

## Mesofauna edáfica en diferentes usos de la tierra en la Llanura Roja de Mayabeque y Artemisa, Cuba

### Edaphic mesofauna in different land uses in the Red Plain of Mayabeque and Artemisa, Cuba

Ana A. Socarrás<sup>1</sup> y Nayla Robaina<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Instituto de Ecología y Sistemática. CITMA*

*Carretera de Varona km 3½, Capdevila, Boyeros, C. P. 10800 Ciudad de La Habana, Cuba*

*E-mail: anameri@ecologia.cu*

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

#### Resumen

Se caracterizó, a través de la composición taxonómica y trófica de la mesofauna edáfica, el estado de conservación de los suelos con diferentes usos. La investigación se realizó durante el período lluvioso del año 2009, en 11 sitios seleccionados bajo cuatro clases generales de uso de la tierra (CGUT): bosques regenerados, pastizales, caña de azúcar y cultivos varios (principalmente papa). Se tomaron tres muestras de suelo en cada réplica de uso de la tierra, a un solo nivel de profundidad (0-10 cm), siguiendo un diseño de muestreo completamente aleatorizado estratificado. Para su extracción se utilizaron los embudos de Berlese-Tullgren, con una fuente de luz y calor, durante siete días. Los mayores valores de composición taxonómica de estos microartrópodos del suelo se encontraron en los bosques, con 16 familias, seguido de los pastizales con nueve familias, cultivos varios y cañaverales con seis familias cada uno. Por otra parte, la mayor representación de los grupos detritívoros apareció en el bosque con cuatro órdenes, 15 familias y 151 individuos, seguido de los cultivos varios con dos órdenes, cinco familias y 62 individuos, y el pastizal con dos órdenes, ocho familias y 37 individuos; mientras que en la caña de azúcar los fungívoros fueron los mejor representados por un orden y 22 ejemplares. La composición taxonómica y trófica de los grupos que integran la mesofauna edáfica, indicó el estado de degradación del suelo en el orden caña de azúcar-cultivos varios, seguidos de pastizal y, por último, bosque.

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

#### Abstract

The conservation status of soils with different uses was characterized using the taxonomic and trophic composition of the edaphic mesofauna. The research was conducted during the rainy season of 2009 in 11 sites selected under four general classes of land use (GCLU): regenerated forests, pasturelands, sugarcane plantations and varied crops (mainly potatoes). Three soil samples were taken in each land use replication, at only one depth level (0-10 cm), following a stratified completely randomized sampling design. For the extraction Berlese-Tullgren funnels were used, with a source of light and heat, during seven days. The highest values of taxonomic composition of these soil microarthropods were found in the forests, with 16 families, followed by pasturelands with nine families, varied crops and sugarcane plantations with six families each. On the other hand, the largest representation of detritivorous groups appeared in the forest with four orders, 15 families and 151 individuals, followed by varied crops with two orders, five families and 62 individuals, and pasturelands with two orders, eight families and 37 individuals; while in sugarcane plantations fungivores were the best represented by an order and 22 individuals. The taxonomic and trophic composition of the groups that integrate the edaphic mesofauna indicated the soil degradation status in the order sugarcane plantation-varied crops, followed by pastureland and, finally, forest.

Key words: Multiple land use, soil fauna

### Introducción

Los procesos de degradación que se presentan en los suelos de Cuba (principalmente en los de composición ferralítica de la región occidental del país) debido a la intensificación de las actividades agrícolas y pecuarias, así como al mal manejo de estos, ejercen un fuerte impacto en los cambios de pH, el grado de porosidad del suelo, y la disminución del contenido de materia orgánica y de la estabilidad estructural de los agregados, los cuales son factores primordiales en el mantenimiento de la productividad de los agroecosistemas, de acuerdo con lo planteado por Masri y Ryan (2006).

En relación directa con la transformación de las propiedades del suelo, se puede mencionar un componente de la biota edáfica que actúa como microingeniero del ecosistema y contribuye, de forma eficiente, en el mejoramiento de la aireación, la porosidad, la infiltración del agua y un mayor aporte de fuentes nutritivas en todo el perfil. Esta categoría zoológica se conoce como mesofauna del suelo, cuya función principal es participar en la descomposición de la materia orgánica aumentando el área de acción de los microorganismos descomponedores mediante la fragmentación de los residuos vegetales. También intervienen en la aceleración del reciclaje de los nutrientes y en el proceso de mineralización del nitrógeno y del fósforo (Seastedt y Crossley, 1980). Algunos de los grupos que la integran son detritívoros, como los oribátidos, los colémbolos y los uropodinos, los cuales desempeñan un importante papel en la fertilidad y estabilidad del suelo; otros grupos son depredadores, herbívoros y fungívoros, y su principal función es mantener el equilibrio de las poblaciones y del medio edáfico en general.

Debido precisamente al papel ecológico que desempeñan, Usher *et al.* (2006) plantearon que muchos de los grupos que forman la mesofauna se consideran bioindicadores de la estabilidad y la fertilidad del suelo, por ser muy sensibles a los cambios del medio edáfico, y llegan a establecer el estado de conservación de los suelos en diversos usos de la tierra.

### Introduction

The degradation processes that are present in Cuban soils (mainly those of ferralitic composition in the western region of the country), because of the intensification of agricultural and livestock production activities, as well as bad soil management, have a strong impact on the pH changes, soil porosity degree and decrease of the organic matter content and the structural stability of agroecosystems, according to the report by Masri and Ryan (2006).

Directly related to the transformation of soil properties, a component of the edaphic biota can be mentioned, which acts as microengineer of the ecosystem and contributes, efficiently, to the improvement of aeration, porosity, water infiltration and a higher contribution of nutritional sources throughout the profile. This zoological category is known as soil mesofauna, which main function is to participate in the organic matter decomposition increasing the action area of decomposing microorganisms through the fragmentation of plant residues. They also participate in the acceleration of nutrient recycling and the process of nitrogen and phosphorus mineralization (Seastedt and Crossley, 1980). Some of the groups that integrate it are detritivores, such as oribatids, springtails and uropods, which play an important role in soil fertility and stability; other groups are predators, herbivores and fungivores, and their main function is maintaining the balance of populations and the edaphic environment in general.

Precisely due to the ecological role they play, Usher *et al.* (2006) stated that many of the groups that form the mesofauna are considered bioindicators of soil stability and fertility, as they are very sensitive to the changes of the edaphic environment, and establish the soil conservation status in different land uses.

The objective of this work was to characterize, through the taxonomic and trophic composition of the edaphic mesofauna, the conservation status of ferralitic-composition soils of the Red Plain of Mayabeque and Artemisa, with different uses.

El objetivo de este trabajo fue caracterizar, a través de la composición taxonómica y trófica de la mesofauna edáfica, el estado de conservación de los suelos de composición ferralítica de la Llanura Roja de Mayabeque y Artemisa, con diferentes usos.

### Materiales y Métodos

La investigación se llevó a cabo en la Llanura Roja de Mayabeque y Artemisa, Cuba, en cuatro usos de la tierra, sobre suelos Ferralíticos Rojos (Hernández *et al.*, 1999), en la etapa de mayor pluviosidad del año 2009 (octubre). Se siguió un protocolo de muestreo aleatorio estratificado; se muestrearon 11 sitios en las áreas seleccionadas en las cuatro clases generales de uso de la tierra (CGUT), los cuales se relacionan a continuación:

*Bosque regenerado.* Se escogieron tres sitios: dos bosques semidecíduos ubicados en Managua (22°56'44.80"N, 82°16'11.07"W) y Nazareno (22°58'05.40"N, 82°14'02.72" W) donde predominan las especies maderables como la baría (*Cordia gerascanthus* L.), la palma real (*Roystonea regia* (Kunth) O. F. Cook), el ocuje (*Calophyllum inophyllum* L.), la caoba (*Swietenia mahagoni* (L.) Jacq.) y el cedro (*Cedrela odorata* L.); sus estratos herbáceos y arbustivos permitían la total cobertura del suelo. El otro sitio se halla en Aguacate (22°59'17.90"N, 81°50'01.03" W), con un alto nivel de antropización y predominio de especies frutales como el mamey colorado (*Pouteria sapota* H. E. Moore & Stearn), el mango (*Mangifera indica* L.), el aguacate (*Persea americana* L.) y el caimito (*Crysophyllum cainito* L.); el estrato herbáceo y arbustivo se presentaba de forma dispersa.

*Pastizales.* Se seleccionaron dos; uno está ubicado en la vaquería Genético 3 del Instituto de Ciencia Animal (23°00'01.50"N, 82°09'49.10"W), municipio de Güines, donde se aplicaba el sistema de pastoreo racional Voisin y la gramínea dominante era la hierba de guinea (*Panicum maximum*, Jacq), con una cobertura del suelo de 70%. La otra vaquería escogida fue la 025 de Guayabal (22°53'52.10"N, 82°02'08.12"W),

### Materials and Methods

The study was conducted in the Red Plain of Mayabeque and Artemisa, Cuba, in four land uses on Ferralitic Red soils (Hernández *et al.*, 1999), in the period of highest rainfall of 2009 (October). A stratified random sampling protocol was followed; 11 sites in the selected areas were sampled in the four general classes of land use (GCLU), which are related below:

*Regenerated forest.* Three sites were chosen: two semi-deciduous ones located in Managua (22°56'44.80" N, 82°16'11.07" W) and Nazareno (22°58'05.40" N, 82°14'02.72" W) where timber species prevailed, such as *Cordia gerascanthus* L., *Roystonea regia* (Kunth) O. F. Cook, *Calophyllum inophyllum* L., *Swietenia mahagoni* (L.) Jacq. and *Cedrela odorata* L.; their herbaceous and shrubby strata allowed total soil cover. The other site was located in Aguacate (22°59'17.90" N, 81°50'01.03" W), with a high anthropization level and predominance of fruit trees, such as *Pouteria sapota* H. E. Moore & Stearn, *Mangifera indica* L., *Persea americana* L. and *Crysophyllum cainito* L.; the herbaceous and shrubby strata were dispersed.

*Pasturelands.* Two were selected: one is located in the dairy unit 3 of the Institute of Animal Science (23°00'01.50" N, 82°09'49.10" W), Güines municipality, where the Voisin rational grazing system was applied and the prevailing grass was Guinea grass (*Panicum maximum* Jacq.) with a 70% soil cover. The other chosen dairy unit was 025 from Guayabal (22°53'52.10" N, 82°02'08.12" W), San José municipality, without a defined grazing system. The prevailing species were star grass (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst) and Guinea grass with 90% soil cover. Neither area was subject to any type of additional organic input, except the litter from pastures and the direct contribution of cattle manure.

*Varied crops.* Three areas were selected, dedicated to agriculture for more than 10 years, located in the Güines (22°47'43.60" N, 82°02'31.46" W), Batabanó (22°46'42.40" N, 82°15'08.27" W) and Güira de Melena (22°45'40.50" N, 82°29'21.71" W) municipalities, with a traditional tillage system and electrical

municipio San José de las Lajas, sin un sistema de pastoreo definido. Las principales especies predominantes eran el pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst) y la hierba de guinea, con un 90% de cobertura del suelo. Ambas áreas no estaban sometidas a ningún tipo de entrada adicional orgánica, solo la hojarasca propia de los pastos y el aporte directo de estiércol vacuno.

*Cultivos varios.* Se escogieron tres áreas, dedicadas a la agricultura por más de 10 años, ubicadas en los municipios de Güines (22°47'43.60" N, 82°02'31.46" W), Batabanó (22°46'42.40" N, 82°15'08.27" W) y Güira de Melena (22°45'40.50" N, 82°29'21.71"W), con un sistema de labranza tradicional y de riego eléctrico por aspersión, de pivote central. Además se aplicó la fórmula completa de NPK con una dosis de 1 490 kg/ha y 224 kg de urea /ha, empleando el fertirriego en tres o cuatro aplicaciones. El cultivo principal de dichas áreas era la papa (*Solanum tuberosum* L.), la cual se encontraba en constante rotación con boniato (*Ipomoea batatas* L.), frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y maíz (*Zea mays* L.), entre otros. La vegetación arvense estaba representada por don Carlos (*Sorghum halepense* L. Pers.), ble-do (*Amaranthus hybridus* L.), romerillo (*Bidens pilosa* L.) y cebolleta (*Cyperus rotundus* L.).

*Caña de azúcar.* Se muestrearon tres unidades cañeras de los municipios Güira de Melena (22°50'24.80"N, 82°26'50.56"W), San Nicolás de Bari (22°46'32.60"N, 81°55'05.90"W) y Madruga (22°58'47.00"N, 81°50'49.24"W). Cada área tenía más de 20 años de explotación y una extensión de alrededor de 15 ha. Las variedades de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) utilizadas fueron la CP 52-43, C 86-12, C 323-68, C 323-68 y C 86-56. Se utilizó el sistema de riego por gravedad, con una adecuada nivelación del terreno. Se aplicaron las siguientes dosis de fertilización inorgánica: N (62,13 kg/ha), P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (25,73 kg/ha) y K<sub>2</sub>O (82,78 kg/ha). Las principales malezas detectadas fueron don Carlos, cebolleta, sancaraña (*Rottboellia cochinchinensis* L.F.) y pata de gallina (*Eleusine indica* (L.) Gaertn).

spray irrigation, of central pivot. In addition, the full NPK formula with a dose of 1 490 kg/ha and 224 kg of urea/ha were applied, as well as fertigation in three or four applications. The main crop of these areas was potato (*Solanum tuberosum* L.), which was in constant rotation with sweet potato (*Ipomoea batatas* L.), beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and corn (*Zea mays* L.), among others. Weeds were represented by *Sorghum halepense* L. Pers., *Amaranthus hybridus* L. and *Cyperus rotundus* L.

*Sugarcane plantations.* Three sugarcane production units were sampled, from the Güira de Melena (22°50'24.80" N, 82°26'50.56.» W), San Nicolás de Bari (22°46'32.60" N, 81°55'05.90" W) and Madruga (22°58'47.00" N, 81°50'49.24" W) municipalities. Each area had been exploited for more than 20 years and had an extension of around 15 ha. The sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) varieties used were CP 52-43, C 86-12, C 323-68 and C 86-56. Gravity irrigation was used, with an adequate land leveling. The following inorganic fertilization doses were applied: N (62,13 kg/ha), P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (25,73 kg/ha) and K<sub>2</sub>O (82,78 kg/ha). The main weeds detected were *S. halepense*, *C. rotundus*, *Rottboellia cochinchinensis* L.F. and *Eleusine indica* (L.) Gaerth.

#### *Sampling of edaphic mesofauna*

Three soil samples were taken in the 11 sampling sites, at only one depth level (0-10 cm), with a cylinder of 5 cm diameter and 10 cm depth.

For the extraction of the edaphic fauna, Berlese-Tullgren funnels were used, with a light and heat source, through the direct action of 40-W fluorescent lamps, for seven days. The individuals were counted and separated under the stereoscope, with the aid of a teasing needle. The collected specimens were preserved in 70% alcohol and they were identified according to the classification of Brusca and Brusca (2003) and Krantz (2009) to the family category

#### *Statistical data processing*

In order to corroborate the best represented groups from the trophic point of view in each

*Muestreo de la mesofauna edáfica*

Se tomaron tres muestras de suelo en los 11 sitios de muestreo, a un solo nivel de profundidad (0 -10 cm), con un cilindro de 5 cm de diámetro por 10 cm de profundidad.

Para la extracción de la fauna edáfica se utilizaron los embudos de Berlese-Tullgren, con una fuente de luz y calor, a través de la acción directa de lámparas de luz fría de 40 W, durante siete días. Se procedió al conteo y separación de los individuos bajo el estereoscopio, con ayuda de una aguja enmangada. Los ejemplares recolectados se conservaron en alcohol al 70% y se procedió a su identificación, de acuerdo con la clasificación de Brusca y Brusca (2003) y Krantz (2009), y se llegó hasta la categoría de familia.

*Procesamiento estadístico de los datos*

Con el propósito de corroborar los grupos mejor representados desde el punto de vista trófico en cada sitio de muestreo, se empleó la prueba de Kruskal-Wallis; en los casos en que las diferencias fueron significativas se aplicó la prueba de Student-Newman-Keuls (SNK). El procesamiento estadístico se realizó mediante el paquete del programa automatizado TONYSTAT (Sigarroa, 1987).

**Resultados y Discusión***Composición taxonómica en los diferentes usos de la tierra*

Las comunidades de la mesofauna en los cuatro usos de la tierra (CGUT) pertenecen al phylum Arthropoda, representado por dos subphylum, tres clases, dos subclases y siete órdenes. En particular la subclase Arachnida estuvo compuesta por cuatro órdenes. Los órdenes Collembola, Oribatida, Mesostigmata y Diplura estuvieron representados por 17 familias, y para los órdenes Astigmata, Prostigmata, y Psocoptera se determinaron 41 morfoespecies (tabla 1).

En el bosque se obtuvieron un total de 170 individuos pertenecientes a las dos clases, una subclase, seis órdenes y un total de 16 familias. De la subclase Arachnida, Oribatida estuvo representado por nueve familias, Mesostigmata por

un sitio, the Kruskal-Wallis test was used; in the cases in which the differences were significant, the Student-Newman-Keuls (SNK) test was applied. The statistical processing was made using the package of the automated program TONYSTAT (Sigarroa, 1987).

**Results and Discussion***Taxonomic composition in the different land uses*

The mesofauna communities in the four land uses (GCLU) belong to the phylum Arthropoda, represented by two subphyla, three classes, two subclasses and seven orders. Particularly, the subclass Arachnida was composed by four orders. The orders Collembola, Oribatida, Mesostigmata and Diplura were represented by 17 families, and for the orders Astigmata, Prostigmata and Psocoptera 41 morphospecies were determined (table 1).

In the forest a total of 170 individuals were obtained belonging to the two classes, one subclass, six orders and 16 families. From the subclass Arachnida, Oribatida was represented by nine families, Mesostigmata by two and Astigmata by the lowest amount of individuals. The order Diplura was represented by one family and Collembola by four families.

Prieto *et al.* (2005) reported a higher number of families for Oribatida in another Cuban secondary forest (21 families). The use regenerated forest showed certain anthropization degree, as one of them was dedicated to environmental education and the recreation of its inhabitants; in addition, there was not much litter accumulated on the soil and the herbaceous and shrubby strata were scarce, although the tree canopy provided large shade. These aspects can be the cause of the family number decrease of these orders in this case.

Nevertheless, in this land use four families of the order Oribatida appeared exclusively, two of Collembola, one of Mesostigmata and one of Diplura (table 1). The families of the order Oribatida were: *Nothridae*, *Haplozetidae*, *Protolophoridae* and *Collophoridae*, which show a more whitish body with less chitin,

Tabla 1. Composición taxonómica y estructura funcional de la mesofauna edáfica en las cuatro CGUT estudiadas  
 Table 1. Taxonomic composition and functional structure of the edaphic mesofauna in the four studied GCLUs.

Phylum	Subphylum	Clase	Subclase	Orden	Familia	Grupo trófico	Uso de la tierra			
Arthropoda	Hexapoda	Entognatha	-	Collembola	Hypogastruridae	Detritívoro	B, P			
			-		Onychiuridae		B			
			-		Poduridae		B, C V, P, CA			
			-		Dicyrtomidae		B			
				-	Diplura	Campodeidae		B		
			Insecta	Pterygota	Psocoptera	Sin identificar	Sin determinar	C V		
	Cheliceriformes	Cheliceratha	Arachnida	Arachnida	Oribatida	Nothridae	Detritívoro	B		
						Galumnidae		B, C V, P, CA		
						Schelorbitidae	B, C V, P, CA			
						Oribatellidae	B, C V, P, CA			
						Achipteriidae	B, C V, P, CA			
						Protophoridae		B		
						Collophoridae		B		
						Haplozetidae		B		
						Oppiidae		P		
						Ceratozetidae		B, P		
							Mesostigmata	Gamasidae	Depredador	B, C V, P, C A
								Uropodidae	Detritívoro	B
							Astigmata	-	Fungívoro	B, C V, P, CA
							Prostigmata	-	Depredador	CV

B: bosque; P: pastizal; CV: cultivos varios; CA: caña de azúcar

dos y Astigmata por la menor cantidad de individuos. En el caso del orden Diplura fue representado por una familia, y Collembola por cuatro familias.

Prieto *et al.* (2005) informaron un número superior de familias para Oribatida en otro bosque secundario de Cuba (21 familias). El uso bosque regenerado presentó cierto grado de antropización, al estar uno de ellos dedicado a la educación ambiental y a la recreación de sus habitantes; además no presentaba mucha hojarasca acumulada sobre el suelo y el estrato herbáceo y arbustivo era escaso, aunque las copas de los árboles brindaban una extensa sombra. Estos aspectos pueden ser la causa de la disminución del número de familias de estos órdenes en este caso.

No obstante, en este uso de la tierra aparecieron como exclusivas cuatro familias del orden Oribatida, dos de Collembola, una de Mesostigmata y una de Diplura (tabla 1). Las familias del orden Oribatida fueron: *Nothridae*,

characteristics which make them more sensitive to alterations of the edaphic environment. *Dicyrtomidae* and *Onychiuridae* are the families of springtails which only appeared in the regenerated forest. The former is acknowledged by specialists as indicator of preserved areas as they show lower ecological plasticity due to their morphological characteristics (globose and little chitinized body); while *Onychiuridae* is considered a bioindicator of the disturbance in plant stratification (González *et al.*, 2003). On the other hand, Arroyo *et al.* (2003) reported in Spanish agroecosystems the presence of these springtails in all plots, which provides information of their high ecological value as biological indicator of the health of edaphic ecosystems.

*Uropodidae* and *Campodeidae* were the families from the orders Mesostigmata and Diplura, respectively, which were found only in the use regenerated forest. Both families need abundant organic matter and moisture for the establishment and development of their populations.

*Haplozetidae*, *Protoplophoridae* y *Collophmanidae*, las cuales presentan un cuerpo con menos quitina y de color más blanquecino, características que las hacen más sensibles a las alteraciones del medio edáfico. *Dicyrtomidae* y *Onychiuridae* son las familias de colémbolos que sólo aparecieron en el bosque regenerado. La primera está reconocida por los especialistas como indicador de áreas conservadas, por presentar menor plasticidad ecológica debido a sus características morfológicas (cuerpo globoso y poco quitinizado); mientras que *Onychiuridae* es considerada como bioindicador de la perturbación en la estratificación vegetal (González *et al.*, 2003). Por otra parte, Arroyo *et al.* (2003) reportaron en agroecosistemas españoles la presencia de estos colémbolos en todas las parcelas, lo que ofrece información de su alto valor ecológico como indicador biológico de la salud de los ecosistemas edáficos.

*Uropodidae* y *Campodeidae* fueron las familias de los órdenes Mesostigmata y Diplura, respectivamente, que se encontraron únicamente en el uso bosque regenerado. Ambas familias necesitan abundante materia orgánica y humedad para el establecimiento y desarrollo de sus poblaciones.

Se observó en el pastoreo un empobrecimiento en el número total de organismos (43), de órdenes (cuatro) y de familias (nueve), y mantuvieron el número de clases y subclases presentes con respecto a los taxones reportados para el bosque (tabla 1). En este uso de la tierra se encontraron ocho familias, seis del orden Oribatida y dos del orden Collembola. La presencia de la familia *Oppiidae* sólo en este uso indica perturbación o alteración del medio edáfico. Berch *et al.* (2007) la consideran como indicadora de perturbación en los pastizales y los agroecosistemas, y pionera al colonizar áreas agrícolas.

Otra familia de ácaros con una distribución menos restringida es *Ceratozetidae*, la cual aparece en los usos bosque regenerado y pastizal, y está considerada como pobre en agroecosistemas y ecosistemas alterados por la actividad antrópica (Norton, 1994).

An impoverishment in the total number of organisms (43), orders (four) and families (nine) was observed in grazing, and the number of classes and subclasses present was preserved as compared to the taxa reported for the forest (table 1). In this land use eight families were found, six from the order Oribatida and two from the order Collembola. The presence of the family *Oppiidae* only in this use indicates disturbance or alteration of the edaphic environment. Berch *et al.* (2007) consider it an indicator of disturbance in pasturelands and agroecosystems, and pioneer when colonizing agricultural areas.

Another family of mites with a less restricted distribution is *Ceratozetidae*, which appears in the uses regenerated forest and pastureland and is considered poor in agroecosystems and ecosystems altered by anthropic activity (Norton, 1994).

In the uses destined to varied crops a total of 113 individuals representatives of three classes, two subclasses, six orders and only six families, were obtained. In the sugarcane plantation 54 specimens were present, belonging to two classes, one subclass, four orders and six families. In both land uses the families belonged to the following orders: four to Oribatida, one to Collembola and another to Mesostigmata. Arroyo *et al.* (2003) found, in cultivated fields in Spain, similar results as the ones obtained in this study regarding the number of families present for oribatids; while other authors refer for springtails higher values of family richness in cultivated fields with common beans, coffee and sugarcane, in Costa Rica and Cuba (González *et al.*, 2003; Guillén *et al.*, 2006).

The agroecosystems were subject to disturbances in their physical, chemical and biological properties of the edaphic environment, due to the intense tillage and the application of pesticides and chemical fertilization to the crops, which caused the elimination of groups susceptible to temperature increase and humidity decrease, as well as the destruction of niches, especially of those taxa with a longest life cycle as in the case of oribatids (Behan-Pelletier, 1999).

En los usos destinados a los cultivos varios se obtuvieron un total de 113 individuos representantes de tres clases, dos subclases, seis órdenes y sólo seis familias. En el cultivo de la caña de azúcar estaban presentes 54 ejemplares pertenecientes a dos clases, una subclase, cuatro órdenes y seis familias. En ambos usos de la tierra las familias pertenecían a los siguientes órdenes: cuatro a Oribatida, una a Collembola y otra a Mesostigmata. Arroyo *et al.* (2003) encontraron, en campos cultivados de España, resultados similares a los hallados en este estudio en cuanto al número de familias presentes para oribátidos; mientras otros autores refieren para colémbolos mayores valores de riqueza de familias en los campos cultivados con habas, café y caña de azúcar, en Costa Rica y Cuba (González *et al.*, 2003; Guillén *et al.*, 2006).

Los agroecosistemas estuvieron sometidos a perturbaciones en sus propiedades físicas, químicas y biológicas del medio edáfico, por el intenso laboreo y por la aplicación de plaguicidas y fertilización química a los cultivos, lo que provocó la eliminación de grupos susceptibles al aumento de la temperatura y a la disminución de la humedad, así como la destrucción de los nichos, sobre todo de aquellos taxones con un ciclo de vida más largo como es el caso de los oribátidos (Behan-Pelletier, 1999).

Específicamente en la fauna edáfica ocurre la desaparición de taxones “exclusivos” que son más frágiles a las perturbaciones del medio y son sustituidos por taxas cosmopolitas y pioneras de medios alterados (Wardle *et al.*, 2004). Este es el caso de las familias *Scheloribatidae*, *Oribatulidae*, *Achipteridae* y *Galumnidae*, comunes y con un mayor número de individuos en todos los usos de la tierra estudiados. Según Norton (1994) las familias *Scheloribatidae* y *Oribatulidae* responden a las prácticas agrícolas de forma predecible y se pueden usar para conocer el estado de degradación del suelo, y la familia *Galumnidae* es tolerante a las fluctuaciones ambientales. En el caso de las familias de colémbolos, *Poduridae* fue la mejor representada en todos los usos de la tierra; mientras

Specifically in the edaphic fauna there is disappearance of “exclusive” taxa, which are more fragile before environment disturbances and are substituted by cosmopolitan taxa, pioneer of altered environments (Wardle *et al.*, 2004). This is the case of the families *Scheloribatidae*, *Oribatulidae*, *Achipteridae* and *Galumnidae*, common and with a higher number of individuals in all the studied land uses. According to Norton (1994) the families *Scheloribatidae* and *Oribatulidae* respond to agricultural practices in a predictable way and they can be used to know the soil degradation status, and the *Galumnidae* family is tolerant to environmental fluctuations. In the case of springtail families, *Poduridae* was the best represented in all land uses; while *Hipogastruridae* was present only in the regenerated forest and the pastureland.

#### *Trophic composition of the mesofauna components in the different land uses*

The communities of soil microarthropods were composed by three trophic categories: detritivores, predators and fungivores (fig. 1). The Kruskal-Wallis test showed significant differences among trophic groups regarding the number of individuals (forest:  $H = 21,01$ ; pastureland:  $H = 8,27$  and varied crops:  $H = 7,81$   $p < 0,05$ ,  $gl = 2$ ), and according to SNK detritivores were the most abundant in the forest, the pastureland and in varied crops. In the sugarcane plantations ( $H = 1,33$ ,  $p < 0,05$ ,  $gl = 2$ ) there were no significant differences among these trophic groups, and fungivores were the most represented in such use.

A higher number of detritivore individuals (151) and families (15) was observed in the regenerated forest than in the other soil uses; among them there were very demanding taxa in terms of the edaphoclimatic conditions and the quality and quantity of the available organic material for its decomposition. The majority presence of this trophic group is an indicator of the fertility and stability of the edaphic environment. This land use had an average of 80 years of establishment and it showed neither livestock production interventions nor addition of external sources of organic material, or chemical products; for such



*Hipogastruridae* estuvo presente sólo en el bosque regenerado y en el pastizal.

*Composición trófica de los componentes de la mesofauna en los diferentes usos de la tierra*

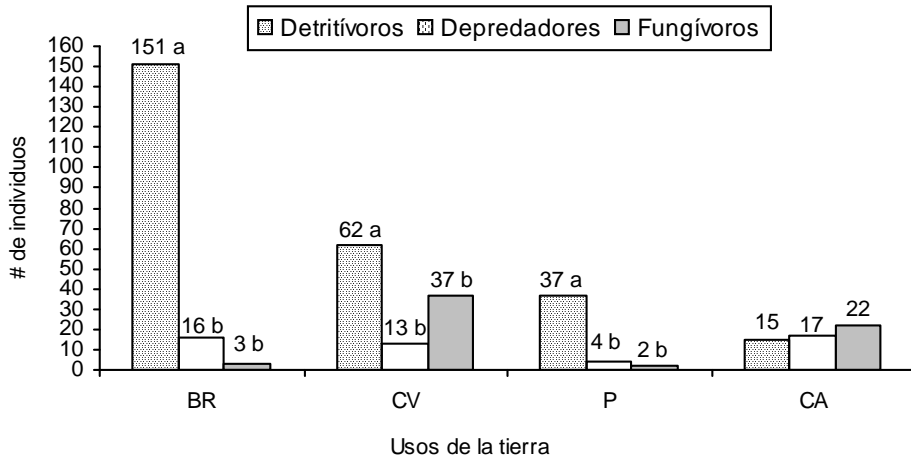
Las comunidades de los microartrópodos del suelo estuvieron compuestas por tres categorías tróficas: detritívoros, depredadores y fungívoros (fig. 1). La prueba de Kruskal-Wallis mostró diferencias significativas entre los grupos tróficos en cuanto al número de individuos (bosque:  $H = 21,01$ ; pastizal:  $H = 8,27$  y cultivos varios:  $H = 7,81$   $p < 0,05$ ,  $gl = 2$ ), y según el SNK los detritívoros fueron los más abundantes en el bosque, en el pastizal y en cultivos varios. En la caña de azúcar ( $H = 1,33$   $p < 0,05$ ,  $gl = 2$ ) no existieron diferencias significativas entre estos grupos tróficos, y los fungívoros fueron los de mayor representación en dicho uso.

En el bosque regenerado se observó el mayor número de individuos (151) y de familias detritívoras (15) que en los restantes usos del suelo; entre ellos estaban presentes taxones muy exigentes en cuanto a las condiciones edafoclimáticas y de la calidad y cantidad del material orgánico disponible para su descomposición. La presencia mayoritaria de este grupo

reason it can be considered as a more ecologically stable and balanced use, with a higher number of plants with mycorrhizal associations, which also serve to feed the populations of the edaphic mesofauna and improve the conditions for the establishment of these trophic groups (Bardgett and Wardle, 2003).

In this same land use the representation of fungivores was minimal (three) in spite of the food abundance (fungi) this group has, according to the report by Ponce de León *et al.* (2009). Fungivores, represented by the order Astigmata, are a group that consumes fungal hyphae and mycelia, abundant in soils with natural or anthropic disturbances, for which it is known as a good indicator of the ecological conditions of the edaphic environment (Andrés, 1990).

Predators were observed in the regenerated forest, with a representation of 16 individuals. In this use a higher number was found of individuals that constitute their prey (immature stages of oribatids and springtails). Vásquez *et al.* (2007) stated that their quantities depend on their prey, but always in lesser amounts, because their role is to control the edaphic fauna communities; when this ratio is not respected, this trophic group becomes an indicator of soil disturbance or alteration.



Medias con letras iguales no difieren en el mismo ecosistema para  $p < 0,05$ , según SNK. BR: bosque regenerado; CV: cultivos varios; P: pastizal; CA: caña de azúcar

Fig. 1. Composición trófica de la mesofauna edáfica (no. de ind.) en los cuatro usos en estudio

Fig. 1. Trophic composition of the edaphic mesofauna (no. of ind.) in the four studied uses.

trófico es un indicador de la fertilidad y la estabilidad del medio edáfico. Este uso de la tierra tenía un promedio de 80 años de establecido y no presentaba intervenciones agropecuarias ni adiciones de fuentes externas de material orgánico, ni de productos químicos; por ello se puede considerar como un uso más estable y equilibrado ecológicamente, con una mayor cantidad de plantas con asociaciones micorrízicas, las cuales sirven también de alimento a las poblaciones de la mesofauna edáfica y mejoran las condiciones para el establecimiento de estos grupos tróficos (Bardgett y Wardle, 2003).

En este mismo uso de la tierra la representación de fungívoros fue mínima (tres) a pesar de la abundancia de alimento (hongos) con que cuenta este grupo, según lo informado por Ponce de León *et al.* (2009). Los fungívoros, representados por el orden Astigmata, son un grupo consumidor de hifas y micelios de hongos abundante en suelos con perturbaciones naturales o antrópicas, por lo que es conocido como un buen indicador de las condiciones ecológicas del medio edáfico (Andrés, 1990).

Los depredadores se observaron en el bosque regenerado, con una representación de 16 individuos. En este uso se encontró un mayor número de individuos que constituyen sus presas (estados inmaduros de oribátidos y colémbolos). Vásquez *et al.* (2007) plantearon que sus cantidades están en dependencia de sus presas, pero siempre en menor cuantía pues su papel es controlar las poblaciones de la pedofauna; cuando esta relación no se respeta, este grupo trófico se convierte en un indicador de perturbación o alteración del suelo.

En el pastizal se reportaron 37 individuos con hábitos alimentarios detritívoros. Estos pastizales tenían un promedio de 80 años de establecidos, con un 80% de cobertura aproximadamente, lo que favorece la disminución de la temperatura y el aumento de la humedad del medio edáfico; además fueron manejados con una carga baja o media, lo cual garantiza un discreto aporte adicional de materia orgánica al suelo; todos estos son factores importantes para el desarrollo y la permanencia de este grupo trófico en este tipo

In the pastureland 37 individuals with detritivore habits were reported. These pasturelands had been established for 80 years as average, with approximately 80% cover, which favors temperature decrease and moisture increase in the edaphic environment; in addition, they were managed with a low or moderate stocking rate, which guarantees a discreet additional contribution of organic matter to the soil; all these are important factors for the development and permanence of this trophic group in such use type. Similar results were found by Socarrás (2006) in a pastureland with similar characteristics, in an organically managed farm of the Artemisa province.

The presence of fungivore organisms (2) and predators (4) was poorly represented in this pastureland. In the case of fungivores this could have occurred due to the lower amount of fungi reported by Ponce de León *et al.* (2009), which constitute their food source.

In spite of the intense tillage and the supply of pesticides and chemical fertilization, a high number of detritivores (62) was reached in the land used destined for varied crops. Their abundant presence could have been associated to a high percentage of weeds together with the crop, which increased soil cover, beneficial aspect for the mesofauna establishment by providing shade, decreasing temperature and increasing soil moisture and food availability. Thirty-seven fungivores were found, due to the influence of the adverse conditions that are present in this use type. Predators had a lower presence (13), but there was a higher quantity of different groups and higher prey availability.

In sugarcane plantations the minimum values of detritivore organisms (15) were observed. This is a crop with a non uniform plant cover, with chemical fertilization and intense tillage, aspects which do not favor the presence and establishment of these edaphic groups. Nevertheless, in this land use the conditions favored the establishment of fungivores (22) and predators (17), which reached a wide representation by responding positively to the disturbances caused in the edaphic environment; in addition, the fungi values

de uso. Resultados similares encontró Socarrás (2006) en un pastizal con características semejantes, en una finca con manejo orgánico en la provincia Artemisa.

La presencia de organismos fungívoros (2) y depredadores (4) estuvo pobremente representada en este pastizal. En el caso de los fungívoros pudo deberse a la menor cantidad de hongos reportados por Ponce de León *et al.* (2009), los cuales constituyen su fuente de alimento.

A pesar del intenso laboreo y del suministro de pesticidas y la fertilización química, se alcanzó un número alto de detritívoros (62) en el uso de la tierra destinado a cultivos varios. Su abundante presencia pudo estar asociada con un alto porcentaje de plantas arvenses junto al cultivo, que aumentaba la cobertura del suelo, aspecto beneficioso para el establecimiento de la mesofauna al brindar sombra, disminuir la temperatura, y aumentar la humedad del suelo y la disponibilidad de alimentos. Se encontraron 37 fungívoros, debido a la influencia de las condiciones adversas que se presentan en este tipo de uso. Los depredadores tuvieron una menor presencia (13), pero hubo una mayor cantidad de grupos diferentes y una mayor disponibilidad de presas.

En la caña de azúcar se observaron los valores mínimos de los organismos detritívoros (15). Este es un cultivo con una cobertura vegetal no uniforme, con fertilización química e intenso laboreo agrícola, aspectos que no favorecen la presencia y el establecimiento de estos grupos edáficos. No obstante, en este uso de la tierra las condiciones propiciaron el establecimiento de los fungívoros (22) y depredadores (17), los cuales alcanzaron una amplia representación al responder positivamente a las perturbaciones ocasionadas en el medio edáfico; además los valores de hongos reportados por Ponce de León *et al.* (2009) para este uso permiten disponer de una apreciable cantidad de alimento para su establecimiento.

De manera general, la estructura trófica de las comunidades de la mesofauna en los usos estudiados mostró estrategias diferentes en la regulación de los procesos edáficos. El predomi-

reported by Ponce de León *et al.* (2009) for this use allow having a remarkable food amount for their establishment.

In general, the trophic structure of the mesofauna communities in the studied uses showed different strategies in the regulation of edaphic processes. The predominance of a detritivorous fauna in the forest, the pastureland and varied crops should contribute to prevent the accumulation of a higher quantity of the organic matter that enters these systems, favoring decomposition rate and the nutrient cycle. In the use sugarcane plantation, the plant cover is less homogeneous and, thus, the soil is more exposed to sun incidence and rainfall, and the nutrient mineralization and leaching processes occur more intensively. In this case, the higher proportion of fungivore organisms compensates these processes, by crushing fungal material and accelerating nutrient decomposition and incorporation to the soil.

### Conclusions

1. The edaphic mesofauna communities in the four land uses were constituted by a phylum, two subphyla, three classes, two subclasses, seven orders and 17 determined families.
2. In the forest 16 families were found, 15 detritivore ones and from them eight were exclusive of this use; in the pastureland there were nine families, eight detritivore ones and only one exclusive; while in varied crops and sugarcane plantations six families appeared, five of them detritivores and all generalists.
3. In general, the taxonomic composition and the presence of detritivore groups of the edaphic mesofauna increased in the sense: sugarcane plantation-varied crops, followed by pastureland and, finally, forest, which indicates the soil conservation status in each land use.

--End of the English version--

nio de una fauna detritívora en el bosque, el pastizal y en cultivos varios debe contribuir a evitar la acumulación de una mayor cantidad de materia orgánica que entra a estos sistemas, favoreciendo

la velocidad de descomposición y el ciclo de los nutrientes. En el uso caña de azúcar, la cobertura vegetal es menos homogénea y, por tanto, el suelo está más expuesto a la incidencia del sol y las precipitaciones, y los procesos de mineralización y el lavado de nutrientes ocurren más intensamente. En este caso la mayor proporción de organismos fungívoros compensa estos procesos, al encargarse de triturar el material fúngico y acelerar la descomposición e incorporación de nutrientes al suelo.

### Conclusiones

1. Las comunidades de la mesofauna edáfica en los cuatro usos de la tierra estuvieron constituidas por un phylum, dos subphylum, tres clases, dos subclases, siete órdenes y 17 familias determinadas.
2. En el bosque se encontraron 16 familias, 15 detritívoras y de ellas ocho eran exclusivas de este uso; en el pastizal se hallaron nueve familias, ocho detritívoras y solo una exclusiva; mientras en cultivos varios y caña de azúcar aparecieron seis familias, cinco detritívoras todas generalistas.
3. De forma general, la composición taxonómica y la presencia de grupos detritívoros de la mesofauna edáfica aumentó en el sentido: caña de azúcar-cultivos varios, seguido de pastizal y, por último, bosque, lo que indica el estado de conservación del suelo en cada uso de la tierra.

### Referencias bibliográficas

- Andrés, Pilar. 1990. Descomposición de la materia orgánica en dos ecosistemas forestales del macizo del Montseny. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Biológicas. Universitat Autònoma de Barcelona. España. 237 p.
- Arroyo, J. *et al.* 2003. Una aproximación al uso de taxones de artrópodos como bioindicadores de condiciones edáficas en agroecosistemas. *Boletín SEA*. 32:73
- Bardgett, R.D. & Wardle, D.A. 2003. Herbivore-mediated linkages between aboveground and belowground communities. *Studies on the soil fauna with special reference. Ecology*. 84: 2258
- Behan-Pelletier, Valerie. 1999. Oribatid mites biodiversity in agroecosystems: role for bioindication. *Agric. Ecosyst. and Environ.* 74:411
- Berch, S.M. *et al.* 2007. Responses of soil mesofauna communities and oribatid mite species to preparation treatments in high-elevation cutblocks in southern British Columbia. *Pedobiologia*. 51:23
- Brusca, R. & Brusca, G.J. 2003. Invertebrates. Sinauer Associates. Sunderland, 2<sup>nd</sup> ed. Massachusetts, USA. 966 p.
- González, V. *et al.* 2003. Influencia de la cobertura vegetal sobre las comunidades de la mesofauna edáfica en parcelas experimentales de caña de azúcar. *Rev. Biología*. 17:18
- Guillén, C. *et al.* 2006. Diversidad y abundancia de colémbolos edáficos en un bosque primario, un bosque secundario y un cafetal en Costa Rica. *Agronomía Costarricense*. 30 (2):7
- 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.
- Krantz, G.W. 2009. A manual of Acarology, 2<sup>nd</sup> ed. Oregon State University Book Stores. Corvallis, USA. 509 p.
- Marsi, Z. & Ryan, J. 2006. Soil organic matter and related physical properties in a Mediterranean wheat-based rotation trial. *Soil and Tillage Research*. 87:146
- Norton, R.A. 1994. Evolutionary aspects of oribatid mites life histories and consequences for the origin of the Astigmata. In: Mites: ecological and evolutionary analyses of life-history patterns. (Ed. M.A. Houck). Chapman & Hall. New York, USA. p. 99
- Prieto D. *et al.* 2005. Microartrópodos asociados a la hojarasca de un bosque semideciduo de Bacunayagua, Matanzas, Cuba. *Rev. Biología*: 19 (1-2):57
- Ponce de León, D. *et al.* 2009. Informe Proyecto Racional Científico Técnico (PRCT) Protección del medio ambiente y el desarrollo sostenible cubano "Causas de la degradación de la estructura en los suelos Ferralíticos Rojos en la Llanura Roja de La Habana". Fac. de Agronomía, UNAH, Cuba. 209 p.
- Seastedt, T.R. & Crossley, D.A. 1980. Effects of microarthropods on the seasonal dynamics of nutrients in forest litter. *Soil Biol. Biochem.* 12:377
- Sigarroa, A. 1987. Manual de prácticas de biometría y diseño experimental. ENPES. Cuba. 154 p.
- Socarrás, Ana. 2006. Utilización de la acarofauna edáfica como indicador biológico del estado de los suelos con manejo orgánico en la provincia de La Habana, Cuba. *Poeyana*. 494:31
- Usher, M.B. *et al.* 2006. Understanding biological diversity in soil: the UK's Soil biodiversity research programme. *Appl. Soil Ecol.* 33:101
- Vásquez C. *et al.* 2007. Diversidad de ácaros (Acari: Prostigmata, Mesostigmata, Astigmata) en la hojarasca de formaciones vegetales del Parque Universitario de la UCLA, Venezuela. *Iheringia. Ser. Zool.* 97(4):466
- Wardle, D.A. *et al.* 2004. Ecological linkages between aboveground and belowground biota. *Science*. 304:1629

Recibido el 25 de noviembre del 2010

Aceptado el 19 de abril del 2011