



Revista Cubana de Ciencia Agrícola

ISSN: 0034-7485

rcca@ica.co.cu

Instituto de Ciencia Animal

Cuba

Crespo, G.

Funciones de los organismos del suelo en el ecosistema de pastizal

Revista Cubana de Ciencia Agrícola, vol. 47, núm. 4, 2013, pp. 329-334

Instituto de Ciencia Animal

La Habana, Cuba

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193029815001>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en [redalyc.org](http://www.redalyc.org)

[redalyc.org](http://www.redalyc.org)

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

Funciones de los organismos del suelo en el ecosistema de pastizal

G. Crespo

Instituto de Ciencia Animal, Apartado Postal 24, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba
Correo electrónico: gcrespo@ica.co.cu

Se muestra una actualización de los avances en las investigaciones científicas relacionadas con las funciones de los organismos del suelo en el ecosistema de pastizal. Se reconoce el desempeño de los diversos microorganismos en el mismo. Se enfocan, con preferencia, las funciones de los descomponedores primarios, como los coleópteros, las lombrices y las termitas. Se destaca que estos organismos, responsables de descomponer las excretas de los mamíferos y la hojarasca de los pastizales, incrementan la fertilidad general de los suelos y la productividad del pastizal. Las interacciones entre los descomponedores primarios y los microorganismos que habitan en el tracto gastrointestinal y en el suelo son determinantes en el funcionamiento de este ecosistema. Las lombrices, los coleópteros y las termitas desempeñan una función fundamental en el reciclaje de los nutrientes en ecosistemas de pastizales bien manejados.

Palabras clave: *organismos, suelo, pastizal, interacciones.*

INTRODUCCIÓN

El suelo alberga numerosos organismos, desde insectos y lombrices visibles a simple vista, hasta bacterias y hongos microscópicos. Estos organismos trabajan para el agricultor, por lo que se consideran de suma importancia (Coleman *et al.* 2004).

Se ha reconocido que las lombrices constituyen buenos indicadores de la salud del suelo (Panigrahi 2009). Las investigaciones han demostrado que la producción de forraje casi se duplica cuando las lombrices se introducen en los pastizales, ya que causan cambios importantes en las propiedades del suelo. Más aún, existe una alta correlación entre la población de lombrices y la producción de forraje (Curry y Schmidt 2007).

Además de las lombrices, hay otras especies de organismos del suelo visibles. Entre ellas están los coleópteros coprófagos, las cochinillas (Isópodos), los milpiés (Milípedos), los ciempiés (Centípedos), las babosas (Moluscos), los caracoles (Basommatophora) y los colémbolos (Collembola), que son los descomponedores primarios (Coleman *et al.* 2004). Ellos comienzan a comer las partículas más grandes de los residuos de las plantas y las ponen en contacto con otros organismos, que luego las descomponen.

Aunque por mucho tiempo se ha reconocido la función de las termitas en la descomposición de la hojarasca, se dispone de poca información acerca de su importancia en la descomposición de las excretas, especialmente

de los herbívoros. Los estudios publicados demuestran que existen diversos grupos, al menos 126 especies, que se alimentan de la excreta de, aproximadamente, 18 especies de mamíferos (Freyman *et al.* 2008).

Una hectárea de suelo vivo puede contener, en algunos casos, 1011 kg de lombrices, 1090 kg de hongos, 682 kg de bacterias, 60.5 kg de protozoos, 404.5 kg de artrópodos, algas y otros pequeños mamíferos (Brown y Doube 2004). El entendimiento del ciclo biológico de estos organismos permitirá hacer un manejo eficiente del pastizal para optimizar la actividad biológica.

Todos estos organismos, desde las microscópicas bacterias hasta las grandes lombrices y caracoles, funcionan unidos en el ecosistema general del suelo (Curry 1994). Debido a que el ser humano no puede ver la mayoría de estos seres, es común olvidarlos. Sin embargo, ellos están presentes en los suelos biológicamente activos e intervienen en muchas funciones útiles, si los pastizales son eficientemente manejados.

El objetivo de esta reseña es mostrar los avances en investigaciones científicas relacionadas con las funciones de diversos organismos del suelo en el ecosistema de pastizal, con énfasis especial en los coleópteros, lombrices y termitas, que constituyen los descomponedores primarios en el reciclaje de los nutrientes en estos ecosistemas.

FUNCIONES DE LOS INSECTOS DEL GÉNERO SCARABAEIDAE

Los insectos del género Coleoptera (Scarabaeidae) aparecen en todo el mundo, con frecuencia en áreas que varían desde tierras bajas, zonas alpinas hasta en desiertos. La biología y ecología del grupo es tan diversa que se pueden hacer pocas generalizaciones (Stebnicka

2001). El nombre común de “escarabajo pelotero” se refiere a la taxa de esta sub-familia, que se recoleta frecuentemente en las bostas de los mamíferos.

Los dos tipos principales de fuentes de alimento consumidos por coleóptera son las excretas de los

omnívoros y la vegetación senescente (hojarasca). Las especies se pueden dividir en dos grupos: saprófagos y coprófagos (Nichols *et al.* 2008).

Los saprófagos se alimentan de materiales vegetales muertos y en descomposición, que incluyen la hojarasca, frutos y flores en descomposición, compost y gramíneas cortadas, entre otros. Se distribuyen a través del mundo de acuerdo con el tipo de vegetación y su estado de descomposición, cantidad de agua libre en el suelo, clima y otras condiciones. Según Stebnicka (2001), los saprófagos duros usan sustancias orgánicas duras, como madera muerta, hojarasca foliar y esporas, mientras que los débiles utilizan los contenidos líquidos y semilíquidos de la vegetación en descomposición, como jugos vegetales, sustancias albuminoideas disueltas y albúminas del humus en descomposición.

Los coprófagos se alimentan de fracciones de excretas y se encuentran en casi todo tipo de deposiciones. Los herbívoros mayores comen grandes cantidades de hierba. Alguna porción de estas pasa a través del sistema digestivo, sin ser efectivamente digerida. Además, la excreta contiene varios jugos digestivos, sustancias albuminoideas, grasas, carbohidratos, sales minerales, vitaminas y trazas de otras sustancias, que incluyen albúminas bacterianas. Las hembras ponen, como promedio, de 20-25 huevos. La mayoría de las especies tienen dos generaciones por año. Sin embargo, la emergencia de sus huevos es muy variable e irregular, pues el número anual de generaciones, en un área dada, depende del clima y de la duración de la estación de crecimiento (Stebnicka 2001).

Davis (1996) demostró que en África existe gran actividad de coleópteros coprófagos y rápida descomposición de las bostas durante la estación lluviosa y caliente. Sin embargo, se comprobó una marcada variación de acuerdo con el tipo de suelo. En los suelos arcillosos, hubo baja incidencia de estos insectos y menor tasa de descomposición de las excretas, con respecto a los más ligeros. Este autor también demostró la existencia de correlaciones positivas entre la biomasa de estos coleópteros y la tasa de descomposición en suelos arenosos. Estas investigaciones facilitaron la selección de futuras especies de Coleóptera para optimizar la descomposición de las excretas en los agroecosistemas de pastizales de Australia. Similar efecto del tipo de suelo en la actividad de los coleópteros encontraron Rodríguez *et al.* (2002) en pastizales en Cuba.

Según Nichols *et al.* (2008), se necesitan más conocimientos de las relaciones entre las funciones ecológicas y la biodiversidad, para predecir las verdaderas consecuencias ambientales de las actividades humanas. Varias funciones clave del ecosistema son proporcionadas por los coleópteros coprófagos de la sub-familia Scarabaeinae, los cuales se alimentan de las excretas animales, en su estado adulto como larval. A través de la manipulación de las excretas durante el proceso de alimentación, estos coleópteros producen funciones vitales en el ecosistema, como la dispersión de semillas, el reciclaje de nutrientes y la supresión de parásitos. Muchas de estas funciones ecológicas proporcionan valiosos servicios al ecosistema, como el control de enfermedades y la fertilización del suelo.

FUNCIONES DE LAS LOMBRICES (OLIGOCHAETAS)

Taxonómicamente, las lombrices pertenecen al phylum Annelida, clase Oligochaeta y orden Opisthophora. Este orden la componen cinco grandes familias: Moniligastridae, Megascolidae, Eudrilidae, Glossoscolecidae y Lumbricidae. Se ha encontrado que, en mayor o menor extensión, las lombrices desempeñan una función significativa al mejorar la fertilidad del suelo. Los investigadores han identificado y nombrado más de 4 400 especies de lombrices, con sus características físicas, biológicas y de comportamiento que las distinguen unas de otras. La clasificación trófica las divide en tres categorías: fitófagas, fito-geófagas y geófagas, mientras que otras las dividen en: epígeas, anécicas y endogéicas (Panigrahi 2009).

Las especies epígeas, representadas por *Perionyx excavates* (oriental), *Eisenia foetida* (Europa) y *Eudrilus euginae* (África), viven sobre el suelo y se alimentan de las partes en descomposición de vegetales y animales (Curry y Schmidt 2007). Estas lombrices construyen túneles permanentes y prefieren la capa superficial del suelo rico en materia orgánica, específicamente la capa de hojarasca. En la naturaleza se encuentra mayor concentración de estas lombrices en las hojas y restos

orgánicos que en el propio suelo. Son estas especies epígeas las que se usan en las prácticas del vermicompost y del compostaje en el mundo. Se reconocen como fitófagas y formadoras de humus.

Las especies anécicas son fitogeófagas y están representadas por *Lampito mauritii* (oriental) y *Lumbricus terrestris*. Viven en las primeras seis pulgadas del suelo y se alimentan de la materia orgánica que existe en la superficie. Estas lombrices construyen túneles verticales permanentes, que atraviesan desde la superficie hasta la capa mineral, lo que puede ocurrir hasta la profundidad de cuatro a seis pies (108 a 162 cm). Se alimentan de la materia orgánica en descomposición, convirtiéndola en humus (Lavelle y Spain 2001).

Las endogéicas son geófagas. Algunas especies, como *Metaphire posthuma*, *Pheretima elongate*, *Octochaetona serrata* y *O. thurstoni*, son lombrices grandes, que a menudo alcanzan 1 m o más de longitud. Viven profundas en el suelo y se alimentan solo del suelo mineral que, incidentalmente, es también rico en material orgánico. Estas lombrices se trasladan a la superficie solo durante la estación lluviosa para depositar sus voluminosos excrementos (Panigrahi 2009).

Estas tres categorías tróficas de lombrices desempeñan importantes funciones en el manejo de la fertilidad del suelo. Esta contribución la hacen por medio de sus materiales fecales y de las secreciones de sus cuerpos.

La formación de galerías por las lombrices favorece la infiltración del agua y la aireación del suelo (Bouché 1977). Ellas digieren suelo, material orgánico y microorganismos a través de sus sistemas digestivos, en la medida que remueven el suelo. Este proceso incrementa considerablemente el contenido de nutrientes solubles.

Las lombrices comen el material vegetal muerto y redistribuyen el material orgánico y los nutrientes vegetales a través del perfil. Las investigaciones demuestran que solamente una delgada capa superficial de material orgánico permanece sobre la superficie en los pastizales sin lombrices (Brown *et al.* 2000). También las lombrices segregan un material que estimula el crecimiento vegetal y mejora la calidad del suelo. Además, reducen la transmisión de nematodos parasíticos en las bostas de vacas (Brown y Doube 2004).

Las lombrices prefieren pH neutro, suelo húmedo y suficiente residuo vegetal en la superficie. Además, son sensibles a algunos pesticidas. Los fertilizantes aplicados sobre la superficie del suelo son a menudo beneficiosos, pero el amoníaco anhidro las mata y la aradura destruye las galerías (Curry y Schmidt 2007). Los esfuerzos para proteger el incremento de la población de lombrices producirá pastizales más saludables y productivos.

El tracto gastrointestinal de las lombrices actúa como un "bioreactor" donde, en condiciones ideales de temperatura, humedad y pH, se multiplican razas beneficiosas de bacterias aeróbicas (Drake y Horn 2007).

Existe una creciente apreciación de las interacciones sinérgicas entre las lombrices y los microorganismos. El principal interés está enfocado hacia la ingestión de los microorganismos del suelo y a su tránsito por el intestino (Egert 2004, Parthasarathi *et al.* 2007, Byzov *et al.* 2009 y Thakuria *et al.* 2009). Algunos investigadores demuestran que los microbios en el intestino de la lombriz están asociados con el perfil microbiano del suelo y con las fuentes de alimento (McLean *et al.* 2006, Drake & Horn 2007, Knapp *et al.* 2008 y Jayasinghe y Parkison 2009). Las pequeñas diferencias en las comunidades bacterianas entre el suelo, el intestino de la

lombriz y las excretas frescas en *L. terrestris* indican que no es posible la existencia de una comunidad microbiana indígena en la lombriz (Egert 2004).

Knapp *et al.* (2009) informaron resultados similares, aunque otros estudios han mostrado la existencia de simbioses en el intestino de lombrices (Sampedro 2007). Otras investigaciones refieren que algunos microorganismos presentes en el intestino de estos animales no estuvieron en el suelo (Byzov *et al.* 2009). La presencia de todas las bacterias en el tracto gastrointestinal de la lombriz y en el suelo no permite determinar si las comunidades bacterianas presentan una interacción simbiótica o mutualísticamente metabólica con ellas (Thakuria *et al.* 2010).

Se necesitan futuros estudios, en mayor diversidad de especies de lombrices, para confirmar la presencia real de simbioses en el sistema gastrointestinal y sus funciones. De hecho, la contribución neta de las lombrices a la fertilidad del suelo proviene de la biomasa de los hongos y bacterias que ellas excretan. La concentración de lombrices en un suelo es un indicador de la presencia de una biomasa bacteriana-fúngica beneficiosa. Además, sugiere que el suelo no necesita mucho cuidado en cuanto a su fertilidad (Byzov *et al.* 2009).

Las lombrices son voraces consumidoras de alimento. De acuerdo con el estimado de consumo diario de alimento por mil kilogramos de peso vivo, el elefante consume aproximadamente 4 kg, el hombre cerca de 20 kg, el ratón 200 kg, y la lombriz, aproximadamente, 500 kg. Un hongo ingiere dos mil kilogramos y una bacteria veinte mil. Esta última se convierte así en la super consumidora de alimento en el reino animal (Panigrahi 2009).

Aunque algunas especies de lombrices proliferan en el subsuelo para evitar la sequedad, las más comunes permanecen en la capa seca del suelo, donde soportan pérdidas de hasta $\frac{3}{4}$ del contenido de agua. La prolongada inundación causa la muerte de estos organismos, pues toleran cortos períodos de encharcamiento, gran número se encuentra en pastizales irrigados (Barley 1964). En Cuba, Lok y Fraga (2008) han encontrado invariablemente mayor biomasa de lombrices en los pastizales, con predominio de mezclas múltiples de leguminosas perennes, y en sistemas silvopastoriles.

FUNCIONES DE LA TERMITAS (ISOPTERA)

Aunque por mucho tiempo se ha reconocido la importante función de las termitas en la descomposición de la hojarasca, se dispone de poca información acerca de su importancia en la descomposición de las excretas, especialmente de los herbívoros. Los estudios publicados muestran que existen diversos grupos (al menos 126 especies) que se alimentan de la excreta de, al menos, 18 especies de mamíferos (Freyman *et al.* 2008).

Las especies que se alimentan de los restos de madera y de los fitófagos de la hojarasca de árboles

maderables son las más frecuentemente en las excretas (Bignell y Eggleton 2000). Más aún, se ha informado que las termitas pueden descomponer grandes cantidades de excretas de mamíferos durante la estación seca preferiblemente. Al respecto, se indican valores de $\frac{1}{3}$ de excreta removida por estos organismos en solo un mes, con mayor intensidad en los pastizales nativos (Ferrari y Watson 1970). No se han observado preferencias entre las excretas de mamíferos y otros tipos de fuentes orgánicas. Aunque las termitas incorporan grandes cantidades de

excretas en el suelo y lo enriquecen en nutrientes, este proceso no ha sido estimado como de gran importancia en el funcionamiento de los ecosistemas tropicales. Hay información de la actividad desintegradora de excretas por las termitas en África, Asia, Australia y América (norte, centro y sur).

No existen referencias de que las especies de termitas se alimenten de las excretas de una sola especie de mamífero. Los resultados indican que las que se alimentan predominantemente de la madera (42 especies = 39 %) y de la hojarasca de árboles maderables (27 = 25 %), también se nutren de las excretas de mamíferos, lo que es de mucha importancia (Freyman *et al.* 2008).

Según Higashi *et al.*, (1992), las termitas se sustentan, generalmente, de materiales vegetales muertos que tienen una relación C/N mucho mayor que la de sus propios tejidos y tienen que balancear sus entradas de C y N. Quédraogo *et al.* (2004) compararon la relación C/N de varios alimentos suministrados a termitas, como pajas de *Andropogon* (153 y 0.32 % de N), estiércol vacuno (40 y 0.95% de N) y rastrojo de maíz (59 y 0.77 % de N). El estiércol vacuno proporcionó a las termitas una relación C/N más favorable, y fue más atractiva para estos organismos. A pesar del mayor contenido de fósforo en dicha excreta (1.06 % vs. 0.03 % en la paja de *Andropogon* y 0.18 % en el rastrojo de maíz), la macrofauna del suelo prefirió descomponer los materiales fibrosos. Esto significa que para las termitas, las oportunidades disponibles de compensar alimentos de muy baja calidad rompen las reglas en cuanto a la alta selectividad, en términos de la relación C/N del alimento.

Con respecto a la hojarasca, las excretas aparecen en el campo y están localmente disponibles como acumulaciones de hojarasca y materia orgánica, agregadas por los herbívoros grandes. Las termitas podrían beneficiarse energéticamente, al explorar las excretas con mayor masa por volumen, en lugar de alimentarse con hojarasca, que necesita ser recolectada en un amplio rango espacial y en un microclima menos favorable. Más aún, los mamíferos y sus endosimbiontes fragmentan y pre-procesan bioquímicamente los materiales vegetales. De esta forma, facilitan su posterior utilización por las termitas (Dangerfield y Schuurman 2000).

La excreta depositada naturalmente sobre el suelo por

los mamíferos necesita ser descompuesta e incorporada como parte del reciclaje de los nutrientes del suelo. Adamson (1943) había sugerido que las termitas tienen una acción importante en el mantenimiento de la fertilidad del suelo y en la productividad de los ecosistemas. Además, promueven la aireación, el drenaje, la penetración de las raíces, y contribuyen al desarrollo del suelo por su estilo de vida epígeo. También aceleran la formación de humus y el reciclaje de los elementos minerales, al consumir maderas muertas y otros restos vegetales.

Según Quédraogo *et al.* (2004), las termitas pueden descomponer entre 12-57 % de la excreta en solo un mes. Estos autores encontraron mayores tasas de descomposición en la estación seca que en la lluviosa. Por mes, estas tasas fueron: 12% en el desierto, 36 - 57 % en las sabanas, 31 % en campos agrícolas y 12 % en pastizales. Se puede estimar un valor promedio de 30 % de descomposición de las excretas por las termitas.

Algunos autores, como Whithead (1986), señalan que los coleópteros coprófagos son los mayores responsables de la desintegración de las bostas durante la estación lluviosa. Sin embargo, en la estación seca la labor de las termitas es más importante.

Existen suficientes evidencias para afirmar que las termitas afectan el funcionamiento del ecosistema a través del reciclaje de los nutrientes. Coe (1977) estimó que en el Parque Nacional de Kenya, las termitas remueven hasta 8.7×10^3 kg de excretas/km² por año en los pastizales. Esto representa una liberación de, aproximadamente, 12 kg/ha/año y ofrece una idea de la función de las termitas como facilitadoras en el retorno de nutrientes al suelo en el proceso de reciclaje.

Con relación al reciclaje general de nutrientes, las termitas se pueden ver como una conexión crucial entre las excretas que producen los mamíferos y los descomponedores microbianos para las siguientes fragmentaciones en los pastizales nativos. Pueden ser aún más importantes por la redistribución que hacen de las partículas de las excretas.

En Costa Rica, las investigaciones han indicado que las termitas son los insectos descomponedores de excretas más importantes en los pastizales de ese país (Gould *et al.* 2001).

OTROS ORGANISMOS DE INTERÉS EN EL ECOSISTEMA DE PASTIZAL

Se considera que las bacterias constituyen los organismos más numerosos en los suelos, de modo que 1 g del mismo puede contener, como mínimo, un millón de estos organismos unicelulares (Torsvik y Ovreaas 2002). Uno de los mayores beneficios de las bacterias es ayudar a las plantas en la toma de los nutrientes. La primera forma de hacerlo es a través de la liberación de los nutrientes de la materia orgánica y de los minerales del suelo.

Aunque los actinomicetos no son tan numerosos

como las bacterias, pueden tener funciones importantes en el suelo. Así, como lo hacen las bacterias, ellos ayudan a descomponer el material orgánico en humus, con la consecuente liberación de nutrientes y producción de antibióticos que eliminan enfermedades en las raíces (Lavelle y Spain 2001).

Los hongos están presentes en el suelo en diferentes tamaños y tallas. Algunas especies aparecen formando colonias, mientras que otras son levaduras unicelulares. Las Micorrizas son hongos que viven sobre o en las

raíces de las plantas y actúan para extender los pelos radiculares en el interior del suelo. Ellos incrementan la toma de agua y nutrientes, especialmente en los suelos con deficiencias de nutrientes. A cambio, el hongo se beneficia absorbiendo nutrientes y carbohidratos de las raíces en que ellos viven (Lavelle *et al.*, 1995).

Muchas especies de algas también viven en el suelo. Estos organismos producen su propio alimento a través de la fotosíntesis. Aparecen como una fina capa verde sobre la superficie del suelo después de las lluvias. Su primera función es mejorar la estructura del suelo mediante la producción de materiales que aglutinan las partículas junto con los agregados estables al agua. Además, algunas especies (como las verde azules) pueden fijar N, que después se libera y absorbe por las

raíces de las plantas (Bohlen y Gathumbi 2007).

Los protozoos son animales de vida libre, que nadan en el agua entre las partículas del suelo, mientras que otros viven en el tracto gastrointestinal de la lombriz de tierra (Cai H. *et al.* 2002). Muchas de sus especies comen otros microorganismos y, al consumir bacterias, contribuyen a liberar nitrógeno y otros nutrientes por sus excreciones.

Los nemátodos son abundantes en la mayoría de los suelos, y solo pocas especies son dañinas para las plantas. La mayoría de las especies comen hojarasca de plantas, así como bacterias, hongos, algas, protozoos y otros nematodos. Como otros predadores, los nematodos influyen en la tasa de reciclaje de los nutrientes (Bardgett *et al.* 1999).

CONCLUSIONES

La presencia de insectos coleópteros se informa en todo el mundo. Los saprófagos se alimentan de materiales vegetales muertos y en proceso de descomposición, mientras que los coprófagos lo hacen de diversas fracciones de excreta, de casi todos los tipos de animales.

Las lombrices consumen el material vegetal muerto y redistribuyen el material orgánico y los nutrientes vegetales a través del perfil del suelo. Ellas forman galerías en este medio, que favorecen la infiltración del agua y la aireación.

Se reconocen las importantes funciones de las termitas en la descomposición de la hojarasca en los pastizales, aunque más recientemente se descubrió que estos organismos también se alimentan de las excretas de numerosas especies de mamíferos y las descomponen con preferencia durante períodos de sequía.

Estos organismos del suelo, considerados como los consumidores primarios, interactúan íntimamente con las bacterias, actinomicetos, hongos, algas verde-azules, protozoos y nematodos en el reciclaje eficiente de los nutrientes en los ecosistemas de los pastizales tropicales.

REFERENCIAS

- Adamson, A.M. 1943. Termites and the fertility of soils. *Trop. Agric.* 20:107
- Bardgett, R.D., Cook, R., Yeates, G.W. & Denton, C.S. 1999. The influence of nematodes on below-ground processes in grassland ecosystems. *Plant Soil* 212:23
- Barley, K.P. 1964. Earthworms and the decay of plant litter and dung – A Review. *Proc. Aust. Soc. Anim. Prod.* 5:236
- Bignell, D.E. & Eggleton, P. 2000. Termites in ecosystems. En: Abe, T., Bignell, D.E. & Higashi, M. (Eds). *Termites: Evolution, Sociality, Symbioses, Ecology*. Kluwer Academic Publications. Dordrecht. p. 363
- Bohlen, P.J. & Gathumbi, S.M. 2007. Nitrogen cycling in Seasonal Wetlands in Subtropical Cattle Pastures. *Soil Sci. Soc. America J.* 71:1058
- Bouché, M.B. 1977. Stratégies lombriciennes. En: Persson, T. & Lohm U. (Eds.) *Soil organism as components of ecosystems*. Proc. 6th International soil zoology colloquium, Uppsala. *Ecol. Bulletins* 25:122
- Brown, G.G., Barois, I. & Lavelle, P. 2000. Regulation of soil organic matter dynamics and microbial activity in the drilosphere and the role of interactions with other edaphic functional domains. *Eur. J. Soil Biol.* 36:177
- Brown, G.G. & Doube, B.M. 2004. Functional interactions between earthworms, microorganisms, organic matter, and plants. En: Edwards, C.A. (Eds.) *Earthworm ecology*. Boca Raton, FL, USA: CRC Press LLC. p.213
- Byzov, B.A., Nechitaylo, T.Y., Bumazhkin, B.K., Kurakov, A.V. & Golyshin, P.N. 2009. Culturable microorganisms from the earthworm digestive tract. *Microbiol.* 78:360
- Cai, H. & John, P.F. 2002. Fate of protozoa transiting the digestive tract of the earthworm *Lumbricus terrestris* L. *Pedobiologia* 46:161
- Coe, M. 1977. The role of termites in the removal of elephant dung in the Tsavo (East) National Park Kenya. *E. Afr. Wildl. J.* 15: 49
- Coleman, D.C., Crossley D.A.J. & Hendrix, P.F., 2004. *Fundamentals of soil ecology*. Amsterdam. The Netherlands. Boston, MA, USA: Elsevier Academic Press.
- Curry, J. P. 1994. *Grassland Invertebrates: Ecology, Influence on Soil Fertility, and Effects on Plant Growth*. 437 pp.
- Curry, J.P. & Schmidt O. 2007. The feeding ecology of earthworms - A review. *Pedobiologia* 50:463
- Dangerfield, J.M. & Schuurman, G. 2000. Foraging by fungusgrowing termites (Isoptera: Termitidae, Macrotermitinae) in the Okavango Delta, Botswana. *J. Trop. Ecol.* 16:717
- Davis, A.L.V. 1996. Seasonal dung beetle activity and dung dispersal in selected South African habitats: implications for pasture improvement in Australia. *Agric. Ecosystems & Environment* 58: 157
- Drake, H.L. & Horn, M.A. 2007. As the worm turns: the earthworm gut as a transient habitat for soil microbial biomes. *Ann. Rev. Microbiol.* 61:169
- Egert, M., Marhan, S., Wagner, B. & Scheu, S. 2004. Molecular profiling of 16S rRNA genes reveals diet-related ... of microbial communities in soil, gut, and casts

- of *Lumbricus terrestris* L. (Oligochaeta: Lumbricidae). FEMS. Microbiol. Ecol. 48:187
- Ferrar, P. & Watson, J.A.L. 1970. Termites (Isoptera) associated with dung in Australia. J. Aust. Entomol. Soc. 9:100
- Freymann, B.P., Buitenwerf, R., Desouza, Og. & HanOlf, 2008. The importance of termites (Isoptera) for the recycling of herbivore dung in tropical ecosystems: a review. Eur. J. Entomol. 105:165
- Gould, H., Herrik, J. & Lezama, H. 2001. Refuse to Refuge: Dry Season Use and Modification of Cattle Dung by Subterranean Termites in Guanacaste, Costa Rica. Biotropica 33:121
- Haynes, R.J. & Williams, P.H. 1993. Nutrient cycling and soil fertility in the grazed pasture ecosystem. Advances in Agronomy 49:119
- Higashi, M., Abe. T. & Burns, T.P. 1992: Carbon-nitrogen balance and termite ecology. Proc. R. Soc. Lond. (B) 249:303
- Jayasinghe, B.A. & Parkinson, D. 2009. Earthworms as the vectors of actinomycetes antagonistic to litter decomposer fungi. Appl. Soil Ecol. 43:1
- Knapp, B.A., Seeber, J., Podmirseg, S.M., Meyer, E. & Insam, H. 2008. Application of denaturing gradient gel electrophoresis for analysing the gut microflora of *Lumbricus rubellus* Hoffmeister under different feeding conditions. Entomol. Res. 98:271
- Knapp, B.A., Podmirseg, S.M., Seeber, J., Meyer, E. & Insam, H. 2009. Diet-related composition of the gut microbiota of *Lumbricus rubellus* as revealed by a molecular. Soil Biol. Biochem. 41:2299
- Lavelle, P., Lattaud C., Trigo, D. & Barois I. 1995. Mutualism and biodiversity in soils. Plant Soil 170:23
- Lavelle P. & Spain A.V. 2001. Soil ecology. London: Chapman and Hall.
- Lok, S. & Fraga, S. 2008. Methodology for the selection of sustainability indicators of the soil-plant system in grasslands. Cuban J. Agric. Sci. 42:69
- McLean, M.A., Migge-Kleian, S. & Parkinson, D. 2006. Earthworm invasions of ecosystems devoid of earthworms: Revista Cubana de Ciencia Agrícola, Tomo 47, Número 4, 2013. effect on soil microbes. Biol. Invasions 8:1257
- Nichols, E., Spector, S., Louzada, J., Larsen, T., Amezquita, S. & Favila, M.E. 2008. Ecological functions and ecosystem services provided by Scarabaeinae dung beetles. Biol. Conservation 141:1461
- Panigrahi, A.K. 2009. Earthworms and their role in soil fertility enhancement. Disponible: <http://www.articlesbase.com/environment-articles/earthworms-and-their-role-in-soil-fertility-enhancement-1054001.html>. [Consultado: 12 de agosto 2012]
- Parthasarathi, K., Ranganathan L.S., Anandi V. & Zeyer J. 2007. Diversity of microflora in the gut and casts of tropical composting earthworms reared on different substrates. J. Environ. Biol. 28:87
- Quédraogo, E., Mando, E. & Brussaard, L. 2004. Soil macrofaunal-mediated organic resource disappearance in semi-arid West Africa. Appl. Soil Ecol. 27:259
- Sampedro, H.L. 2007. Microscale interaction between earthworms and microorganisms. Microbiology 78 : 369
- Stebnicka, Z. T. 2001. Aphodiinae (Insecta: Coleoptera: Scarabaeidae). Fauna of New Zealand 42:64
- Rodríguez, I., Torres, V., Crespo, G. & Fraga, S. 2002. Biomass and diversity of the soil macrofauna in different grasslands. Cuban J. Agric. Sci. 36:389
- Thakuria, D., Schmidt, O., Liliensiek, A.K., Egan, D. and Doohan, F.M. 2009. Field preservation and DNA extraction methods for intestinal microbial diversity analysis in earthworms. Journal of Microbiological Methods 76:226
- Thakuria, D., Schmidt, O., Finan, D., Egan, D & Doohan, F.M. 2010. Gut wall bacteria of earthworms: a natural selection process. Torsvik, V. & Ovreas L. 2002. Microbial diversity and function in soil: from genes to ecosystems. Curr. Opin. Microbiol. 5:240
- Whithead, D.C. 1986. "Sources and transformation of organic nitrogen in intensively managed grassland soils". En: Meer van der, Ryden, J.C y Ennik G.C. (Eds.). Nitrogen fluxes in intensive grassland systems. Pp. 47-58

Recibido: 16 de enero de 2013