0 gm⁻². En Brasil Barros *et al.* (2002), en los bosques y los sistemas agroforestales, encontraron entre 884 y 1 761 ind.m⁻², y en biomasa obtuvieron valores bajos (entre 10,18 y 9,46 gm⁻², respectivamente). Tsukamoto y Sabang (2005) en plantaciones arbóreas de Malasia, calcularon una densidad de más de 1 000 ind.m⁻² y 60 gm⁻² de biomasa de macroinvertebrados.

El uso de pastizales fue el segundo en densidad, pero en biomasa fue el de más bajos valores (figs. 2 A y B), e igualmente ambas variables fueron menores que las de otros pastizales cubanos estudiados anteriormente. En pastizales de hierba de guinea Rodríguez *et al.* (2002) obtuvieron una biomasa de 34,61 ind.m⁻²; mientras que Sánchez (2007) informó en este tipo de pastizal una densidad de solo 88,87 ind.m⁻² y una biomasa de 6,51 gm⁻².

El régimen de pastoreo y, por ende, el pisoteo de los animales, pudo haber afectado la densidad y la biomasa de la macrofauna en el pastizal. Lok (2005) expresó que la compactación de los suelos de los pastizales por una determinada carga ganadera, puede reducir la población de invertebrados edáficos.

En otros pastizales del mundo, también la densidad y la biomasa de la macrofauna fueron superiores a las obtenidas en los del presente estudio. En pastizales de México, Perú, Brasil y Uruguay la densidad fue mayor que 600 ind.m⁻² y la biomasa de 35 gm⁻² (Brown *et al.*, 2001; Barros *et al.*, 2002; Huerta-Lwanga *et al.*, 2008); sobre todo la biomasa en este tipo de ecosistemas ha estado influida por la contribución, en peso, de las lombrices de tierra.

of this study. In pasturelands from Mexico, Peru, Brazil and Uruguay, the density was higher than 600 ind.m⁻², and the biomass was higher than 35gm⁻² (Brown *et al.*, 2001; Barros *et al.*, 2002; Huerta-Lwanga *et al.*, 2008); especially the biomass in this type of ecosystems has been influenced by the contribution, in weight, of earthworms.

In agroecosystems, the soil macrofauna communities are generally very low due to the alterations caused by disturbance, in correspondence with the above-stated facts. This research followed that pattern, in varied crops as well as in sugarcane plantations (figs. 2 A and B). The slightly higher biomass values in such uses as compared to pasturelands can be justified through the predominance of certain detritivorous groups in sugarcane plantations and earthworms in varied crops (figs. 3 A and B). In Cuba there are scarce results about the response of macrofauna to the evaluation of different agricultural procedures in crop systems. Only Cabrera-Dávila *et al.* (2004), in polycrop areas of the country with application of agroecological methods (organic fertilization, crop rotation and association of short-cycle crops to long-cycle ones), found a density of 2 016 ind.m⁻² and a biomass of 63 gm⁻², similar to the ones that can be appreciated in well-preserved ecosystems; these results are opposed to the ones found in the cultivated areas of this study, which had very aggressive practices such as chemical fertilization, mechanical tillage and introduction of machinery.

Worldwide some authors refer, for annual crops, low to moderate values in density (362-851 ind.m⁻²) as well as in biomass (5,10-32,40 gm⁻²) (Pashanasi, 2001; Barros *et al.*, 2002), which are higher than the ones shown for the studied areas. In other tropical agroecosystems lower biomass (< 20gm⁻²) and density (< 250 ind.m⁻²) were also observed as compared to natural systems (Villalobos *et al.*, 2000; Brown *et al.*, 2001; Huerta-Lwanga *et al.*, 2008).

The analysis of the dominance of certain macrofauna groups showed that the order

En los agroecosistemas, las comunidades de la macrofauna del suelo son generalmente muy bajas debido a las alteraciones causadas por la perturbación, en correspondencia con lo planteado. Esta investigación siguió ese patrón, tanto en el uso de cultivos varios como en el de cañaverales (figs. 2 A y B). Los valores de biomasa ligeramente más altos en dichos usos con respecto a los pastizales, pueden justificarse a través del predominio de determinados grupos detritívoros en los cañaverales, y de las lombrices de tierra en los cultivos varios (figs. 3 A y B). En Cuba son escasos los resultados sobre la respuesta de la macrofauna ante la evaluación de diferentes procedimientos agrícolas en sistemas de cultivo. Solamente Cabrera-Dávila *et al.* (2004), en áreas policultivadas del país con la aplicación de métodos agroecológicos (fertilización orgánica, rotación de cultivos y asociación de cultivos de ciclo corto con ciclo largo), hallaron una densidad de 2 016 ind.m⁻² y biomasa de 63 gm⁻², similares a las que se pueden apreciar en los ecosistemas bien conservados; estos resultados son contrarios a los hallados en las áreas cultivadas de este estudio, que tuvieron prácticas más agresivas como la fertilización química, la labranza mecánica y la introducción de maquinaria.

A nivel internacional algunos autores refieren, para los cultivos anuales, valores de bajos a intermedios tanto en densidad (362-851 ind.m⁻²) como en biomasa (5,10-32,40 gm⁻²) (Pashanasi, 2001; Barros *et al.*, 2002), los que son superiores a los mostrados para las áreas en estudio. En otros agroecosistemas tropicales también se observó una menor biomasa (< 20 gm⁻²) y densidad (< 250 ind.m⁻²) con relación a los sistemas naturales (Villalobos *et al.*, 2000; Brown *et al.*, 2001; Huerta-Lwanga *et al.*, 2008).

El análisis de la dominancia de determinados grupos de la macrofauna evidenció que el orden Haplotaxida no desempeñó un papel preponderante en el uso de pastizales, como ha sido comúnmente observado para otros pastizales naturales o inducidos del mundo, debido a la influencia de las lombrices de tierra, de amplia distribución y de gran talla (Feijoo *et al.*, 2007).

Haplotaxida did not play a prevailing role in pasturelands, as has been commonly observed for other natural or induced pasturelands of the world, due to the influence of earthworms of wide distribution and large size (Feijoo *et al.*, 2007). In general, earthworms prevail in biomass in most ecosystems, but according to Lavelle *et al.* (1994), they have higher contribution in the pasturelands of humid regions and decrease in forestry areas and dry zones.

Other groups, such as Isoptera, acquire importance especially in crop zones, and their invasion and aggressiveness in these sites are related to the poor quantity and quality of organic material, the increase of temperature and the reduced moisture in the soil (Barros *et al.*, 2002). However, diverse authors comment about the affectation of termite communities, primarily of the humivore species which inhabit the soil, related to habitat degradation (Bandeira *et al.*, 2003). In fact, in this work, termites (mainly represented by a humivore species) were found only in the secondary forests and pasturelands, and not in those of higher affectation as a consequence of agricultural practices. Da Cunha (2006) stated that these organisms are the first colonizers in deforested environments with enough remnant ligneous material, and help in its decomposition.

Conclusions

Secondary forests showed high values of taxonomic richness, density and biomass of the edaphic macrofauna, in correspondence with a higher stability and a lower intervention degree, having neither continuous tillage nor grazing, with regards to the other uses. Pasturelands, varied crops and sugarcane plantations had lower values, which showed a moderate to higher level of anthropization, due to livestock management in the pasturelands and constant tillage in the crop systems. The results of taxonomic richness, density and biomass of the soil macrofauna indicated the disturbance level of the edaphic environment due to land use intensity.

Acknowledgements

The results were obtained within the framework of the Master Program of Soil

Por lo general, las lombrices predominan en biomasa en la mayoría de los ecosistemas, pero según Lavelle *et al.* (1994) tienen mayor contribución en los pastizales de regiones húmedas y decrecen en las áreas forestales y en las zonas secas.

Otros grupos, como Isoptera, adquieren importancia sobre todo en zonas de cultivos, y su invasión y agresividad en estos sitios están relacionadas con la pobre cantidad y calidad de material orgánico, el incremento de la temperatura y la reducida humedad en el suelo (Barros *et al.*, 2002). No obstante, diversos autores comentan sobre la afectación de las comunidades de termitas, primariamente de las especies húmicas que habitan en el suelo, en función de la degradación de los hábitats (Bandeira *et al.*, 2003). De hecho en el presente trabajo, las termitas (representadas principalmente por una especie húmica) se encontraron solo en los usos bosques secundarios y pastizales, y no en los de mayor afectación como consecuencia de las prácticas agrícolas. Cunha (2006) señaló que estos organismos son los primeros colonizadores en los ambientes deforestados con suficiente material leñoso remanente, y ayudan en su descomposición.

Conclusiones

El uso de bosques secundarios presentó valores altos de riqueza taxonómica, densidad y biomasa de la macrofauna edáfica, en correspondencia con una mayor estabilidad y un menor grado de intervención, al no tener actividades de laboreo continuo ni pastoreo, con relación a los restantes usos. Los usos de pastizales, cultivos varios y cañaverales tuvieron valores más bajos, lo que evidenció un nivel de intermedio a superior de antropización, debido al manejo ganadero en los pastizales, y al laboreo agrícola constante en los sistemas de cultivos. Los resultados sobre la riqueza taxonómica, la densidad y la biomasa de la macrofauna del suelo indicaron el nivel de perturbación del medio edáfico debido a la intensidad de uso de la tierra.

Agradecimientos

Los resultados se obtuvieron dentro del marco de la Maestría de la Ciencia del Suelo de la

Sciences of the Agricultural University of Havana, and they were funded by the research project 08-22 "Causes of the structure degradation of Ferralitic Red soils in the Red Plain of Havana" of the Science and Technology Program Cuban Environmental Protection and Sustainable Development. We also thank different Cuban specialists for the taxonomic classification of the edaphic macrofauna, mainly at the family level (L. F. de Armas, Ph.D.; A. Lozada, M.Sc.; T. Tcherva, B.Sc.; M. Hernández, B.Sc.; A. Alegre, B.Sc. and R. Barba, B.Sc).

--End of the English version--

Universidad Agraria de La Habana, y fueron 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. Agradecemos también a diferentes especialistas cubanos por la clasificación taxonómica de la macrofauna edáfica, principalmente hasta el nivel de familia (Dr. L. F. de Armas, MCs. A. Lozada, Lic. T. Tcherva, Lic. M. Hernández, Lic. A. Alegre y Lic. R. Barba).

Referencias bibliográficas

- Anderson, J.M. & Ingram, J.S.I. 1993. *Tropical soil biology and fertility: a handbook of methods*. CAB International. Wallingford, United Kingdom. 236 p.
- Bandeira, A.G. *et al.* 2003. Effects of habitat disturbance on the termite fauna in a highland humid forest in the Caatinga Domain, Brazil. *Sociobiology*. 42 (1):117
- 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*. 4th edition. Holt, Rinehart and Winston. New York, USA. 852 p.
- Brown, G. *et al.* 2001. Diversidad y rol funcional de la macrofauna edáfica en los ecosistemas tropicales mexicanos. *Acta Zoológica Mexicana*. Número especial 1:79

- Brusca, R. & Brusca, G. 2003. Invertebrates. Sinauer Associates. Sunderland, Massachusetts, USA. Segunda edición. 966 p.
- Cabrera Dávila, G. *et al.* 2004. Variación estacional de la macrofauna del suelo en áreas con manejo agrícola - ganadero. *Poeyana*. 491:19
- Cabrera Dávila, G. *et al.* 2007. La macrofauna del suelo en sistemas agroecológicos en Cuba. *Brenesia*. 67:45
- Cunha, H. da. 2006. Cupins (Isoptera) bioindicadores para Conservação do Cerrado em Goiás. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Ambientales. Universidad Federal de Goiás. Brasil. 79 p.
- 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
- Fragoso, C. & Lavelle, P. 1992. Earthworms communities of tropical rain forest. *Soil Biol. Biochem.* 24 (12):1397
- González, R. & López, R. 1987. La macrofauna de la hojarasca y del suelo de algunos ecosistemas forestales de Cuba. *Reporte de Investigación, Instituto de Zoología*. 46:1
- 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.
- Huerta-Lwanga, E. *et al.* 2008. Relación entre la fertilidad del suelo y su población de macroinvertebrados. *Terra Latinoamericana*. 26(2):171
- 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-Sayce. New York. p. 137
- Lavelle, P. *et al.* 2003. Soil macrofauna. In: Trees, crops and soil fertility. Concepts and research methods. (Eds. G. Schroth and F.L.Sinclair). CABI Publishing. UK. p. 303
- Lok, S. 2005. Determinación y selección de indicadores del sistema suelo-pasto en pastizales dedicados a la producción de ganado vacuno. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba. 98 p.
- Pashanasi, B. 2001. Estudio cuantitativo de la macrofauna del suelo en diferentes sistemas de uso de la tierra en la Amazonia Peruana. *Folia Amazónica*. 12 (1-2):75
- Prieto, D. & Rodríguez, C. 1996. Índices de agregación de los invertebrados de la hojarasca en un bosque siempreverde de la reserva de la biosfera de la Sierra del Rosario, Pinar del Río, Cuba. Análisis comparativo. *Rev. Biología*. 10:27
- Prieto, D. *et al.* 2003. Caracterización de la biodiversidad de la fauna edáfica cubana. Informe final de Proyecto. Programa Ramal "Sistemática y colecciones biológicas". Facultad de Biología, Universidad de La Habana, Cuba
- Rodríguez, C. 2000. Comunidades de lombrices de tierra en ecosistemas con diferente grado de perturbación. *Rev. Biología*. 14:147
- Rodríguez, I. *et al.* 2002. Comportamiento de la macrofauna del suelo en pastizales con gramíneas naturales puras o intercaladas con leucaena para la ceiba de toros. *Rev. cubana. Cienc. agríc.* 36(2):181
- Sánchez, S. 2007. Acumulación y descomposición de la hojarasca en un pastizal de *Panicum maximum* Jacq. y en un sistema silvopastoril de *P. maximum* y *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba. 135 p.
- Sánchez, S. & Reyes, F. 2003. Estudio de la macrofauna edáfica en una asociación de *Morus alba* y leguminosas arbóreas. *Pastos y Forrajes*. 26:315
- Serrano, A. 2010. Estructura y dinámica de la comunidad de macroinvertebrados edáficos en dos formaciones vegetales de Boca de Canasí, La Habana, Cuba. Tesis presentada en opción al título académico de Máster en Zoología y Ecología Animal. Universidad de La Habana, Cuba. 75 p.
- Sims, R.W. 1980. A classification and the distribution of earthworms suborder Lumbricina (Haplotaxida: *Oligochaeta*). *Bull. Br. Mus. Nat. Hist. (Zool.)*. 39(2): 103
- Tsukamoto, J. & Sabang, J. 2005. Soil macro-fauna in an *Acacia mangium* plantation in comparison to that in a primary mixed dipterocarp forest in the lowlands of Sarawak, Malaysia. *Pedobiología*. 49: 69
- Velásquez, E. *et al.* 2009. Cambios en las comunidades de plantas influenciados por la macroagregación del suelo a través de las actividades de la macrofauna del suelo en la Amazonía Brasileira. <http://www.iamazonica.org.br/conteudo/>

- eventos/biodiversidadedesolo/pdf/Resumos/Painel3_Velasquez E.pdf.
- Villalobos, F.J. *et al.* 2000. Patrones de la macrofauna edáfica en un cultivo de *Zea maiz* durante la fase postcosecha en la Mancha, Veracruz, México. *Acta Zoológica Mexicana*. 80:167
- Villavicencio, 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/biodiversidadedesolo/pdf/resumos/Poster_DaliaL.pdf.

Recibido el 25 de noviembre del 2010

Aceptado el 16 de junio del 2011