

PAPEL DE LA MACROFAUNA EDAFICA EN LOS ECOSISTEMAS GANADEROS

Saray Sánchez y Martha Reinés¹

Estación Experimental Pastos y Forrajes "Indio Hatuey"

Central España Republicana, CP 44280, Matanzas, Cuba

¹Facultad de Biología. Universidad de La Habana, Cuba

Myers (citado por Gómez y Preston, 1996) define el suelo "...como algo maravilloso. Por estériles y aburridos y en ocasiones cenagosos que puedan parecer, la delgada capa que forma y que cubre la superficie del planeta, es el basamento de la biosfera, nuestro principal recurso repleto de vida bajo de miles de formas, el suelo merece ser calificado como un ecosistema por derecho propio o con más propiedad como una multitud de ecosistemas".

Sin embargo, esto no se ha tenido en cuenta y el suelo ha sido calificado sobre la base de la caracterización física y química y como tal se ha manejado, pasando por alto el componente biológico representado por la fracción orgánica, donde ocurre una continua actividad que hace posible la captación y asimilación de una gran cantidad de nutrientes para las plantas.

En los ecosistemas agrícolas desarrollados en los últimos 30 años para alcanzar altas producciones, la fertilización con grandes cantidades de agroquímicos fue determinante y se manejó bajo criterios de necesidad de nutrientes y eficiencia, olvidando que parte de ella está en función de los habitantes del suelo. Estas aplicaciones de agroquímicos han ido causando progresivamente graves problemas de degradación en los suelos, lo que a su vez produce pérdidas de la fauna edáfica y reducción de sus principales actividades (Lee, 1994; Fragoso y RojasFernández, 1994).

Por tales motivos, Lavelle, Dangerfield, Fragoso, Eschenbrenner, López-Hernández, Pashanasi y Brussaard (1994) señalan que la fauna edáfica, sus funciones, así como su relación con la fertilidad del suelo deben ser estudiados para realizar un mejor uso del potencial de especies nativas y para el diseño de técnicas de manejo que permitan aumentar la productividad de manera sostenible.

El objetivo fundamental del presente artículo es dar a conocer los principales organismos que conforman la macro fauna del suelo y sugerir algunas alternativas que muestran efectos benéficos en su diversificación y potenciación.

Principales organismos que habitan en el suelo

A pesar que los organismos que habitan en el suelo representan solamente el 5 % de la fracción orgánica total de este (Odum, 1989), su abundancia es relativamente grande. Kolmans y Vásquez (1996) estiman que 1 m² de suelo vivo contiene aproximadamente 10 000 000 de nemátodos, 100 000 colémbolos, 45 000 anélidos y más de 40 000 insectos y ácaros; asimismo, un gramo de suelo contiene 500 000 bacterias, 400 000 hongos, 50 000 algas y 30 000 protozoarios.

Esta gran cantidad de organismos se pueden clasificar, de acuerdo con su tamaño, en microflora, microfauna, mesofauna y macrofauna (Lavelle et al., 1994).

Según estos autores la micro flora agrupa a los hongos, las bacterias y los actinomicetos. Los organismos cuyo tamaño del cuerpo es menor que 0,2 mm de diámetro conforman la micro fauna; ellos son los protozoos,

nemátodos y algunos ácaros y colémbolos de pequeño tamaño. La mesofauna comprende a los invertebrados con tamaño entre 0,2 y 2,0 mm, entre ellos los ácaros, colémbolos, enquitreidos y otros insectos pequeños; por último, los animales más grandes del suelo conforman la macro fauna, que incluye a los ejemplares de diámetro mayor que 2,0 mm; los isópodos, los coleópteros en estado larval y adulto, las lombrices y los moluscos son algunos de sus integrantes.

Tanto la micro flora como la macro fauna influyen de forma positiva en los principales procesos que se desarrollan en el ecosistema suelo; no obstante, Decaëns, Lavelle, Jimenez, Escobar y Ripptein (1994) señalaron que las regulaciones operadas por los macroorganismos del suelo pueden ser determinantes.

Los macroinvertebrados tienen diferentes efectos en los procesos que determinan la fertilidad del suelo. Según Hendrix, Crossley, Blair y Coleman (1990), estos organismos regulan la población microbiana responsable de los procesos de mineralización y humificación y, por ende, influyen en el reciclaje de materia orgánica y en la liberación de nutrientes asimilables para las plantas (Huhta, Haimi y Setälä, 1994).

Además, a través de su acción mecánica en el suelo contribuyen a la formación de agregados estables que permiten proteger una parte de la materia orgánica de una rápida mineralización y pueden modificar las propiedades físicas y de textura en los horizontes donde habitan (Hassenk, Chenu, Dalenberg, Bloem y Bouwman, 1994).

Por las razones antes expuestas, numerosos investigadores expertos en la materia han coincidido en la hipótesis de que la diversidad y abundancia de la macro fauna edáfica, así como la presencia de determinados grupos en un sistema, pueden ser usadas como indicadores de la calidad de los suelos (Stork y Eggleton, 1992; Lavelle et al., 1994; Senapati, Panigrahi y Lavelle, 1994; Socarrás, 1998).

Basado en lo anterior se señalarán a continuación los principales organismos que conforman la macro fauna, así como sus funciones más importantes en el ecosistema.

La lombriz de tierra

Las primeras referencias acerca de la importancia de la lombriz de tierra datan de los años 844832 antes de nuestra era cuando Aristóteles la llamó el intestino de la tierra (Reinés, 1998). En 1777 Gilbert White escribió: "El gusano de tierra en apariencias ínfimo eslabón de la cadena de la naturaleza, dejaría si desapareciera, un lamentable vacío..." ya que cierra el ciclo de la vida. "Los gusanos de la tierra parecen ser los grandes promotores de la vegetación...". "La tierra sin ellos pronto parecería fría, desierta, desprovista de fermentación y por consiguiente estéril" (Edwards y Lofty, 1977).

Actualmente, se dispone de una rica y valiosa información acerca de las funciones que desempeñan estos organismos pertenecientes al phylum *Annelida* y a la clase *Oligochaeta*. Algunos autores destacan su excelente papel como reguladores de la dinámica de la hojarasca y la materia orgánica del suelo en los ecosistemas (Lavelle, 1983; Lavelle y Martin, 1992).

Otros señalan su relación con las propiedades físicas de los suelos, especialmente las hídricas, a través de las galerías, canales y madrigueras, las cuales pueden extenderse hasta varios metros bajo la superficie del suelo (Smettem, 1992; Didden y Marinissen, 1994; Langmaack, Schrader, Rapp-Bernhardt y Kotzke, 1999).

Se señala además que las lombrices de tierra producen grandes cantidades de excretas, la mayoría son de forma circular y de estructura compacta, las cuales son aisladas del resto del suelo por una fina capa de

minerales arcillosos y coloides orgánicos (Blanchart, 1992). Su talla y forma depende de la textura del suelo, el tamaño y los hábitos alimenticios de las especies (Flegel, Schrader y Zhang, 1998; Buck, Langmaack y Schrader, 2000).

Por lo general, el contenido de nutrientes en las excretas es superior en comparación con el del suelo. Buck, Langmaack y Schrader (1999) encontraron cantidades elevadas de C orgánico, Nt y Pi en las excretas. Por su parte Schrader y Zhang (1997) observaron que el contenido de C orgánico y CaCO₃ es también superior. Ambos resultados contribuyen de manera significativa en el reciclaje de nutrientes, lo cual fue señalado por Brussaard, Lavelle y Laurent (1996) y Kolmans y Vásquez (1996), quienes plantearon que las excretas de las lombrices pudieran aumentar de 3 a 11 veces el contenido de fósforo, potasio y magnesio en forma disponible en el suelo, así como de 5 a 10 veces el de nitrato y el calcio.

Estos organismos también ingieren un volumen importante del suelo que transportan y luego vierten en el mismo suelo o en la superficie. Motalib y Rida (1994) informaron que la masa de residuos en las zonas templadas es de 300 t/ha/año, y en las zonas tropicales, donde la elevada temperatura aumenta la actividad de los gusanos de tierra, esta se estima entre 850 y 1 150 t/ha/año, de las cuales 25 t se depositan en la superficie.

Todo ello evidencia claramente los efectos positivos que ejercen estos organismos en el crecimiento de las plantas (Lee, 1985; Haimi y Huhta, 1991; Ruz-Jerez, Ball y Tillman, 1992; Pashanasi, Meléndez, Szott y Lavelle, 1992; Spain, Lavelle y Mariotti, 1992).

Los coleópteros

Los coleópteros constituyen el mayor orden de insectos que agrupa a una gran cantidad de especies. Estos han sido objeto de estudio durante muchos años y especialmente se han centrado en los que constituyen plagas de numerosos cultivos. Sin embargo, dentro de este orden existen ejemplares que presentan un régimen alimentario coprófago, lo cual resulta de gran interés para la ganadería (Lumaret e Ibarra, 1996; Micó y Galante, 2001).

Su importancia radica en que estos insectos utilizan una porción del excremento para alimentarse o enterrarlo en el interior del suelo y forman pequeñas estructuras esféricas compuestas por estiércol y tierra, en cuyo interior se desarrolla su estadio larval, acelerando de este modo el retorno de nutrientes al suelo (Bornemisza, 1976), lo que impide la volatilización del nitrógeno (Lobo y Veiga, 1990).

La acción enterradora de los coleópteros disminuye la contaminación que provoca la acumulación del excremento sobre el pastizal y conduce a un mayor aprovechamiento de la cantidad disponible de pasto (CSIRO, 1979; Fincher, 1981). Ello tiene una gran importancia, ya que el forraje contaminado por la deposición de las excretas tiende a ser rechazado por los animales y afecta también el área circundante, la cual puede ser de 6 a 12 veces mayor que el área manchada por las excretas (Pezo e Ibrahim, 1999).

El incremento en la aireación y la capacidad de retención de agua del suelo, así como una remoción de sus horizontes, son otros de los beneficios indirectos que ocasionan estos insectos. Todo ello repercute en el reciclaje de nutrientes y en el aumento de la productividad de los ecosistemas de pastoreo (Villalobos, 1994). En este sentido, Bornemisza y Williams (1970) demostraron, en condiciones experimentales, la labor beneficiosa del coleóptero australiano *Onthophagus australis* en el rendimiento de las cosechas de mijo

japonés. Fincher, Monson y Burton (1981), al estudiar los efectos del enterramiento rápido del excremento por 11 especies de escarabeidos coprófagos en el rendimiento y la calidad de dos especies de gramíneas, concluyeron que la presencia de estas especies de coprófagos es equivalente a la adición de 224 kg de N/ha en forma de nitrato amónico.

Los resultados demuestran la necesidad de diseñar sistemas de manejo animal que permitan colonizar en los suelos dedicados a la ganadería especies de gran importancia económica, que eviten la contaminación de los pastizales y contribuyan de forma positiva en la fertilización con los aportes de los nutrientes contenidos en la bosta; según Pezo, Romero e Ibrahim (1992) los tenores típicos de nitrógeno, fósforo y potasio por esta vía son de 100150, 1020 y 75 kg/ha/año, respectivamente.

Los isópteros

Estos insectos presentan gran variedad de formas y organización social, y se diferencian grandemente en sus costumbres alimentarias y en el tipo de madrigueras que construyen. Algunas especies se alimentan exclusivamente de madera, otras de hongos cultivados y muchas de restos vegetales en diversos estados de descomposición (Riojas, Bolívar, Ceballos, Fernández y Barreiro, 1969; Burges y Raw, 1971).

Su importancia en la biología del suelo radica en la extensión en que mueven y mezclan este con la materia orgánica de diferentes horizontes y en la medida en que ayudan a descomponer grandes cantidades de materia orgánica, en particular celulosa (Garnier-Sillam y Harry, 1994).

Junto con las lombrices, estos insectos son considerados actualmente como los ingenieros del ecosistema (Lavelle, 1994), ya que pueden ingerir mezclas de partículas orgánicas y minerales; además, se señala que han desarrollado un mutualismo eficiente en el sistema de digestión en asociación con la microflora del suelo, lo cual les permite digerir la mayoría de los sustratos complejos (complejo tanino-proteína, lignina y compuestos húmicos).

Se plantea además que los isópteros pueden consumir grandes cantidades de hojarasca y suelo; varios estimados indican que pueden llegar a ingerir el 49 % de la producción anual de un pasto, con una velocidad de consumo comprendida en el rango de 116 % de la producción primaria anual en bosques y sabanas tropicales (Lavelle, 1994).

Las excretas frescas de las termitas presentan bajos contenidos de elementos minerales, particularmente N, el cual es conservado eficientemente durante el tránsito por el intestino. Se ha demostrado que algunas especies de termitas durante este proceso presentan mecanismos disponibles para la retención del N de desecho en bacterias simbióticas, aunque no se conoce cuán generales pueden ser estos mecanismos. Según Lavelle et al. (1994) la mayor contribución de las termitas al reciclaje de nutrientes en los ecosistemas ocurre a través de sus cuerpos muertos.

Algunas estructuras construidas por estos organismos pueden constituir reservas de nutrientes disponibles para las plantas. En este sentido Okello-Oloya y Spain (1986) encontraron que el crecimiento de los pastos *Stylosanthes hamata* y *Digitaria ciliaris* se incrementó significativamente cuando crecieron en los montículos de suelo formados por *Amitermes laurensis* en Australia. López-Hernández, Niño, Nannipieri y Fardeau (1989) encontraron que el contenido de fósforo en los montículos de termitas fue superior al encontrado en la masa del suelo (tabla 1).

Tabla 1. Acumulación de fósforo en los montículos de termitas en las sabanas.

	P total		P inorgánico		P orgánico		P disponible		P soluble en agua	
	S	T	S	T	S	T	S	T	S	T
Media	162,4	396,5	49,3	224,3	113,1	172,3	19,5	37,9	0,059	1,235
DS	39,2	91,6	28,3	104,6	39,6	82,6	7,3	8,2	2,033	0,702
Sig.	P<0,001		P<0,001		P<0,001		P<0,001		P<0,001	

S: masa del suelo
T: montículo de termitas

Existen algunas especies de termitas que no construyen montículos, pero en su lugar realizan nidos, galerías dentro del suelo, en los tocones o en los troncos muertos o alrededor de los árboles. Estas galerías pueden llegar a alcanzar 7,5 km/ha (Darlington, 1982), lo cual facilita el intercambio de agua y aire en el suelo.

Los miriápodos

Estos organismos presentan una gran diversidad de hábitat. Pueden encontrarse debajo de las piedras, entre la hojarasca, en el suelo y debajo de los excrementos de los grandes mamíferos herbívoros (Riojas et al., 1969). La distribución y las actividades de ellos dependen, en gran medida, de la forma de sus cuerpos y de las relaciones de humedad.

Dentro de este grupo se destacan los quilópodos, comúnmente conocidos como los ciempiés, los cuales son considerados carnívoros primitivos, aunque algunos ejemplares pueden alimentarse, en forma ocasional, de tejidos vegetales.

Según Burges y Raw (1971), la musculatura del cuerpo de los ciempiés geofilomorfos los capacita para hacer agujeros de algunas pulgadas de profundidad en el suelo y ascienden y descienden en él en respuesta a los cambios estacionales.

Los diplópodos (milpiés) son otro de los grupos importantes. Verhoeff (citado por Burges y Raw, 1971) consideró que representaban una reliquia de la fauna del bosque. Por otra parte, distinguió tres tipos de hábitat de bosque en los que existen: superficie del suelo; mantillo y vegetación interior del mantillo y del suelo; y madera podrida.

Los milpiés son exclusivamente vegetarianos y consumen residuos vegetales en diversos estados de descomposición. Son animales apropiados para los experimentos de laboratorio, por lo que sus costumbres alimentarias y su digestión han sido objeto de estudio de numerosos investigadores (Lyford, Thiele, Verhoeff, Gere y Dunger, citados por Raw, 1971).

Los resultados indican que estos organismos, como representantes de los miriápodos, consumen grandes cantidades de hojas de poco valor nutritivo y excretan la mayoría de ellas relativamente sin ningún cambio físico, pero muy fragmentadas, y por ello fácilmente aprovechables por los microorganismos (Burges y Raw, 1971).

Estudios más recientes coinciden en que estos organismos consumen alimentos de poco valor nutritivo y señalan además que tienen baja eficiencia de asimilación (Lavelle et al., 1994). Los requerimientos de energía específica y nutrientes son suministrados parcialmente por una amplia selección de alimentos (Kheirallah, 1979).

Según Lavelle et al. (1994) el consumo de hojarasca por estos ejemplares trae como consecuencia una desintegración, alguna hidrólisis de la celulosa, hemicelulosa y pectina y la activación de microorganismos en los peles fecales, los cuales pueden ser reingeridos después de días o semanas. Esta estrategia alimentaria

permite considerar este grupo dentro de los de mayor impacto en la descomposición de la hojarasca (Scheu y Poser, 1996; Setälä, Marshall y Trofymow, 1996; Reinés, 1998).

Los isópodos

Los isópodos son de particular interés, ya que son representantes terrestres de una clase de organismos predominantemente marinos o dulciacuícolas, los crustáceos (Burges y Raw, 1971).

Se alimentan principalmente de materia orgánica muerta o en estado de putrefacción, por lo que pueden desempeñar un papel significativo en la descomposición de la hojarasca (Moldenke, Baumeister, EstradaVenegas y Wernz, 1994).

Raw (1971) planteó que existen interesantes relaciones entre los isópodos y los miriápodos; sin embargo, en la actualidad no hay estudios que demuestren tal hipótesis. Ello, al igual que su función en la descomposición vegetal, constituye aspectos que deben ser abordados con mayor profundidad.

Efecto de las técnicas agrícolas en la macrofauna del suelo

Según Odum (1989), las comunidades de organismos del suelo son muy sensibles a los factores climáticos y edáficos que pueden determinar la disponibilidad de alimentos y las condiciones microclimáticas para su desarrollo. Sin embargo, este comportamiento no constituye una limitante, sino que por el contrario representa el potencial que brinda la naturaleza para evaluar el efecto negativo o positivo que presentan algunas técnicas agrícolas en la macrofauna del suelo (fig. 1).

Los resultados obtenidos en Colombia por Decaens et al. (1994) demostraron que la población de macroinvertebrados del suelo responde claramente a las perturbaciones inducidas por las técnicas de manejo. En este sentido, encontraron una disminución marcada de la diversidad de la fauna cuando aplicaron técnicas como la quema de los pastos, el monocultivo y los cultivos anuales; por otra parte, señalaron que la utilización de sistemas de producción animal basados en el empleo de pasturas mejoradas en asociación presentó un impacto positivo en la macrofauna y especialmente en la población de lombrices, las cuales incrementaron su biomasa de 4,8 a 51,1 g/m².

De igual forma Sánchez y Ara (1989), en Perú, encontraron que en un sistema de manejo de *Brachiaria decumbens* asociada con *Desmodium ovalifolium*, después de 6 años de pastoreo, la población de organismos en el suelo aumentó considerablemente y en especial la lombriz de tierra, la cual triplicó su población. Por su parte, Torres (1995) reportó en condiciones de trópico húmedo de Costa Rica, en pasturas asociadas de *Brachiaria brizantha* con *Arachis pintoii*, que la población de lombrices se duplicó en dicha asociación (371 lombrices/m²) con respecto a la gramínea sola (195 lombrices/m²).

De dichos resultados se deduce que la presencia de gramíneas y leguminosas en los pastizales no solamente es eficiente en el reciclaje de nutrientes, sino que también contribuye a la actividad biológica del suelo. Por tales motivos, Altieri (1996) recomienda que una de las prácticas o técnicas que ayudan a mantener una población biológicamente diversa de organismos en el suelo es la de combinar el uso de una gran cantidad de diferentes fuentes de materiales orgánicos a partir de la presencia de diversas especies de plantas en el sistema de cultivo o pastoreo.

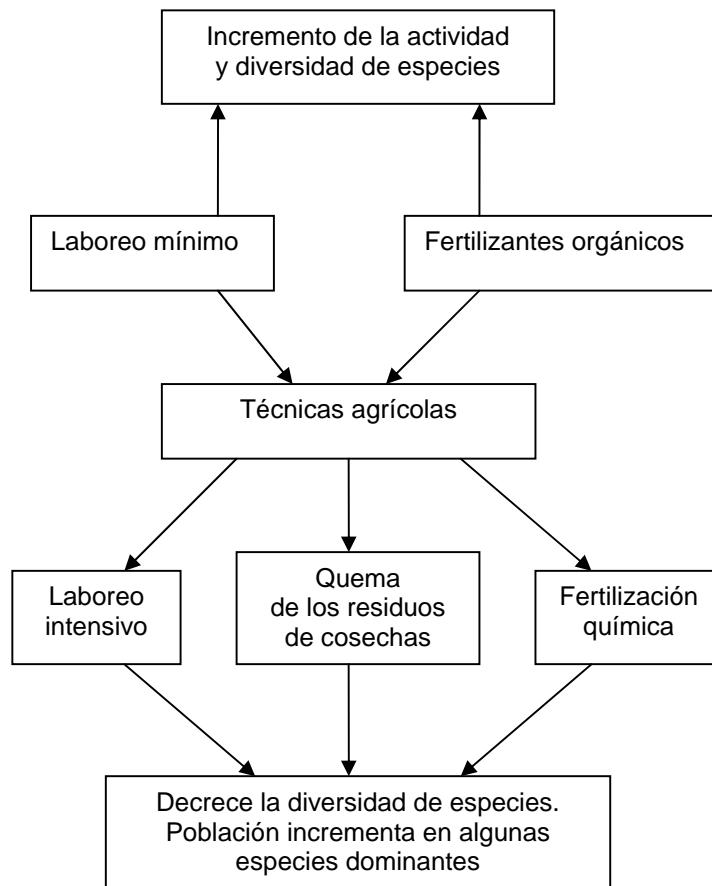


Fig. 1. Efecto de algunas técnicas agrícolas en la diversidad de la fauna edáfica (tomado de Crossley, Muller y Perdue, 1992).

Sánchez, Milera, Suárez y Alonso (1997), en las condiciones de Cuba, encontraron que en un pastizal de *Andropogon gayanus* CIAT621 y en otras especies de gramíneas y leguminosas rastreras, la fauna de invertebrados del suelo aumentó de 194 a 346 individuos/m² cuando se aplicó un sistema de manejo flexible durante 4 años y el suelo se autofertilizó a través de las deyecciones de los animales y el aporte de la hojarasca. Sánchez, Saray y Milera, Milagros (inédito), en un estudio realizado en esta misma área, concluyeron que la introducción de árboles en pastizales de gramíneas posibilita una mayor colonización de individuos pertenecientes a la macrofauna y específicamente crea las condiciones microclimáticas para la presencia de órdenes de gran importancia económica y ecológica, como son las lombrices de tierra y los coleópteros (fig. 2).

Sánchez, Hernández y Simón (1998), en un estudio realizado en tres lecherías comerciales (dos en las que se utilizaban las plantas arbóreas y una lechería testigo), encontraron una gran cantidad de organismos pertenecientes a la macrofauna en las lecherías con árboles (588 y 564 individuos/m²) en comparación con el testigo (328) a los 3 años de haber sembrado los árboles. Este comportamiento, según Altieri (1997) y Kolmans y Vásquez (1996), está muy relacionado con el efecto que produce la presencia de los árboles en un pastizal al

reducir la temperatura del suelo y regular la humedad, lo que permite crear las condiciones para una intensa actividad biológica.

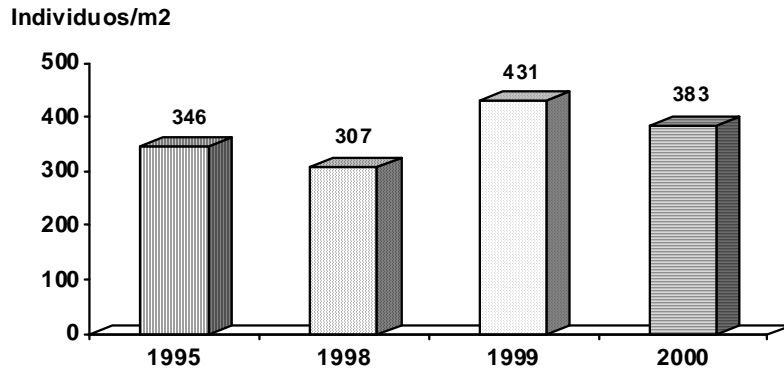
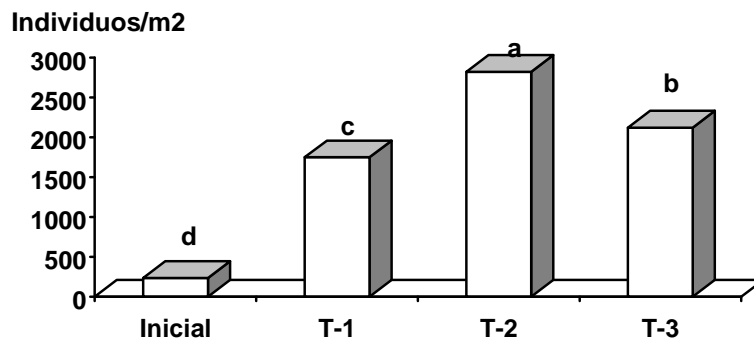


Fig. 2. Comportamiento de la macrofauna.

Otro de los usos de los árboles es el empleo de su follaje como abono verde. En estudios realizados por Sánchez y Hernández (2001) durante 4 años en parcelas de gramíneas asociadas con *Bauhinia purpurea* (fig. 3), se señaló que la utilización del follaje ejerció un efecto positivo en la comunidad de la macrofauna del suelo, pues logró que en las parcelas donde se cortó y se depositó el 100 % del follaje (T2) la densidad superara en 1,61 veces la encontrada en las que no recibieron el material vegetal de la arbórea (T1).



a,b,c,d Valores con superíndices no comunes difieren a $P < 0,05$ (Duncan, 1955)

Fig. 3. Densidad de individuos en cada tratamiento.

CONCLUSIONES

La macrofauna edáfica desempeña un papel primordial en el ecosistema, debido a que sus funciones están íntimamente relacionadas con los principales procesos que ocurren en el suelo. Dentro de ella las lombrices de tierra y las termitas (isópteros) son las más estudiadas, hecho que permite considerarlas como las más importantes de la macrofauna; no obstante, existen otros organismos que realizan determinadas actividades en el suelo, los cuales han sido objeto de estudio en muy pocas investigaciones. Por otra parte, a pesar de que

existe una amplia literatura acerca de las funciones de la macrofauna edáfica, las investigaciones en el sector ganadero son muy escasas, aspecto que debe tenerse en cuenta en los suelos ganaderos donde la macrofauna es necesaria para el proceso de reciclaje de nutrientes.

CONCLUSIONS

The edaphic macrofauna has a primary role in the ecosystem, because its functions are closely related to the main processes that occur in the soil. Within this macrofauna, the earthworms and termites (*Isoptera*) are the most studied, which allows to consider them as the most important of the macrofauna; nevertheless, there are other organisms that carry out certain activities in the soil and have been the object of very little research. On the other hand, in spite of the fact that there is abundant literature about the functions of the edaphic macrofauna, research in the livestock sector is very scarce, which must be taken into account in the livestock soils where the macrofauna is necessary for the nutrient recycling process.

REFERENCIAS

- Altieri, M.A. 1997. Agroecología: bases científicas para una agricultura sustentable. Tercera edición. CLADES. La Habana, Cuba. 249 p.
- Blanchart, E. 1992. Restoration by earthworms (*Megascolicidae*) of the macroaggregate structure of a destructured savanna soil under field conditions. *Soil Biol. Biochem.* 24:1587
- Bornemissza, G.F. 1976. The Australian dung beetle project 1965/1975. *Australian Meat Res. Comm. Rev.* 30:1
- Bornemissza, G.F. & Williams, C.H. 1970. An effect of dung beetle activity on plant yield. *Pedobiología.* 10:1
- Brussaard, M.; Lavelle, Patrick & Laurent, J. 1996. Digestion of a vertisol by the endogeic earthworms *Polypheretina elongata*, *Megascolecidae*, increases soil phosphate extractibility. *European Journal of Soil Biology.* 32:107
- Buck, Corinna; Langmaack, M. & Schrader, S. 1999. Nutrient content of earthworm casts influenced by different mulch types. *Eur. J. Soil. Biol.* 35:23
- Buck, Corinna; Langmaack, M. & Schrader, S. 2000. Influence of mulch and soil compaction on earthworm cast properties. *Applied Soil Ecology.* 14:223
- Burges, A. & Raw, F. 1971. Biología del suelo. Ediciones Omega, S.A. Barcelona, España. 596 p.
- Crossley, D.A.; Muller, R.R. & Perdue, J.C. 1992. Biodiversity of macroarthropods in agricultural soil. Relations to processes. In: Biotic diversity in agroecosystems. (Eds. M.G. Paolte & D. Pimentel). Elsevier, Amsterdam. p. 37
- CSIRO. 1979. Dung beetles on the move. *Rural Research in CSIRO.* 75:2
- Darlington, J.P. 1982. The underground passages and storages pits used in foraging by a nest of the termite *Macrotermes michaelseni* in Kajiado, Kenya. *Kenya Journal of Zoology.* 198:237
- Decaëns, T.; Lavelle, P.; Jimenez, J.J.; Escobar, G. & Rippstein, G. 1994. Impact of land management on soil macrofauna in the Oriental Llanos of Colombia. *Eur. J. Soil Biol.* 30:157
- Diden, W. & Marinissen, J. 1994. Effect of oligochaete worms on soil aggregates and implication for organic matter dynamics. 15th World Congress of Soil Science. Vol. 4a: Commission III: Symposia. Acapulco, México. p. 92

- Edwards, C. & Lofty, J.R. 1977. Biology of earthworms. Chapman and Hall, London. 321 p.
- Fincher, G.T. 1981. The potential value of dung beetles in pasture ecosystems. *J. Georgia Entomol. Soc.* 16:316
- Fincher, G.T.; Monson, W.G. & Burton, G.W. 1981. Effects of cattle feces rapidly buried by dung beetles on yield and quality of coastal bermudagrass. *Agron. J.* 73:775
- Flegel, M.; Schrader, S. & Zhang, H. 1998. Influence of food quality on the physical and chemical properties of detritivorous earthworm casts. *Applied Soil Ecology.* 9:263
- Fragoso, C. & Rojas-Fernández, Patricia. 1994. Soil biodiversity and land management in the tropics. The case of ants and earthworms. 15th Congress of Soil Science. Vol. 4a: Commission III: Symposia. Acapulco, México. p. 232
- Garnier-Sillam, E. & Harry, M. 1994. Distribution of humic compounds in humivorous termite termitaries and implications on structural soil stability. 15th World Congress of Soil Science. Vol. 4a: Commission III: Symposia. Acapulco, México. p. 116
- Gómez, M.E. & Preston, T.R. 1996. Ciclaje de nutrientes en un banco de proteínas de matarratón *Gliricidia sepium*. *Livestock Research for Rural Development.* 8 (1)
- Haimi, J. & Huhta, V. 1991. Effect of *Lumbricus rubellus* on the growth and N content of birch seedlings. Special Publication No. 4. International Symposium on Earthworm. *Ecology, Soil Biology and Biochemistry.* 24:1525
- Hassink, J.; Chenu, C.; Dalenberg, J.W.; Bloem, J. & Bouwman, L.A. 1994. Interactions between soil biota, soil organic matter and soil structure. 15th World Congress of Soil Science. Vol. 4a: Commission III: Symposia. Acapulco, México. p. 57
- Hendrix, P.F.; Crossley, D.A.; Blair, J.M. & Coleman, D.C. 1990. Soil biota as components of sustainable agroecosystems. Soil and Water Conservation Society. Ankeny, Iowa. p. 637
- Huhta, V.; Haimi, J. & Setälä, H. 1994. Soil fauna promote nutrient cycling-experimental evidence using simulated coniferous forest floor. 15th World Congress of Soil Science. Vol 4a: Commission III: Symposia. Acapulco, México. p. 76
- Kheirallah, A.M. 1979. Behaviour preference of *Julus scandinavicus* (Myriapoda) to different species of leaf litter. *Oikos.* 33:466
- Kolmans, E. & Vásquez, D. 1996. Manual de agricultura ecológica. MAELA-SIMAS, Nicaragua. 222 p.
- Langmaack, M.; Schrader, S.; RappBernhardt, U. & Kotzke, E. 1999. Quantitative analysis of earthworm burrow systems with respect to biological soil-structure regeneration after soil compaction. *Biol. Fertil. Soils.* 28:219
- Lavelle, Patrick. 1983. The soil fauna of tropical savannas. I. The community structure. In: Tropical savannas. (Ed. F. Bourliere). Elsevier Scientific Publishing Company. Amsterdam, The Netherlands. p. 477
- Lavelle, Patrick. 1994. Faunal activities and soil processes: Adaptive strategies that determine ecosystems function. 15th World Congress of Soil Science. Vol. 1: Inaugural and state of the art conferences. Acapulco, México. p. 189
- Lavelle, Patrick; Dangerfield, M.; Fragoso, C.; Eschenbrenner, V.; López-Hernández, D.; Pashanasi, B. & Brussaard, L. 1994. The relationship between soil macrofauna and tropical soil fertility. In: The management of the tropical soil biology and fertility. (Eds. P.L. Noomer & M.J. Swift). Wiley-Sayce Publication. p. 137
- Lavelle, Patrick & Martin, Agnes. 1992. Small scale and large scale effects of endogeic earthworms on soil organic matter dynamics in soils of the humid tropics. *Soil Biol. Biochem.* 24 (12):1491

- Lee, K.E. 1985. Earthworms: their ecology and relationships with soil and land use. Academic Press. London, UK. 411 p.
- Lee, K.E. 1994. The functional significance of biodiversity in soils. 15th World Congress of Soil Science. Vol. 4a: Commission III: Symposia. Acapulco, México. p. 168
- Lobo, J.M. & Veiga, C.M. 1990. Interés ecológico y económico de la fauna coprófaga en pastos de uso ganadero. **Ecología**. 4:313
- López-Hernández, D.; Niño, M.; Nannipieri, P. & Fardeau, J.C. 1989. Phosphatase activity in *Nasutitermes ephratae* termite nest. **Biology and Fertility of Soils**. 7:134
- Lumaret, J.P. & Ibarra, O. 1996. Separation of tropic niches by dung beetles (*Coleoptera, Scarabaeoidea*) in overlapping habitats. **Pedobiología**. 40:392
- Micó, E. & Galante, E. 2001. La importancia de los coleópteros coprófagos (*Coleoptera, Scarabaeoidea*) en los humedales mediterráneos pastoreados. I Forum Iberoamericano de Pastos. Alicante, España. p. 267
- Moldenke, A.R.; Baumeister, N.; Estrada-Venegas, E. & Wernz, J. 1994. Linkages between soil biodiversity and aboveground plant performance. 15th World Congress of Soil Science. Vol. 4a: Commission III: Symposia. Acapulco, México. p. 186
- Motalib, A. & Rida, A. 1994. Los gusanos de tierra y el medio ambiente. **Mundo Científico**. 146:408
- Odum, E.P. 1989. Ecología. 3ra. edición. Edición Revolucionaria, La Habana, Cuba. 639 p.
- OkelloOloya, T. & Spain, A.V. 1986. Comparative growth of two pasture plants from north-eastern Australia on the mound materials of grass and litter-feeding termites (*Isoptera:Termitidae*) and on their associated surface soils. **Revue d' Ecologie et de Biologie du Sol**. 23:381
- Pashanasi, B.; Meléndez, G.; Szott, L. & Lavelle, P. 1992. Effect of inoculation with the endogeic earthworm *Pontoscolex corethurus* (*Glossoscolecidae*) on N availability, soil microbial biomass, and the growth of three tropical fruit tree seedlings in a pot experimental. **Soil Biol. Biochem**. 24 (12):1655
- Pezo, D.A. & Ibrahim, M. 1999. Módulo de Enseñanza Agroforestal No 2. Sistemas Silvopastoriles. Segunda Edición. CATIE, Costa Rica. p. 83
- Pezo, D.A.; Romero, F. & Ibrahim, M. 1992. Producción, manejo y utilización de los pastos tropicales para la producción de leche y carne. En: Avances en la producción de leche y carne en el trópico americano. (Ed. S. Fernández-Baca). FAO. Santiago, Chile. p. 47
- Raw, F. 1971. Artrópodos (excepto ácaros y colémbolos). En: Biología del suelo. (Eds. A. Burges y F. Raw). Ediciones Omega, S.A. Barcelona, España. p. 379
- Reinés, M. 1998. Lombricultura. Alternativa del desarrollo sustentable. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Las Agujas. Zapopán, México. 36 p.
- Riojas, E.; Bolívar, C.; Ceballos, G.; Fernández, A. & Barreiro, A. 1969. Historia natural. Vida de los animales, de las plantas y de la tierra. Tomo II. Zoología (Invertebrados). Sexta Edición. Instituto Galliach. Barcelona, España. 496 p.
- Ruz-Jerez, B.E.; Ball, P.R. & Tillman, R.W. 1992. Laboratory assessment of nutrient release from a pasture soil receiving grass or clover residues, in the presence or absence of *Lumbricus rubellus* or *Eisenia fetida*. **Soil Biol. Biochem**. 24:1529
- Sánchez, P.A. & Ara, A.A. 1989. Contribución potencial de las praderas mejoradas a la sostenibilidad de los ecosistemas de sabana y bosque húmedo tropical. En: Contribución de las pasturas mejoradas a la producción animal en el trópico. CIAT. Cali, Colombia. Documento de trabajo No. 80, p. 1

- Sánchez, Saray & Hernández, Marta. 2001. Efecto de la adición del follaje de *Bauhinia purpurea* en la macrofauna edáfica. **Pastos y Forrajes**. 24:41
- Sánchez, Saray; Hernández, Marta & Simón, L. 1998. Diversidad de los organismos del suelo bajo un sistema silvopastoril. Memorias. III Taller Internacional Silvopastoril "Los árboles y arbustos en la ganadería". EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. p. 295
- Sánchez, Saray; Milera, Milagros; Suárez, J. & Alonso, O. 1997. Evolución de la biota del suelo en un sistema de manejo rotacional racional intensivo. **Pastos y Forrajes**. 20:143
- Scheu, S. & Poser, G. 1996. The soil macrofauna (Diplopoda, Isopoda, Lumbricidae and Chilopoda) near tree trunks in a beechwood on limestone: indications for Stemflow induced changes in community structure. **Applied Soil Ecology**. 3:115
- Schrader, S. & Zhang, H. 1997. Earthworm casting: stabilization or destabilization of soil structure?. **Soil Biol. Biochem.** 29:469
- Senapati, B.K.; Panigrahi, P.K. & Lavelle, Patrick. 1994. Macrofauna status and restoration strategy in degraded soil under intensive tea cultivation in India. 15th World Congress of Soil Science. Vol. 4a: Commission III: Symposia. Acapulco, México. p. 64
- Setälä, H.; Marshall, V.G. & Trofymow, J.A. 1996. Influence of body size of soil fauna on litter decomposition and ¹⁵N uptake by poplar in a pot trial. **Soil Biol. Biochem.** 28:1661
- Smettem, R.J. 1992. The relation of earthworm to soil hydraulic properties. **Soil Biol Biochem.** 24:1539
- Socarrás, A.A. 1998. La vida del suelo. Un indicador de su fertilidad. **Agricultura Orgánica**. Abril, p. 12
- Spain, A.V.; Lavelle, P. & Mariotti, A. 1992. Preliminary study of the effect of some tropical earthworm in plant growth. **Soil Biol. Biochem.** 24:1629
- Spurgeon, D.J & Hopkin, S.P. 1996. The effects of metal contamination on earthworm populations around a smelting works: quantifying species effects. **Applied Soil Ecology**. 4:147
- Stork, M.E. & Eggleton, P. 1992. Invertebrates as determinants and indicators of soil quality. **American Journal of Alternative Agriculture**. 7:35
- Torres, M.I. 1995. Características físicas, químicas y biológicas en suelos bajo pasturas de *Brachiaria brizantha* sola y en asocio con *Arachis pintoi* después de 4 años de pastoreo en el trópico húmedo de Costa Rica. Tesis M.Sc. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 98 p.
- Villalobos, F.J. 1994. The contributions of melolonthid larvae to soil fertility. 15th World Congress of Soil Science. Vol. 4a: Commission III: Symposia. Acapulco, México. p. 1129

Recibido el 8 de diciembre del 2000

Aceptado el 18 de mayo del 2001