

Caracterización de la mesofauna edáfica bajo diferentes usos de la tierra en suelo Ferralítico Rojo de Mayabeque y Artemisa

Characterization of the edaphic mesofauna under different land uses on Ferralitic Red soil of Mayabeque and Artemisa

Ana A. Socarrás¹ y N. Robaina²

¹Instituto de Ecología y Sistemática

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

²Estación Experimental de Plantas Medicinales, Güira de Melena, La Habana, Cuba

E-mail: anameri@ecologia.cu

Resumen

La investigación se realizó durante el mes de octubre del año 2009, en 11 sitios de dos provincias del país (Mayabeque y Artemisa), con el objetivo de caracterizar la mesofauna edáfica en diferentes usos de la tierra: bosques regenerados, pastizales, caña de azúcar y cultivos en suelo Ferralítico Rojo. 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. Para su extracción se utilizaron los embudos de Berlese-Tullgren, con una fuente de luz y calor, durante siete días. Los máximos valores de densidad (ind.m⁻²) para la mesofauna y para los grupos detritívoros se registraron en el bosque, seguido de los cultivos varios, el pastizal y la caña de azúcar. El balance oribátidos/astigmados fue mayor que uno en el bosque y en el pastizal, lo cual indicó estabilidad y fertilidad del suelo; mientras que en los cultivos varios el balance estuvo muy cercano a uno y ello reveló la necesidad de un cambio de manejo en la explotación agrícola. En el uso caña de azúcar esta relación fue menor que uno, lo que mostró perturbación y desequilibrio del medio edáfico producido por las prácticas agrícolas.

Palabras clave: Organismos indicadores, utilización de la tierra

Abstract

The study was conducted during October, 2009, in 11 sites of two provinces of the country (Mayabeque and Artemisa), in order to characterize the edaphic mesofauna in different land uses: regenerated forests, pasturelands, sugarcane and crops on Ferralitic Red soil. Three soil samples were taken in each replication of land use, at only one depth level (0-10 cm), following a completely randomized sampling design. For their extraction, Berlese-Tullgren funnels were used, with a light and heat source, for seven days. The highest density values (ind.m⁻²) for the mesofauna and detritivorous groups were recorded in the forest, followed by varied crops, pastureland and sugarcane. The oribatides/astigmatids balance was higher than one in the forest and the pastureland, which indicated soil stability and fertility; while in varied crops the balance was very close to one and it revealed the need of a management change in the agricultural exploitation. In the use sugarcane this ratio was lower than one, which showed disturbance and unbalance of the edaphic environment produced by agricultural practices.

Key words: Indicator organisms, land use

Introducción

La intensiva explotación (tecnologías de altos insumos) a que han sido sometidos los suelos agrícolas en Cuba (en especial los de composición ferralítica roja de la llanura de La Habana) con el fin de aumentar los rendimientos y la calidad comercial de sus producciones, ha provocado una pérdida de su fertilidad, manifestada en una elevada acidez, una considerable pérdida de materia orgánica y una reducción de su estabilidad estructural y de los microorganismos del suelo que producen la transformación de la MO. Todo ello indica que existe un gran deterioro del sistema edáfico, que se manifiesta en una disminución de los rendimientos agrícolas, de sus propiedades físicas, químicas y nutricionales, de la regulación de recursos para otros organismos y de la activación de la microfauna edáfica a través de las interacciones mutualistas con el resto de la biota.

La mesofauna, como parte de la biota edáfica, interviene en la descomposición de la materia orgánica, en la aceleración y el reciclaje de los nutrientes y en el proceso de mineralización del fósforo y el nitrógeno, factores decisivos para el mantenimiento de la productividad del suelo (Usher *et al.*, 2006). Muchos de los grupos que la integran funcionan como bioindicadores de la estabilidad y la fertilidad del medio edáfico, ya que son muy sensibles a los cambios climáticos y a las perturbaciones antrópicas, lo que provoca variaciones en su densidad y diversidad.

Debido precisamente al papel ecológico que desempeñan los grupos de la biota edáfica, así como la susceptibilidad que poseen ante los cambios del medio y su relación con algunos atributos físicos y químicos, se consideran bioindicadores de la estabilidad y fertilidad del suelo, llegando a establecer el estado de los suelos en diversos usos de la tierra (Chocobar, 2010).

El objetivo de este trabajo fue caracterizar, a través de la variación de los componentes de la mesofauna edáfica, el estado de conservación de los suelos Ferralíticos de Mayabeque y Artemisa, con diferentes usos.

Introduction

The intensive exploitation (high input technologies) to which agricultural soils have been subject in Cuba (especially those of ferralitic red composition of the Havana plain) in order to increase the yields and commercial quality of their productions, has caused the loss of their fertility, shown in a high acidity, a remarkable loss of organic matter and a reduction of their structural stability and soil microorganisms which produce the OM transformation. All this indicates that there is great deterioration of the edaphic system, which is manifested in a decrease of agricultural yields, the soil physical, chemical and nutritional properties, the regulation of resources for other organisms and the activation of the edaphic microfauna through mutualist interactions with the rest of the biota.

The mesofauna, as part of the edaphic biota, participates in the decomposition of organic matter, in nutrient acceleration and recycling and in the process of phosphorus and nitrogen mineralization, decisive factors for the maintenance of soil productivity (Usher *et al.*, 2006). Many of the groups that integrate it function as bioindicators of the stability and fertility of the edaphic environment, because they are highly sensitive to climate changes and anthropic disturbances, which cause variations in their density and diversity.

Precisely, due to the ecological role played by the groups of the edaphic biota, as well as the susceptibility they have before changes of their environment and their relation to some physical and chemical features, they are considered bioindicators of soil stability and fertility, even establishing soil status in different land uses (Chocobar, 2010).

The objective of this work was to characterize, through the variation of the edaphic mesofauna components, the conservation status of Ferralitic soils of the Mayabeque and Artemisa provinces with different uses.

Materials and Methods

The study was conducted in October, 2009 in the Mayabeque and Artemisa provinces, in four land uses on Ferralitic Red soils (Hernández

Materiales y Métodos

La investigación se realizó en octubre del año 2009 en las provincias Mayabeque y Artemisa, en cuatro usos de la tierra sobre suelos Ferralíticos Rojos (Hernández *et al.*, 1999), siguiendo un protocolo de muestreo aleatorio estratificado. Se seleccionaron 11 sitios de referencia en las áreas muestreadas. Los usos estudiados fueron:

1. *Bosque o vegetación forestal*: Se escogieron tres sitios: dos bosques semidecuidos 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 predominaban especies maderables como la baría (*Cordia gerascanthus*), el ocuje (*Calophyllum inophyllum*), la caoba de Cuba (*Swietenia mahagoni*) y el cedro (*Cedrela odorata*), cuyos estratos herbáceos y arbustivos permitían la total cobertura del suelo; y el otro sitio en Aguacate (22°59'17.90" N, 81°50'01.03" W), con altos niveles de antropización y predominio de especies frutales. El estrato herbáceo y arbustivo se presentó de forma dispersa.
2. *Pastizales*: Se seleccionaron dos pastizales. El primero estaba ubicado en la vaquería genética 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*) con una cobertura del suelo de 70%; además se incorporaban al suelo grandes proporciones de estiércol vacuno procedente de su masa ganadera. La otra vaquería escogida fue la 025 de Guayabal (22°53'52.10" N, 82°02'08.12" W), municipio San José, sin un sistema de pastoreo definido. Las especies predominantes eran el pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) y la hierba de guinea (*P. maximum*) con un 90% de cobertura del suelo. Esta área no estaba sometida a ningún tipo de entrada adicional orgánica, excepto la hojarasca propia de los pastos y el aporte directo de estiércol vacuno.
3. *Cultivos varios*: Se escogieron tres áreas ubicadas en los municipios de Güines

et al., 1999) following a stratified random sampling protocol. Eleven reference sites were selected in the sampled areas. The studied uses were:

1. *Forest or forest vegetation*: Three sites were chosen: two semi-deciduous 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*, *Calophyllum inophyllum*, *Swietenia mahagoni* and *Cedrela odorata*, which herbaceous and shrubby strata allowed the soil to be completely covered; and the other site in Aguacate (22°59'17.90" N, 81°50'01.03" W), with high anthropization and predominance of fruit trees. The herbaceous and shrubby stratum was dispersed.
2. *Pasturelands*: Two pasturelands were selected. The first one was 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*) with a 70% soil cover; in addition, large proportions of cattle manure from the stock were incorporated to the soil. 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*) and Guinea grass (*P. maximum*) with 90% soil cover. This area was not subject to any type of additional organic input, except the litter from pastures and the direct contribution of cattle manure.
3. *Varied crops*: Three areas were selected 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 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

(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, así como fertirriego en tres o cuatro aplicaciones. El cultivo principal de dichas áreas era la papa, la cual se rotaba con boniato (*Ipomoea batatas*), frijol (*Phaseolus vulgaris*) y maíz (*Zea mays*). La vegetación indeseable estuvo representada por Don Carlos (*Sorghum halepense*) y cebolleta (*Cyperus rotundus*).

4. *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). Las variedades de caña utilizadas fueron la CP 52-43, C 86-12, C 323-68, C 323-68 y C 86-56. Se usó riego por gravedad, con una adecuada nivelación del terreno, y se aplicaron las siguientes dosis de fertilización inorgánica: N (62,13 kg/ha), P₂O₅ (25,73 kg/ha) y K₂O (82,78 kg/ha). Las principales malezas fueron Don Carlos, sancaraña (*Rottoboellia conchinchinesis*) y hierba de guinea.

Muestreo de la mesofauna edáfica

Se tomaron tres muestras de suelo en cada réplica de uso de la tierra, a un solo nivel de profundidad (0-10 cm), con un cilindro de 5 cm de diámetro por 10 cm de profundidad, siguiendo un diseño completamente aleatorizado.

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, mediante la clave sugerida por Krantz (2009) para los ácaros y se

aplicaciones. The main crop of these areas was potato, which was rotated with sweet potato (*Ipomoea batatas*), beans (*Phaseolus vulgaris*) and corn (*Zea mays*). Weeds were represented by *Sorghum halepense* and *Cyperus rotundus*.

4. *Sugarcane*: Three sugarcane 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. The sugarcane 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, and the following inorganic fertilization doses were used: N (62,13 kg/ha), P₂O₅ (25,73 kg/ha) and K₂O (82,78 kg/ha). The main weeds were *Rottoboellia conchinchinesis* and *P. maximum*.

Sampling of edaphic mesofauna

Three soil samples were taken in each land use replication, at only one depth level (0-10 cm), with a cylinder of 5 cm diameter and 10 cm of depth, following a completely randomized design.

For the extraction of the edaphic fauna, the 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 alcohol at 70% and they were identified, by means of the key suggested by Krantz (2009) for mites, up to the order category: Cryptostigmata, or Oribatida, Astigmata, Prostigmata and Mesostigmata. For the Collembola identification the key proposed by Palacios-Vargas (1991) was used, and in the case of Psocoptera, the work of Brusca and Brusca (2003). From the number of individuals the average density values (ind.m⁻²) were calculated for each taxon in every area. The applied balance or ratio was oribatids/astigmata proposed by Karg (1963), taking into consideration ecological and functioning criteria of the groups involved in such balance.

llegó hasta la categoría de orden: Cryptostigmata u Oribatida, Astigmata, Prostigmata y Mesostigmata. Para la identificación de Collembola se utilizó la clave propuesta por Palacios-Vargas (1991) y en el caso de Psocoptera, el trabajo de Brusca y Brusca (2003). A partir del número de individuos se calcularon los valores promedio de la densidad (ind.m^{-2}) para cada taxón en cada área. El balance o relación aplicada fue oribatidos/astigmados propuesto por Karg (1963), teniendo en cuenta criterios ecológicos y de funcionamiento de los grupos involucrados en dicho balance.

Procesamiento estadístico de los datos

Los datos de la fauna fueron sometidos a las pruebas de Bartlet y Kolmogorov-Smirnov para comprobar si cumplían homogeneidad de varianza y normalidad, respectivamente. Debido a que no cumplieron estos requisitos, se utilizaron análisis no paramétricos.

Con el propósito de conocer si existían diferencias en la densidad de las comunidades edáficas entre las áreas y determinar su variación entre los distintos usos, 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 utilizando el paquete del programa automatizado TONYSTAT (Sigarroa, 1987).

Resultados y Discusión

Los valores promedio de densidad de los microinvertebrados oscilaron entre 28 843 ($\pm 5 019$) ind.m^{-2} en el bosque, 19 173 ($\pm 2 987$) ind.m^{-2} en los cultivos varios y hasta 10 943 ($\pm 4 472$) y 9 162 ($\pm 3 468$) ind.m^{-2} en el pastizal y la caña de azúcar, respectivamente. Según la prueba de Kruskal-Wallis, las comunidades mostraron diferencias altamente significativas ($p < 0,05$) entre los usos estudiados, en cuanto a este indicador. El SNK evidenció que la mesofauna fue más abundante en el bosque, seguido de los cultivos varios. La menor abundancia se apreció en el pastizal y en la caña de azúcar, aunque estos últimos usos no difirieron entre sí (fig. 1).

Statistical data processing

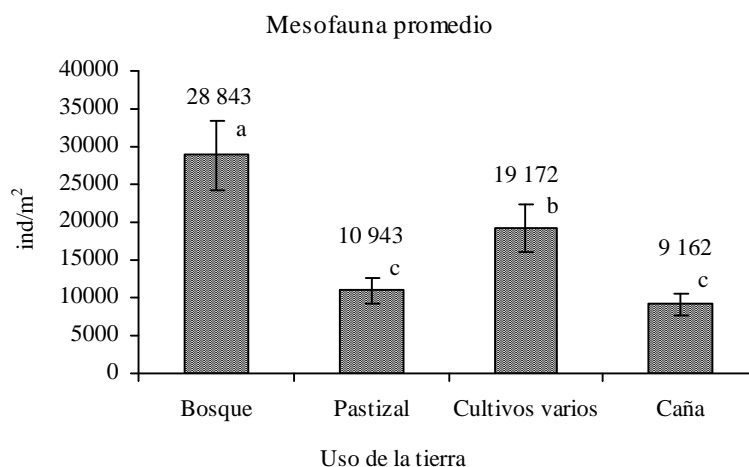
The fauna data were subject to the Bartlet and Kolmogorov-Smirnov tests to prove whether they fulfilled variance homogeneity and normality, respectively. As they did not fulfill these requisites, non parametric analyses were used.

In order to learn if there were differences in the density of the edaphic communities among the areas and determine its variation among the diverse uses, the Kruskal-Wallis test was used; in the cases in which the differences were significant, the Student-Newman-Keuls (SNK) test was used. The statistical processing was made using the package of the automated program TONYSTAT (Sigarroa, 1987).

Results and Discussion

The average density values of the microinvertebrates oscillated between 28 843 ($\pm 5 019$) ind.m^{-2} in the forest, 19 173 ($\pm 2 987$) ind.m^{-2} in varied crops and up to 10 943 ($\pm 4 472$) and 9162 ($\pm 3 468$) ind.m^{-2} in the pastureland and sugarcane, respectively. According to the Kruskal-Wallis test, the communities showed highly significant differences ($p < 0,05$) among the studied uses, regarding this indicator. The SNK showed that the mesofauna was more abundant in the forest, followed by varied crops. The lowest abundance was observed in the pastureland and sugarcane, although these uses did not differ among themselves (fig. 1).

In the forest, the communities of edaphic invertebrates were 1,5 times higher as compared to the varied crop use and 2,6 and 3,1 times higher than in the pastureland and the sugarcane, respectively, in terms of density. This behavior could have been due to the predominance of timber and fruit tree species and the quality of the litter produced by them, which shows a lower C/N ratio than other plants, such as grasses (Rodríguez *et al.*, 2002). On the other hand, Marsi and Ryan (2005) stated that an ecosystem is more mature when there is an increase in the values of diversity, richness and percentage of rare taxa. In different studies conducted in Cuba and Mexico, a higher abundance of the



Medias con letras desiguales difieren para $p < 0,05$ según SNK

Fig. 1. Valores promedio de densidad (ind.m⁻²) de la mesofauna en los cuatro usos de la tierra.

Fig. 1. Average density values (ind.m⁻²) of the mesofauna in four land uses.

En el bosque, las comunidades de invertebrados edáficos fueron 1,5 veces superiores con relación al uso cultivos varios y 2,6 y 3,1 veces más altas que en el pastizal y la caña de azúcar, respectivamente, en términos de densidad. Este comportamiento pudo obedecer al predominio de especies arbóreas maderables y frutales y a la calidad de la hojarasca producida por estas, que presenta una relación C/N más baja que otras plantas como las gramíneas (Rodríguez *et al.*, 2002). Por otra parte, Marsi y Ryan (2005) plantearon que un ecosistema es más maduro cuando hay un aumento en los valores de diversidad, riqueza y porcentaje de taxones raros. En diferentes investigaciones realizadas en Cuba y México, se reporta una mayor abundancia de los componentes de la mesofauna del suelo en los ecosistemas boscosos y agroforestales que en los de uso agrícola (Prieto *et al.*, 2005; Socarrás, 2006).

El pastizal mostró estimados de densidad inferiores a los reportados para los usos bosque y cultivos varios (fig. 1), pero muy semejantes a los de otros pastizales sometidos a pastoreo en Cuba, en un agroecosistema de la provincia La Habana (Izquierdo *et al.*, 2004). Cole *et al.* (2006) observaron densidades inferiores, lo que

components of the soil mesofauna is reported in forest and agroforestry ecosystems than in agricultural ones (Prieto *et al.*, 2005; Socarrás, 2006).

The pastureland showed lower density estimates than the ones reported for the forest and varied crops (fig. 1), but very similar to those of other pasturelands subject to grazing in Cuba, in an agroecosystem of Havana province (Izquierdo *et al.*, 2004). Cole *et al.* (2006) observed lower densities, which confirm that the higher taxa richness and density depends on the behavior of the species in this medium.

The values reached in the pastureland could have been influenced by the continuous trampling of the animals, because this system had more than half a century of exploitation and 70% of soil cover, with isolated fruit and agroforestry trees which provide shade and a better litter quality. In this study the pasturelands did not have any type of additional organic input, except pasture litter and the direct contribution of cattle manure. This contribution of more stable dead biomass provides a better function in the arrangement of the physical and chemical soil properties, as well as in the establishment and functioning of the edaphic biota in these areas.

confirma que la mayor riqueza y densidad de taxones depende de la conducta de las especies en este medio.

Los valores alcanzados en el pastizal pudieron estar influidos por el pisoteo continuo de los animales, ya que este sistema tenía más de medio siglo de explotación y un 70% de cobertura del suelo, con aislados árboles frutales y agroforestales que brindan sombra y una mejor calidad de la hojarasca. En este estudio los pastizales no tuvieron ningún tipo de entrada orgánica adicional, con excepción de la hojarasca propia de los pastos y el aporte directo del estiércol vacuno. Este aporte de biomasa muerta más estable proporciona una mejor función en el acondicionamiento de las propiedades físicas y químicas del suelo, así como en el establecimiento y funcionamiento de la biota edáfica en estas áreas. Se conoce que la materia orgánica representa el atributo de calidad más importante del suelo e influye en casi todas sus propiedades, y puede estar perturbada por el uso de diferentes métodos agrícolas (Marsi y Ryan, 2005).

En los cultivos varios se presentaron los valores intermedios de densidad promedio de la mesofauna, con relación al resto de los usos (fig. 1). Con más de 12 años de explotación agrícola, estos suelos se sometieron a una técnica de preparación altamente agresiva y degradante para el medio edáfico, lo cual repercutió de forma negativa en su conservación y provocó un rápido deterioro físico, químico y biológico; además, se utilizó fertilización química y productos nocivos para erradicar las malezas.

A pesar de tal situación, se encontraron taxones generalistas que desarrollaron estrategias que les permitieron estar presentes en este medio adverso. La presencia de malezas en este uso brinda una cobertura del suelo que disminuye el efecto negativo de las labores agrícolas, mejora los valores de humedad y temperatura en el medio edáfico, además de garantizar una fuente adicional de alimento a los microartrópodos producida por los exudados radicales de las plantas indeseables. Este conjunto de mejoras en el suelo explica los valores de densidad de la mesofauna reportados para este uso.

Organic matter is known to represent the most important quality feature of the soil and influences almost all its properties, and can be disturbed by the use of different agricultural methods (Marsi and Ryan, 2005).

In varied crops there were intermediate values of average mesofauna density, as compared to the other uses (fig. 1). With more than 12 years of agricultural exploitation, these soils were subject to a tillage technique highly aggressive and degrading for the edaphic environment, which had a negative repercussion in its conservation and caused a fast physical, chemical and biological deterioration; in addition, chemical fertilization and noxious products were used to eliminate weeds.

In spite of such situation, generalist taxa were found which developed strategies that allowed them to be present in this adverse environment. The presence of weeds in this use provides a soil cover which decreases the negative effect of agricultural practices, improves the humidity and temperature values in the edaphic environment, besides guaranteeing an additional feeding source to microarthropods produced by the root exudates of weeds. This set of soil improvements accounts for the mesofauna density values reported for this use.

The results were higher than those of other areas with crop rotation practices established in the country, in different agroecosystems (Izquierdo *et al.*, 2004); in this sense, Franklin and Morais (2008) in Brazil and Gizzi *et al.* (2006) in Argentina found lower values in a study in which conventional and non-conventional methods in corn, soybean, beet, flax and bean crops were compared.

In sugarcane the minimum values of average mesofauna density were observed (fig. 1). These soils received a high rate of chemical fertilizers and intensive tillage for more than 50 years since the species was established; in addition, there was not enough accumulation of a litter and crop residue layer deposited in the field that would guarantee an adequate soil cover.

González *et al.* (2003) reported higher values than the ones found in this study, in plots with or

Los resultados fueron superiores a los de otras áreas con prácticas de rotación de cultivos establecidas en el país, en diferentes agroecosistemas (Izquierdo *et al.*, 2004); en este sentido Franklin y Morais (2008) en Brasil y Gizzi *et al.* (2006) en Argentina, señalaron valores inferiores en un estudio en el que se compararon métodos convencionales y no convencionales en cultivos de maíz, soja, remolacha, lino y frijol.

En la caña de azúcar se observaron los valores mínimos de densidad promedio de la mesofauna (fig. 1). Estos suelos recibieron una alta carga de fertilizantes químicos y un laboreo intenso por más de 50 años desde que se estableció la especie; además, no se observó una acumulación suficiente de una capa de hojarasca y de residuos del cultivo depositados en el campo que garantizaran una adecuada cobertura del suelo.

González *et al.* (2003) reportaron valores superiores a los encontrados en este estudio, en parcelas con y sin cobertura vegetal (23 216 y 7 853 ind.m⁻², respectivamente). Estos resultados se atribuyen a la gradual acumulación de los restos vegetales en combinación con los factores abióticos favorables. En Matanzas, en un estudio realizado en el mismo tipo de suelo en parcelas experimentales con más de 20 años, sin intervención agronómica, Robaina (2009) encontró valores tres veces superiores (30 880 ind.m⁻²) a los de la presente investigación (9 162 ind.m⁻²).

Los grupos dominantes de la pedofauna en los muestreos realizados fueron los ácaros y entre estos se destacaron los oribátidos, seguidos de los gamasinos y astigmados; los colémbolos también alcanzaron una buena representatividad.

Los valores de la densidad calculados para los oribátidos obtuvieron su máximo en el bosque (16 627 ± 1891 ind.m⁻²) y difirieron significativamente ($p < 0,05$) de los otros usos de la tierra. El SNK evidenció que este grupo de ácaros fue más abundante en el bosque, seguido de los cultivos varios (10 349 ± 3 485 ind.m⁻²) y el pastizal (7 804 ± 451 ind.m⁻²). La menor abundancia se apreció en la caña de azúcar (2 036 ± 509 ind.m⁻²) (fig. 2).

without plant cover (23 216 and 7 853 ind.m⁻², respectively). These results are ascribed to the gradual accumulation of plant remains combined with favorable abiotic factors. In Matanzas, in a study conducted on the same soil type in experimental plots with more than 20 years without agronomic intervention, Robaina (2009) found values three times higher (30 880 ind.m⁻²) than the ones in this research (9 162 ind.m⁻²).

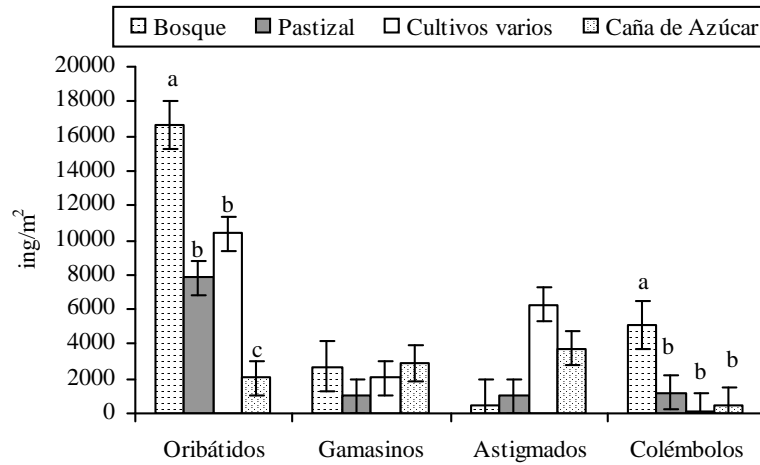
The prevailing groups of the pedofauna in the samplings made were mites and among them oribatids stood out, followed by gamasines and astigmatids; collembolids also reached good representativeness.

The density values calculated for oribatids obtained their maximum in the forest (16 627 ± 1 891 ind.m⁻²) and differed significantly ($p < 0,05$) from the other land uses. The SNK proved that this group of mites was more abundant in the forest, followed by varied crops (10 349 ± 3 485 ind.m⁻²) and the pastureland (7 804 ± 451 ind.m⁻²). The lowest abundance was observed in sugarcane (2 036 ± 509 ind.m⁻²) (fig. 2).

The conditions for the establishment of these edaphic populations in the forest are guaranteed with higher cover, litter contribution and root exudates, as well as higher humidity, lower temperature, absence of agricultural practices, fertilization and lower anthropic activity.

In Cuba Reyes (2004) reported similar values as the ones found in this study for this group of mites; while Socarrás (2006) reported lower values. The oribatid density constitutes a good indicator, because their different taxa show diverse sensitivity degrees to the disturbances of the edaphic environment (Morais *et al.*, 2010).

Astigmata showed their maximum average density values in the uses destined to varied crops and sugarcane (6 277 ± 2 059 and 3 732,6 ± 378 ind.m⁻²) (fig. 2), although no significant differences were found among the uses. All of them are subject to the alterations produced in the edaphic environment, due to the continuous and deep cultural practice and the addition of inorganic compounds. According to Vásquez *et al.* (2007), the high abundance of Astigmata in the soil is interpreted as an indication of low



Medias con letras desiguales difieren en el mismo uso para $p < 0,05$ según SNK.

Fig. 2. Densidad de los grupos más abundantes en cada uso de la tierra.

Fig. 2. Density of the most abundant groups in each land use.

Las condiciones para el establecimiento de estas poblaciones edáficas en el uso bosque se garantizan con una mayor cobertura, aporte de hojarasca y exudados radicales, así como una mayor humedad, menor temperatura, ausencia de prácticas agrícolas, fertilización y una menor actividad antrópica.

En Cuba, Reyes (2004) reportó valores similares a los encontrados en este estudio para este grupo de ácaros; mientras que Socarrás (2006) informó valores inferiores. La densidad de oribátidos constituye un buen indicador, ya que sus diferentes taxones presentan diversos grados de susceptibilidad a las perturbaciones del medio edáfico (Morais *et al.*, 2010).

Astigmata presentó sus valores máximos de densidad promedio en los usos destinados a cultivos varios y caña de azúcar ($6\ 277 \pm 2\ 059$ y $3\ 732,6 \pm 378$ ind. m^{-2}) (fig. 2), aunque no se encontraron diferencias significativas entre los usos. Todos ellos están sometidos a las alteraciones que se producen en el medio edáfico, debido al continuo y profundo laboreo cultural y a la adición de compuestos inorgánicos. Según Vásquez *et al.* (2007) la elevada abundancia de Astigmata en el suelo se interpreta como un indicio de baja fertilidad, pues ellos son específicos de suelos perturbados y se comportan de forma favorable a la perturbación. Prieto *et al.* (2005) y Socarrás

fertility, because they are specific of disturbed soils and behave favorably to disturbance. Prieto *et al.* (2005) and Socarrás (2006) found lower density values of these mites in plots cultivated in the same soil type.

There was a close relation between the density of oribatides and astigmatas, because as one group increased the other decreased (fig. 3). In this study the oribatides/astigmatas ratio remarkably favored oribatides in the land uses forest and pastureland, for which these sustained ratios constitute an indicator of balance in the edaphic communities and the surrounding environment. In varied crops the presence of astigmatas was close to that of oribatides, and although the latter constituted majority, this warns about the real situation of this land use and allows aiming at more soil-fertility preserving methods. In the use destined for sugarcane the ratio was lower than one, that is, Astigmatas prevailed, which indicated a disturbance and unbalance of the edaphic environment and, thus, a decrease of soil fertility produced by agricultural practices.

Another group that is present in all land uses is gamasines, egg predators, immature and adult stages of oribatides, collemboles and other edaphic invertebrates (Salmane and Brumelis, 2010). According to the Kruskal-Wallis test there

(2006) encontraron valores inferiores de densidad de estos ácaros en parcelas cultivadas en el mismo tipo de suelo.

Hubo una estrecha relación entre la densidad de oribátidos y la de astigmados, ya que mientras unos aumentaron los otros disminuyeron (fig. 3). En este estudio, la relación oribátidos/astigmados favoreció notablemente a los oribátidos en los usos de la tierra bosque y pastizal, por lo que estas proporciones sostenidas constituyen un indicador de equilibrio de las comunidades edáficas y el medio circundante. En los cultivos varios la presencia de astigmados se acercó a la de oribátidos, y aunque estos últimos constituyeron la mayoría, ello alerta en cuanto a la situación real de este uso de la tierra y permite proyectarse hacia métodos más conservadores de la fertilidad del suelo. En el uso destinado a la caña de azúcar la relación fue menor que uno, es decir dominaron los Astigmados, lo que indicó una perturbación y desequilibrio del medio edáfico y, por consiguiente, una disminución de la fertilidad del suelo producida por las prácticas agrícolas.

Otro grupo que está presente en todos los usos de la tierra son los gamasinos, depredadores de huevos, estados inmaduros y adultos de oribátidos, colémbolos y de otros invertebrados edáficos (Salmane y Brumelis, 2010). Según la prueba de Kruskal-Wallis no existieron diferencias significativas entre ellos, teniendo en cuenta

were no significant differences among them, taking density into consideration. In general, there were similarities in the behavior of this group among uses and its average density values stood out for the forest ($2\,714 \pm 2\,227$ ind.m⁻²), because they are active predators of oribatides (fig. 2).

Battera *et al.* (2006) state that the fluctuations of oribatides and gamasines are in correspondence with the generalized model of interaction between predator and prey. In Cuba in a pastureland and an agroforestry system similar results were found; while in the area destined to crops the values were lower (Socarrás, 2006).

Collembola showed its highest values in the use forest, followed by the pastureland, sugarcane and varied crops (fig. 2). The Kruskal-Wallis test showed significant differences ($p < 0,001$) among the studied uses, regarding density. The SNK indicated that collemboles were more abundant in the forest, which guaranteed the necessary conditions for their establishment. Likewise, those differences were not found among the pastureland, varied crops and sugarcane, which densities were very low and similar.

The average density values of this group found in the forest ($5\,090 \pm 2\,059$ ind.m⁻²) doubled those of the pastureland ($1\,187 \pm 545$ ind.m⁻²), were 10 times higher than in sugarcane (509 ± 294 ind.m⁻²), and 30 times higher as compared to varied crops (170 ± 169 ind.m⁻²). Díaz *et al.* (2003) and Guillén *et al.* (2006) found higher

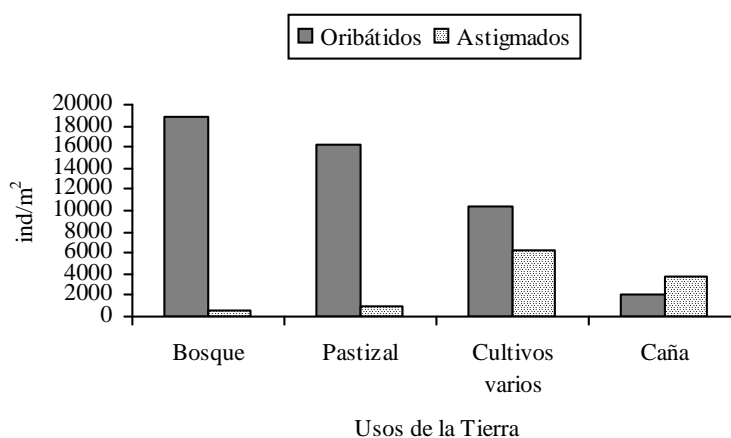


Fig. 3. Relación oribátidos/astigmados en los cuatro usos de la tierra.
Fig. 3. Oribatides/astigmatates ratio in the four land uses.

la densidad. De forma general, existieron semejanzas en el comportamiento de este grupo entre los usos y se destacaron sus valores de densidad promedio para el bosque ($2\,714 \pm 2\,227$ ind.m⁻²), ya que aquellos son activos depredadores de los oribátidos (fig. 2).

Baretta *et al.* (2006) plantean que las fluctuaciones de oribátidos y gamasinos se corresponden con el modelo generalizado de interacción entre depredador y presa. En Cuba, en un pastizal y en un sistema agroforestal se encontraron resultados semejantes a estos; mientras en el área destinada al cultivo los valores fueron menores (Socarrás, 2006).

Collembola presentó sus máximos valores en el uso bosque, seguido del pastizal, la caña de azúcar y los cultivos varios (fig. 2). La prueba de Kruskal-Wallis mostró diferencias significativas ($p < 0,001$) entre los usos estudiados, en cuanto a la densidad. El SNK indicó que la colembofauna fue más abundante en el bosque, el cual le garantizó las condiciones necesarias para su establecimiento. Asimismo, esas diferencias no se manifestaron entre el pastizal, los cultivos varios y la caña de azúcar, cuyas densidades fueron muy bajas y similares.

Los valores de densidad promedio de este grupo hallados en el bosque ($5\,090 \pm 2\,059$ ind.m⁻²) duplicaron los del pastizal ($1\,187 \pm 545$ ind.m⁻²), fueron 10 veces mayores que los de la caña de azúcar (509 ± 294 ind.m⁻²), y 30 veces mayores con relación a los cultivos varios (170 ± 169 ind.m⁻²). Díaz *et al.* (2003) y Guillén *et al.* (2006) hallaron valores superiores en el bosque, en Cuba y Costa Rica, respectivamente. La densidad promedio de los colémbolos depende, en gran medida, de la conjugación de los factores materia orgánica y humedad (Karyanto *et al.*, 2008). La existencia de una abundante vegetación produce mucha humedad, lo que es positivo para el desarrollo de la pedofauna y en especial para este grupo.

En cultivos varios, caña de azúcar y pastizales, González *et al.* (2003) en Cuba y Guillén *et al.* (2006) en Costa Rica hallaron valores superiores a los reportados en este estudio; mientras que en Estados Unidos, Cole *et al.* (2006) obtuvieron cambios negativos en las densidades de

values in the forest in Cuba and Costa Rica, respectively. The average density of collemboles depends, to a large extent, on the conjugation of the factors organic matter and humidity (Karyanto *et al.*, 2008). The existence of abundant vegetation produces high humidity, which is positive for the development of the pedofauna and especially for this group.

In varied crops, sugarcane and pasturelands, González *et al.* (2003) in Cuba and Guillén *et al.* (2006) in Costa Rica found higher values than the ones reported in this study; while in the United States, Cole *et al.* (2006) obtained negative changes in the densities of this taxon in the areas destined to agriculture, due to the loss of niches, lower humidity and tillage. These authors stated that the use of insecticides did not cause the same effect on all Collembola groups.

These apterygotes are known as good indicators of stable areas and with minimum alteration of the edaphon, as they are highly susceptible to the changes in the OM quality and quantity, humidity, temperature and pH; in addition, they have different sensitivity degrees to insecticides and inorganic fertilization (Gulvik, 2007).

When making an analysis of the variation of the mesofauna components in the four land uses, in general, an affectation was observed in the following order: forest, varied crops, pastureland and sugarcane, given by the decrease of their densities. The zoological category indicated the degradation status of Ferralitic Red soils in the different land uses; the best behavior was shown in the forest, followed by pasturelands and, finally, crops.

Conclusions

- The density of soil microarthropods in the four land uses decreased as follows: forest, varied crops, pastureland and sugarcane, which was related to the loss of the necessary conditions for their establishment.
- The density of oribatides and collemboles, indicator groups of soil fertility and stability, was higher in the forest, followed by the pastureland. In the case of astigmatas,

este taxón en las áreas destinadas a la agricultura, debido a la pérdida de nichos, la menor humedad y el laboreo. Estos mismos autores plantearon que el uso de insecticidas no produjo el mismo efecto en todos los grupos de Collembola.

Estos apterigotas son conocidos como buenos indicadores de áreas estables y con mínima alteración del edafón, al ser altamente susceptibles a los cambios en la calidad y cantidad de la MO, la humedad, la temperatura y el pH; además poseen diferentes grados de sensibilidad a los insecticidas y la fertilización inorgánica (Gulvik, 2007).

Al hacer un análisis de la variación de los componentes de la mesofauna en los cuatro usos de la tierra, de forma general se observó una afectación en el orden siguiente: bosque, cultivos varios, pastizal y caña de azúcar, dado por la disminución de sus densidades. La categoría zoológica indicó el estado de degradación de los suelos Ferralíticos Rojos en los diferentes uso de la tierra; el mejor comportamiento se manifestó en el bosque, seguido de los pastizales y, por último, los cultivos.

Conclusiones

- La densidad de los microartrópodos del suelo en los cuatro uso de la tierra decreció de la forma siguiente: bosque, cultivos varios, pastizal y caña de azúcar, lo cual estuvo relacionado con la pérdida de las condiciones necesarias para su establecimiento.
- La densidad de oribátidos y colémbolos, grupos indicadores de la fertilidad y la estabilidad del suelo, fue mayor en el bosque, seguido del pastizal. En el caso de los astigmados, grupo indicador de perturbación del medio edáfico, fue máxima en los usos agrícolas donde se observó el deterioro de sus propiedades físicas, químicas y biológicas.
- La relación oribátidos/astigmados fue mayor que uno en el bosque y en el pastizal, lo que indicó la estabilidad y la fertilidad del suelo; mientras que en los cultivos varios el balance estuvo cercano a uno, lo cual reveló la necesidad de un cambio de manejo en la explotación

indicadores of disturbance of the edaphic environment, it was maximal in the agricultural uses where the deterioration of the soil physical, chemical and biological properties was observed.

- The oribatides/astigmates ratio was higher than one in the forest and pastureland, which indicated the soil stability and fertility; while in varied crops the balance was close to one, which revealed the need of a management change in agricultural exploitation. In the use sugarcane it was lower than one and this showed disturbance of the edaphic environment, produced by agricultural practices.
- The variation of mesofauna groups allowed establishing the existing degradation in the soils of ferralitic composition; the best behavior was shown in the forest, followed by pasturelands and crops.

--End of the English version--

agrícola. En el uso caña de azúcar fue menor que uno y ello demostró perturbación y desequilibrio del medio edáfico, producido por las prácticas agrícolas.

- La variación de los grupos de la mesofauna permitió establecer la degradación existente en los suelos de composición ferralítica; el mejor comportamiento se presentó en el bosque, seguido de los pastizales y los cultivos.

Referencias bibliográficas

- Baretta, D. *et al.* 2006. Análise multivariada da fauna edáfica em diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo. *Pesq. agropec. bras., Brasília*. 41 (11):1675
- Brusca, R.C. & Brusca, G.J. 2003. Invertebrates. 2nd edition. SINAUER Associates. Sunderland, MA. 936 p.
- Chocobar, E.A. 2010. Edafofauna como indicador de la calidad en un suelo Cumulic Phaozem sometido a diferentes sistemas de manejos en un experimento de larga duración. Tesis en opción al grado científico de Máster en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Edo. de México. p. 63

- Cole, L. *et al.* 2006. The abundance, richness and functional role of soil meso and macrofauna in temperate grassland. A case study. *Applied Soil Ecology*. 36: 34
- Díaz, M. *et al.* 2003. Catálogo de Collembola de Cuba. *Solenodon*. 3:1
- Franklin, E. & Morais J.W. 2008. Soil mesofauna in Central Amazon. In: Soil biodiversity in Amazonian and other Brazilian ecosystems. (Eds. F.M.S. Moreira *et al.*). CABI Publishing, Oxfordshire. p. 142
- Gizzi, A.H. *et al.* 2006. Caracterización de la meso y de la macrofauna edáficas en sistemas de cultivo del sudeste bonaerense. En: Memorias del XX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. 1era. Reunión de Suelos de la región Andina. Salta, Argentina
- 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 (1):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
- Gulvik, M.E. 2007. Mites (Acari) as indicators of soil biodiversity and land use monitoring; a review. *Pol. J. Ecol.* 55 (3):415
- Hernández, A. *et al.* 1999. Nueva versión de la clasificación genética de los suelos de Cuba. Instituto de Suelos, AGRINFOR. La Habana, Cuba. 64 p.
- Izquierdo, I. *et al.* 2004. Evaluación de métodos agroecológicos mediante el uso de bioindicadores del estado de conservación del suelo. Informe final de proyecto. Instituto de Ecología y Sistemática, CITMA. La Habana, Cuba
- Karg, W. 1963. Die edaphischen Acarina in ihren Beziehungen zur Mikroflora und ihren Eignung als Anzeiger für Prozesse der Bodenbildung. In: Soilorganisms. (Eds. J. Doeksen y J. van der Drif). North-Holland.Co., Amsterdam. p. 305
- Karyanto, A. *et al.* 2008. Soil *Collembola*, *Acari* and other mesofauna – the Berlese method. In: A handbook of tropical soil biology: sampling & characterization of below-ground biodiversity. (Eds. F.M.S. Moreira *et al.*). Earthscan Publishing for a Sustainable Future, London-Sterling, VA. p. 85
- Krantz, G.W. 2009. A manual of Acarology. 2nd ed. Oregon State University Book Stores. Corvallis, USA. 509 p.
- Marsi, Z. & Ryan, J. 2005. Soil organic matter and related physical properties in a Mediterranean wheat-based rotation trial. *Soil & Tillage Research*. 87:146
- Morais, J.W. *et al.* 2010. Mesofauna do solo em diferentes sistemas de uso da terra no Alto Rio Solimões. *Neotropical Entomology*. 39 (2):145
- Palacios-Vargas, J.G. 1991. Introducción a los insectos sin alas (*Protura*, *Diplura*, *Collembola*, *Thysanura*). Facultad de Ciencias, UNAM. México. 23 p.
- Prieto, D. *et al.* 2005. Microartrópodos asociados a la hojarasca de un bosque semidecíduo de Bacunayagua, Matanzas, Cuba. *Revista Biología*. 19 (1-2): 57
- Reyes, Mercedes. 2004. Comunidades de ácaros edáficos del valle de Cojimar, Ciudad de La Habana. Tesis en opción al título de Máster en Zoología y Ecología Animal. Mención Invertebrados. Universidad de La Habana, Facultad de Biología. La Habana, Cuba. 64 p.
- Robaina, Nayla. 2009. Caracterización de la mesofauna edáfica en parcelas experimentales en Jovellanos, Matanzas, Cuba. Trabajo de Curso. Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Agronomía. La Habana, Cuba. 31 p.
- 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
- Salmane, I. & Brumelis, G. 2010. Species list and habitat preference of mesostigmata mites (*Acari*, *Parasitiformes*) in Latvia. *Acarologia*. 50 (3):373
- Sigarroa, A. 1987. Manual de prácticas de biometría y diseño experimental. Editorial Pueblo y Educación. La Habana, Cuba. 154 p.
- Socarrás, Ana. 2006. Utilización de la acaro fauna 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 Soil Biodiversity Research Programme. *Appl. Soil Ecol.* 21:49
- Vásquez, C. *et al.* 2007. Diversidad de ácaros (*Acari*: *Prostigmata*, *Mesostigmata*, *Astigmata*) asociados a la hojarasca de dos formaciones vegetales del Parque Universitario de la UCLA, Venezuela. *Iheringia. Ser. Zool.* 97 (4):466

Recibido el 25 de noviembre del 2010

Aceptado el 5 de mayo del 2011