

ORIGINAL ARTICLE

LA LOMBRIZ TERRESTRE: SU ACTIVIDAD Y CAPACIDAD PARA MEJORAR LA CALIDAD DE LOS SUELOS

Lourdes Echevarría García, PhD
Doctora en Ciencias Ambientales
Catedrática Asociada
Departamento de Biología y Ciencias Ambientales
Pontificia Universidad Católica de Puerto Rico
Arecibo, Puerto Rico
lourdes_echevarria@pucpr.edu

Resumen

Este artículo realiza un resumen del manejo de la lombriz terrestre y cómo ayuda a los suelos. Se describe su función en el medio ambiente, las diversas comunidades de lombrices, el ciclo de nutrientes, procesos físicos, efectos positivos en las plantas y efectos negativos en el suelo. Se describe la diversidad de prácticas agrícolas de los suelos, los efectos de los plaguicidas y la contaminación en la lombriz. Se resalta el valor como recurso económico y las diversas características en la utilización del humus de lombriz. También, se mencionan los beneficios de los lixiviados para ser utilizados como fertilizante y los beneficios de la lombriz en procesos de biorremediación.

Palabras claves: lombrices, calidad del suelo, materia orgánica, humus, lixiviado

Abstract

This article summarizes the management of the earthworm and its aid to the soil. Its function in the environment, the various earthworm communities, the nutrient cycle, physical processes, positive effects on plants and negative effects on the soil are described. The diversity of agricultural practices of the soils, the effects of pesticides and pollution on the earthworm are described. The value as an economic resource is highlighted and the various characteristics in the use of earthworm humus. The benefits of leached to be used as fertilizer and the benefits of the earthworm in bioremediation processes are also mentioned.

Keywords: earthworms, soil quality, organic matter, humus, leached

INTRODUCCIÓN

Las lombrices son uno de los organismos más importantes en la tierra. Estos realizan una función muy especial en el ecosistema. Su principal rol es trabajar en el proceso de descomposición de la materia orgánica, desarrollo de la estructura del suelo y ciclo de nutrientes. En todo el mundo se asocia la función de la lombriz con una buena calidad del suelo, así se describe en diferentes artículos publicados. Entonces, la lombriz aporta beneficios en el suelo. Artículos como el de Shipilato y Gibbs (2000) expresan que existen suelos excelentes y las lombrices no están presentes. Sin embargo, puede que la función de una especie en particular desarrolle efectos negativos en el suelo. Algunos de estos efectos pueden ser lixiviación de nitrógeno y desnitrificación, determinación de patógenos y plagas, posibles entre las mismas especies (Hendrix y Bohlen 2002). Muchos autores denominan a las lombrices como arquitectas del suelo, ya que su trabajo principal es realizar modificaciones físicas en espacios, hoyos, túneles y depósitos de sus excrementos, lo cual le favorece a otros insectos y, en algunos casos, le alteran la disponibilidad de hábitat y alimentos para otros animales y plantas (Brown 2000).

DESCRIPCIÓN DE LAS LOMBRICES

Están clasificadas como anélidos terrestres, con simetría bilateral. Pertenecen al Phylum Annelida, clase Oligochaeta, e incluyen alrededor de 36 familias a nivel mundial. En su mayoría son hermafroditas. Existen más de 3,500 especies de lombrices descritas y existe una variedad de grupos, por su taxonomía, en diversos suelos del mundo.

Cuando están sexualmente maduras, desarrollan una estructura sobre la epidermis que se denomina “clitelo”. En esta región se desarrollan los cocones o cápsulas en las cuales uno o varios huevos son depositados y, posteriormente, esta cápsula pasa hacia los segmentos anteriores y es colocada en el suelo. Los juveniles se desarrollan dentro de la cápsula y, posteriormente, emergen de ésta. El tiempo de eclosión de las cápsulas y la madurez reproductiva varía de acuerdo a las diferentes especies de lombrices y a la influencia de los factores ambientales.

Dos terceras partes de las familias de los Oligoquetos son lombrices acuáticas o semiacuáticas y el resto de las familias presentan hábitos terrestres. Existen diferentes grupos taxonómicos en los distintos continentes, a excepción de la Antártica (Lazo 2008, Fragosa 2014).

COMUNIDADES DE LOMBRICES

Las comunidades de lombrices generalmente están conformadas por una a seis especies. La composición de especies de sus comunidades va a depender del tipo de suelo, topografía, vegetación y, también, está influenciada por el uso de la tierra y la biogeografía de las lombrices. Estos organismos constituyen gran parte de la biomasa animal de los suelos de varios ecosistemas, tanto en zonas templadas como en tropicales. Las lombrices están ausentes en bosques con suelos muy ácidos y donde haya desechos de baja calidad. En muchas comunidades de lombrices pueden estar presentes especies exóticas invasoras. El registro mundial reporta 51 especies exóticas y 151 nativas en agroecosistemas tropicales (Fragoso et al. 1999).

FUNCIÓN EN EL AMBIENTE

En relación a su función en el ambiente, el científico Bouche (1977) propuso un esquema que, actualmente, es el más usado, donde divide a las lombrices en tres grupos. Estos grupos son: epigeas, endogeicas y anecicas. Las que se alimentan de las plantas son las epigeas. Las endogeicas se comen el suelo y las anecicas forman espacios grandes y pequeños (Lee 1985).

LA MATERIA ORGÁNICA Y EL CICLO DE LOS NUTRIENTES

El papel principal de las lombrices es acelerar la descomposición de los restos vegetales, incrementando la tasa de transformación de nutrientes, promueven la agregación del suelo y la porosidad, y aumentan la infiltración de agua y el transporte de solutos. Estos organismos tienen una gran influencia en el ciclo de los nutrientes en muchos ecosistemas (Ortiz et al. 2018). Generalmente, incrementan la mineralización del carbono en el suelo. También, la pueden disminuir al contribuir a la formación de agregados estables en los cuales el carbono es protegido de futuras descomposiciones. Las excretas de las

lombrices contienen elevadas cantidades de nitrógeno orgánico en comparación a la encontrada en los suelos adyacentes (Elliot 1990).

PROCESO FÍSICO EN LOS SUELOS

El efecto de las lombrices sobre la estructura del suelo resulta de la acción neta de su alimentación y la actividad de las madrigueras. Ellas ingieren partículas del suelo y materia orgánica y la mezcla de los desechos de estas dos fracciones constituye la excreta o lo que se llama coprolitos. Una vez expulsado el suelo en forma de coprolitos, puede ser erosionado debido al impacto de la lluvia o puede formar agregados sólidos estables a través de una variedad de mecanismos de estabilización.

Las lombrices generalmente promueven la aireación y porosidad, a través de la formación de madrigueras y al incrementar la proporción de grandes agregados en el suelo, y sus efectos son especialmente importantes en suelos con estructura pobre. Al aumentar la tasa de infiltración de agua, las lombrices pueden reducir la pérdida de suelo. Estas también pueden incrementar la erosión al remover la cobertura protectora de los residuos de la superficie, incrementando el sellado de la capa superficial y depositando excretas o coprolitos en la superficie, los cuales pueden ser arrastrados durante lluvias fuertes. Algunas especies tropicales disminuyen la infiltración al producir coprolitos que pueden compactar el suelo. A pesar de todo esto, comúnmente a las lombrices siempre se les ha reconocido como mejoradoras de la estructura del suelo (Bohlen y Edwards 1992).

EFFECTOS POSITIVOS EN EL CRECIMIENTO DE LAS PLANTAS

La mayoría de los estudios realizados sobre la influencia de las lombrices en el crecimiento de las plantas han reportado buenos resultados, otros han reportado efectos negativos e incluso ningún efecto de las lombrices sobre el crecimiento de las plantas. Las lombrices producen un incremento de producción de retoños y granos en diferentes cultivos en ensayos de campo y en pruebas de invernaderos. En Nueva Zelanda, la introducción de lombrices en pastizales logró un incremento considerable en la calidad y cantidad del forraje cosechado (Stockdill 1985).

El efecto benéfico de las lombrices sobre el crecimiento de las plantas se puede deber al incremento en la disponibilidad de nutrientes y agua, mejoramiento de la estructura del suelo,

estimulación de microorganismos o formación de productos microbianos que aumentan el crecimiento de las plantas, o a la posibilidad de la producción directa de sustancias promotoras del crecimiento como son las hormonas. Las lombrices rojas se alimentan de restos vegetales muertos, como hojas depositadas en el suelo, raíces muertas y restos de hongos, entre otros, de los cuales extraen todos los nutrientes necesarios para sus funciones metabólicas. Estas lombrices excretan una sustancia negra conocida como “humus de lombriz”. El humus de lombriz es una sustancia pre humificada, una enmienda orgánica de alto valor microbiano, muy rica en sustancias como los ácidos húmicos, ácidos fúlvicos y humatos (Lavelle et al. 1977, Lavelle 2001).

FACTORES NEGATIVOS EN EL SUELO Y ECOSISTEMAS

A pesar de los efectos beneficiosos de las lombrices para los ecosistemas, la actividad de las lombrices también puede tener efectos potencialmente negativos al suelo o al ecosistema (Hendrix y Bohlen 2002). Dentro de estos aspectos se mencionan: remoción y entierro de residuos superficiales que, de alguna manera, podrían proteger la superficie del suelo de la erosión, la producción de excretas frescas (coprolitos) que incrementan la erosión y el sellado de la superficie, deposición de excretas sobre la superficie del césped o en las zanjas de riego causando molestias, o en los pastizales donde interfieren con las operaciones de ensilaje, dispersión de semillas de malezas en jardines y campos agrícolas, transmisión de patógenos de plantas y animales, incremento de la pérdida de nitrógeno del suelo a través de la lixiviación y la desnitrificación, e incremento de las pérdidas del carbono del suelo, al incrementar la respiración microbiana.

Los resultados netos de los efectos positivos y negativos son los que determinan que las lombrices sean consideradas benéficas o perjudiciales en una determinada situación pero, por lo general, son consideradas de gran ayuda para las propiedades y fertilidad del suelo (Brown et al. 2000). Las lombrices influyen en el mejoramiento y formación del suelo. La introducción de especies apropiadas de lombrices o el estímulo de las poblaciones naturales a través de la adición de enmiendas convenientes pueden incrementar la tasa de mejoramiento y formación de estructura del suelo. La introducción de una especie europea en pastizales en Nueva Zelanda y Australia incrementó, en gran medida, la estructura del suelo y la productividad de las plantas. Algunas experiencias exitosas en la introducción de lombrices en zonas mineras en recuperación

han tenido efectos positivos sobre el desarrollo estructural del suelo, ciclo de nutrientes y productividad (Hoogerkamp et al. 1983). A nivel nacional, se viene trabajando con la introducción de lombrices en la recuperación de suelos contaminados con hidrocarburos.

PRÁCTICAS AGRÍCOLAS EN LOS SUELOS

Numerosos estudios han demostrado la importancia de los macro invertebrados en los procesos del suelo, así como el impacto que ocasionan las prácticas agrícolas, tales como la labranza y el uso de químicos sobre sus poblaciones. Aún conociendo los grandes beneficios que estos organismos imparten al suelo, no son considerados al momento de seleccionar y establecer las diferentes prácticas agrícolas (Decaens et al. 1994, Feijoo et al. 1999).

Los cultivos intensivos son perjudiciales para las poblaciones de lombrices, pero una reducción de las prácticas de cultivos promueve el desarrollo de sus poblaciones. Enmiendas orgánicas como los estiércoles o restos verdes también estimulan su crecimiento. La fertilización inorgánica puede beneficiar sus poblaciones al incrementar la producción de los restos de cosechas, pero sus efectos no son tan grandes como los obtenidos con la fertilización orgánica. Largas aplicaciones de fertilizantes inorgánicos pueden afectar negativamente sus poblaciones debido a la acidificación y otros cambios en el suelo. El encalado puede beneficiar a las poblaciones de lombrices en algunos casos.

EFFECTOS DE LOS PLAGUICIDAS Y LA CONTAMINACIÓN EN LAS LOMBRICES

Los plaguicidas tienen varios efectos sobre las lombrices; algunos químicos tienen poca o ninguna toxicidad sobre estas, mientras que otros muestran un efecto letal. En general, los plaguicidas del suelo son muy tóxicos para ellas. Los herbicidas tienen baja toxicidad, aunque existen algunas excepciones. Los organoclorados y organofosforados tienen varios niveles de toxicidad sobre las lombrices.

La contaminación del suelo con productos orgánicos, metales pesados y lluvias ácidas puede afectar a las poblaciones de lombrices. Además de los efectos negativos de algunos metales pesados sobre las lombrices, dosis sub letales de estos compuestos pueden causar problemas en el crecimiento y reproducción de las lombrices. Los metales pesados se acumulan en los tejidos de las lombrices y constituyen un problema potencial en un gran número de

animales que se alimentan de ellas, pues el movimiento y acumulación de estos metales hasta niveles tróficos superiores se magnifica (Bohlen y Edwards 1992). Las especies de lombrices varían en su tolerancia a las condiciones de suelo ácido pero algunos reportes han registrado un descenso en las poblaciones de lombrices en respuesta a grandes cantidades de compuestos ácidos.

LAS LOMBRICES COMO RECURSO ECONÓMICO

Los sistemas de producción animal modernos están orientados al máximo aprovechamiento de los recursos. Por esta razón, se viene desarrollando la lombricultura como actividad paralela y complementaria. El desarrollo de la lombricultura en la granja es un ejemplo de concentración y manejo de residuos contaminantes, debido a la cantidad de estiércol y demás efluentes que, de forma diaria, deben ser eliminados de los corrales de trabajo.

Una buena solución para evitar este problema de contaminación y producir abono de calidad es el manejo de estos residuos utilizando a la lombriz roja californiana *Eisenia foetida* (Conder et al. 2001), para transformar el estiércol acumulado en humus utilizable para la mejora de los suelos y como fuente de nutrición para las plantas. Los beneficios de esta actividad en la agricultura y, especialmente, en los sistemas de producción animal son los siguientes: elimina una fuente de contaminación importante, produce orgánicamente una enmienda para el suelo, posibilita el ahorro en la compra de fertilizantes químicos, si el mercado lo permite, genera una posible actividad rentable paralela sin necesidad de grandes inversiones ni demasiado trabajo extra, de un residuo contaminante, en poco tiempo, y en forma natural, se logra un producto que reingresa a nuestro suelo una gran cantidad de materia orgánica con la consiguiente mejora en productividad (Bouche 1997).

HUMUS DE LOMBRIZ

Se obtiene luego de un proceso, cercano a un año, en que la lombriz recicla, a través de su tracto intestinal, la materia orgánica, comida y defecada, por otras lombrices. Hay que resaltar que un alto porcentaje de los componentes químicos del humus son proporcionados, no por el proceso digestivo de las lombrices, sino por la actividad microbiana que se lleva a cabo durante el periodo de reposo que éste tiene dentro del lecho. Por

ejemplo, el 50% del total de los ácidos húmicos que contiene el humus son proporcionados durante el proceso digestivo y el 50% restante durante el período de reposo o maduración (Almada 2012). Cuando la cosecha del lecho es prematura, se obtendrá *vermicompost*, que todavía no es humus. Para poder determinar que el producto que se cosechó es de buena calidad, deben verificarse los parámetros químicos físicos. El pH debe estar entre 6.5 a 7.5, la humedad entre 30% y 60%, y la materia orgánica debe estar entre 12-20%. El producto es un excelente fertilizante, mejora las características físico-químicas del suelo, es de color café oscuro a negruzco, granulado e inodoro (Raxcaco 2001).

CARACTERÍSTICAS MÁS IMPORTANTES DEL HUMUS DE LOMBRIZ

Las características incluyen: alto porcentaje de ácidos húmicos y fúlvicos, su acción combinada permite una entrega inmediata de nutrientes asimilables y un efecto regulador de la nutrición, cuya actividad residual en el suelo llega hasta cinco años, alta carga microbiana (40 mil millones por gramo seco) que restaura la actividad biológica del suelo, opera en el suelo mejorando la estructura, haciéndolo más permeable al agua y al aire, aumentando la retención de agua y la capacidad de almacenar y liberar los nutrientes requeridos por las plantas en forma sana y equilibrada, es un fertilizante bioorgánico activo, emana en el terreno una acción biodinámica y mejora las características organolépticas de las plantas, flores y frutos, su pH es neutro y se puede aplicar en cualquier dosis sin ningún riesgo de quemar las plantas. La química del humus de lombriz es tan equilibrada y armoniosa que nos permite colocar una semilla directamente en él sin ningún riesgo (Tomlin 1995).

EL LIXIVIADO DE LOMBRIZ COMO FERTILIZANTE ORGÁNICO

Un gran potenciador para los fertilizantes ya presentes en el suelo y para la asimilación de los que se aplican al cultivo. Es un fertilizante ecológico de color oscuro, líquido, suave, ligero y de olor agradable. Se utiliza mayormente en los estanques de aguas acuícolas. Es rico en sustancias antibióticas y fitohormonas (citosinas y auxinas, entre otras), las cuales son muy necesarias para los suelos. Posee una estabilidad estructural, por lo que su efecto en suelos es duradero debido a la amplia variedad de compuestos orgánicos humificadores de alto peso molecular. Por esta razón, le facilita el intercambio catiónico y absorbe los nutrientes.

Una de las características más importantes es su carga microbiológica, por su elevado número de microorganismos y actividad enzimática. Está muy bien recomendado para regenerar suelos. Es muy importante cuando se usa como fertilizante porque no altera la microflora del suelo e interacciona entre el humus, el suelo y el medio (Ramírez et al. 2011).

LOMBRICES EN PROCESOS DE BIORREMEDIACIÓN

Estos sorprendentes organismos reciclan el equivalente a su propio peso por día, aunque esto depende de la población y de las condiciones químicas del residuo. Las lombrices no sólo se utilizan en los lodos del alcantarillado contaminados, sino en sustancias con microorganismos patógenos, parásitos e inclusive metales pesados. Desde hace tiempo, las lombrices se han convertido en el mejor aliado del hombre para combatir la contaminación que él mismo produce. Estos silenciosos animales realizan con notable eficiencia la destoxificación de residuos orgánicos contaminados por microorganismos patógenos, parásitos e inclusive metales pesados. En Uruguay, emplean las lombrices para rehabilitar el lodo contaminado del alcantarillado y aguas servidas con el objetivo de transformarlo en un producto útil para la agricultura. Esta experiencia de campo y las pruebas hechas en el laboratorio confirman que las lombrices son un agente descontaminante muy efectivo (Bohlen y Edwards 1992).

La especie que se utiliza en Uruguay para limpiar los lodos contaminados no es nativa sino introducida, su nombre científico es *Eisenia foetida*. Proviene del Cáucaso y tiene un gran valor biotecnológico. Esta es una especie de lombriz cuyo hábitat no es el suelo, sino los desechos orgánicos; originariamente se desarrolla en el sustrato en el que se descomponen los residuos de los bosques. Lo interesante es cómo esta lombriz, que vive en tierra fresca, es capaz de crecer y reproducirse en un medio donde hay una presión tóxica tan fuerte. En estos barros crecen organismos inferiores, como bacterias u hongos, pero no proliferan aquellos organismos que se sitúan en niveles más altos de la escala zoológica. No crece nada, excepto estas lombrices (Melo 2017). Las lombrices que se encuentran en los jardines (*Eisenia foetida*) pueden limpiar hasta 72% del arsénico presente en los suelos contaminados y poco más de 30% del mercurio, según estudios realizados por científicos de Venezuela y Argentina (Cruz 2010).

En un estudio Sudamericano, se planteó que dos procesos diferentes pueden limpiar suelos contaminados con metales. En el primero, las lombrices fueron colocadas en materia

orgánica para producir composta y, más adelante, esta fue mezclada con el suelo contaminado, absorbiendo el plomo, níquel, cromo y vanadio. En el segundo, las lombrices fueron colocadas directamente en el suelo contaminado y lograron limpiar, absorbiendo los metales. Cuando los científicos usaron directamente las lombrices para limpiar el suelo demostraron que, después de dos semanas, se redujo la concentración de arsénico entre 42% y 72%, mientras que el mercurio fue removido entre 7.5% y 30.2%. Estas especies de lombrices pueden llegar a vivir 15 años, pero muere si se expone al sol. El proceso que ésta utiliza es que limpia la tierra, ya que se la come y, después, excreta la tierra, pero limpia de contaminantes. Este proceso es uno económico y efectivo para limpieza de lugares contaminados (Tomlin 1995).

CONCLUSIÓN

La importancia de las lombrices de tierra en los procesos de aireación y remoción de suelo y en la incorporación de nutrientes en el mismo, ha sido demostrada por varios autores. El papel de las lombrices podría ser especialmente importante en el páramo (terrenos llanos, rasos y altos), ecosistema en el que se ha reportado una limitación en la disponibilidad de ciertos nutrientes y lentas tasas de descomposición de materia orgánica.

Por otro lado, recientes estudios han demostrado que el suelo de los páramos sometidos a quemadas repetidas y a pastoreo sufre promedios de temperatura más extremos y puede perder su estructura. Estas condiciones podrían afectar negativamente a las comunidades de lombrices y, por lo tanto, su capacidad de mantener y recuperar la calidad del suelo. Sin embargo, es urgente promover tecnologías para este cultivo, que permitan hacer más eficientes los insumos y los costos de la producción. Uno de los materiales que demandan gran parte de los costos de este cultivo son los fertilizantes químicos, los cuales, además de usarse día a día, están desgastando los suelos. Muy importante comenzar con estudios basados en la biotecnología de remediar los suelos contaminados con diversos metales o contaminantes químicos, ya que se ha demostrado su efectividad en este artículo. Este proceso es uno económico y efectivo. Se debe estudiar el mecanismo bioquímico de la especie de lombrices a utilizar, esto con el fin de poder desarrollar un método económico, rápido y limpio para biorremediar los suelos contaminados en nuestro planeta.

REFERENCIAS

- Almada LMV. 2012. Se seguirá validando la efectividad del humus líquido en maíz.
<https://www.fps.org.mx/portal/index.php/notas/1328-se-seguira-validando-la-efectividad-del-humus-liquido-en-maiz>
- Bohlen P, Edwards C. 1992. The Effects of Toxic Chemicals on Earthworms. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*. 125: 23-99.
- Bouche MB. 1977. Strategies lombricienses. *Ecol. Bull.* 25: 122-132.
- Brown GG, 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. *Europe Journal of Soil Biology*. 36: 177-198.
- Conder JM, Lanno RP, Basta NT. 2001. Assessment of metal availability in smelter soil using earthworms and chemical extractions. *J Environ Qual*. 30 (4): 1231-7.
- Cruz AB. 2010. Venezolanos y argentinos muestran que las lombrices limpian suelos contaminados con metales. www.sustentador.com/blog-es/2010/12
- Decaëns T, Lavelle P, Jiménez J, Escobar BG, Rippstein G. 1994. Impact of land management on soil macrofauna in the Oriental Llanos of Colombia. *European Journal of Soil Biology*. 30: 157-168.
- Edwards C, Bohlen PJ. 1996. *Biology and Ecology of Earthworms*. 3rd edition. Chapman y Hall, Londres.
- Elliott PW, Knight D, Anderson JM. 1990. Denitrification in earthworm casts and soil from pastures under different fertilizer and drainage regimes. *Soil Biology and Biochemistry*. 22: 601-605.
- Feijoo A, Knapp P, Lavelle P, Moreno A. 1999. Quantifying soil macrofauna in a Colombian watershed. *Pedobiología*. 43: 513-517.
- Fragoso C, Kanyonyo J, Moreno A, Senapati BK, Blanchart E, Rodríguez CA. 1999. Survey of Tropical Earthworms: Taxonomy, Biogeography and Environmental Plasticity. In *Earthworm Management in Tropical Agroecosystem*. Lavelle, P, Brussaard, Hendrix, P. Eds. CABI Publishing. New York. 1-26.
- Fragoso C, Rojas P. 2014. Biodiversidad de lombrices de tierra (Annelida; Olichata; Crassilitella). *Revista Mexicana de Biodiversidad*, Supl. 85 (5): 197-207.
- Hendrix PF, Bohlen PJ. 2002. Exotic Earthworms Invasions in North America: Ecological and Policy Implications. *Bioscience*. 52: 801-811.
- Hoogerkamp M, Rogaar H, Eijsackers HJP. 1983. Effect of earthworms on grasslands on recently reclaimed polder soil in the Netherlands. In *Earthworms Ecology; From Darwin to vermiculture*, Satchel. J.E. Ed. Chapman and Hall: London. 85-86.
- Lavelle P, Spain AV. 2001. *Soil Ecology*. Kluwer Scientific, Amsterdam.
- Lavelle P. 1997. Faunal activities and soil processes: adaptive strategies that determine ecosystem function. *Adv. Ecol. Res.*, 27: 93-132.
- Lavelle P, Bigneu D, Lepage M, Wolters V, Roger P, Ineson P, Heal O, Phillion S. 1997. Soil function in a changing world; the role of invertebrate ecosystem engineers. *European Journal of Soil Science*. 33 (4): 159-193.
- Lazo DG, Ottone G, Aguirre UM. 2008. Capítulo 17: Annelida. *Invertebrados Fósiles*, Segunda Edición. 2: 503-513.
- Lee K. 1985. *Earthworms: Their ecology and relationships with soils and land use*. Academic Pres: New York.

- Melo A, Rodríguez A, González, J. 2017. Manejo de biosólidos y su posible aplicación al suelo, caso Colombia y Uruguay. *Revista de investigación agraria y ambiental*. 8 (1). ISSN: 2145-6097.
- Ortiz GD, Ortiz AI. 2018. Belleza extravagante y funcional: lombrices de tierra. *CONABio Biodiversitas*. 138: 12-16.
- Ramírez F, Gómez J, Flores VJ. 2011. Evaluación del Fertilizante Orgánico Líquido de Lombriz San Rafael en el Cultivo de Rosa cv. Classy. *Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín*. 64 (2): 6147-6157.
- Raxcaco G. 2001. Evaluación de 5 proporciones de lombricompost con suelo y 4 dosis de fertilizante químico 20-20-0 para la producción de plantas de café, *Coffea arabica* L, en la etapa de almacigo, Yepocapa Chimaltenango. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. Facultad de Agronomía.
- Stockdill SMJ. 1985. Effect of introduced earthworms on the productivity of New Zealand pasture. *Pedobiología*. 24: 29-35.
- Shipilato MJ, Gibbs F. 2000. Potential of Earthworm burrows to transmitted injected animal wastes to tail drains soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64 (6): 2103-2109.
- Tomlin AD, Shipilato MJ, Edwards WM, Protz R. 1995. Earthworm and their influence on soil structure and infiltration. In *Earthworm Ecology and Biogeography in North America*.

Copyright 2020 Non-Profit Evaluation & Resource Center, Inc.