



Biodiversidad de lombrices de tierra (Annelida: Oligochaeta: Crassicitellata) en México

Biodiversity of earthworms (Annelida: Oligochaeta: Crassicitellata) in Mexico

Carlos Fragoso[✉] y Patricia Rojas

Laboratorio de Invertebrados del Suelo, Red de Biodiversidad y Sistemática, Instituto de Ecología A. C. Carretera Antigua a Coatepec No. 351. Col. El Haya, 91070 Xalapa, Veracruz, México.

✉ carlos.fragoso@inecol.edu.mx

Resumen. La actualización del inventario de lombrices de tierra de México indica que existen 102 especies descritas, 51 nativas y 51 exóticas. Con las 40 especies nuevas no descritas de la colección IEOL del INECOL se tienen 91 especies nativas recolectadas. Se calcula que el número real de nativas debe rondar las 130 especies, aunque este número podrá ser mayor con el uso de técnicas moleculares. Las especies nativas predominan en los ambientes naturales (71% de registros) y el 41% de estas especies sólo se encuentran en ambientes naturales. Las lombrices exóticas predominan en los ambientes perturbados, aunque también son frecuentes en los bosques templados relativamente bien conservados. La mayor cantidad de especies se encuentra en los estados de Veracruz (70), Chiapas (35), Tamaulipas (27), Tabasco (26) y D. F. (25). Entre las exóticas, la especie más común es *Pontoscolex corethrurus* y entre las nativas *Balanteodrilus pearsei*. La tasa de descripción de especies indica que en el periodo 1991-1995 se describió la mayor cantidad de especies (13).

Palabras clave: oligoquetos terrestres, nativas, exóticas, Acanthodrilidae, Megascolecidae, Ocnodrilidae, Lumbricidae.

Abstract. An update of the Mexican earthworm fauna points out 102 described species, 51 natives and 51 exotics. In the IEOL collection of earthworms of the INECOL, there are non-described species (c. 40 spp.), which gives a conservative figure of 91 native species. We estimate that the native species richness should be around 130 species, although this number could be higher with the use of molecular techniques. Natives dominated in natural ecosystems (71% of records) and they were scarce in disturbed, human managed sites. Nearly 41% of native species were restricted to natural, relatively undisturbed ecosystems. Exotics were generally associated to disturbed ecosystems, although in temperate forests they were particularly common. The states with the highest number of earthworms were Veracruz (70 spp.), Chiapas (35), Tamaulipas (27), Tabasco (26) and D. F. (25). In the group of exotics the more common species was *Pontoscolex corethrurus*; and among the natives *Balanteodrilus pearsei*. The rate of description of new species indicates that the period 1991-1995 had the highest amount of discoveries (13).

Key words: terrestrial oligochaetes, natives, exotics, Acanthodrilidae, Megascolecidae, Ocnodrilidae, Lumbricidae.

Introducción

Los anélidos constituyen un grupo de animales celomados segmentados muy antiguo. Probablemente aparecieron hace más de 600 millones de años y se considera que para el Cámbrico se establecieron por completo en los mares de la Tierra (Bouché, 1983; Blakemore, 2006). La antigua clasificación del phylum Annelida en 3 grandes clases (Polychaeta, Oligochaeta e Hirudinea) ha sido modificada por análisis filogenéticos y moleculares recientes (McHugh, 2000; Struck et al., 2007; Zrzavy et

al., 2009). En el más reciente análisis filogenético realizado con caracteres moleculares y somáticos (Zrzavy et al., 2009) los oligoquetos, los hirudíneos y algunos poliquetos clitelados se recuperaron como un grupo monofilético, denominado Clitellatomorpha. Las clasificaciones actuales agrupan a los anélidos clitelados (solamente los oligoquetos y los hirudíneos) en el grupo de los euclitelados, aunque la categoría taxonómica varía de acuerdo al autor.

En este trabajo nos limitaremos a analizar a los oligoquetos con un clitelo formado de varias capas de células y que conforman la subclase Crassicitellata (Jamieson, 1988; Jamieson et al., 2002; Dyne y Jamieson, 2004). Dentro de este grupo nos concentraremos en los terrimegadrilos (Jamieson, 1988), también llamados

megadrilos o lombrices de tierra y que incluyen entre 7 y 14 familias dependiendo del autor (Jamieson, 1988; Blakemore, 2004). En la clasificación por encima del nivel de familia se sigue la propuesta de Jamieson (1988) y Dyne y Jamieson (2004), mientras que en la clasificación de las familias se ha optado por combinar los puntos de vista de Jamieson (1988), Blakemore (2006a) y James y Davidson (2012).

Las lombrices de tierra son gusanos segmentados celomados de hábitos fundamentalmente terrestres, comunes en suelos húmedos y cuyo tamaño cuando adultos varía desde 1 cm de largo y 2 mm de grosor, hasta más de 1 m y 3 cm de largo y grosor.

Como todos los anélidos tienen un cuerpo dividido en metámeros muy parecidos entre sí, salvo en la región anterior en donde se presentan las estructuras reproductoras y algunas otras modificaciones asociadas con los aparatos digestivo, circulatorio y nervioso. Todas las lombrices de tierra son hermafroditas y aunque predomina la reproducción sexual cruzada, algunas especies son partenogenéticas. Las estructuras asociadas con la reproducción han sido tradicionalmente utilizadas en la clasificación tanto de familias (ubicación de los poros masculinos, femeninos y prostáticos; tipo de ovarios; presencia/ausencia y tipo de próstatas), como de géneros (número de testículos) y de especies (tipo de espermateca, número y ubicación de vesículas seminales). Se puede encontrar información adicional y más detallada en Edwards y Bohlen (1996), Jamieson (2001), Dyne y Jamieson (2004) y Blakemore (2006a).

En México coexisten lombrices de tierra exóticas y nativas; las primeras son especies que se originaron en otra región del mundo y cuya presencia en México se debe a su introducción (intencional o accidental) por el hombre. Las especies nativas se consideran originarias de alguna región de nuestro país y tienen una distribución en México que puede haber ocurrido de modo natural. Estas últimas incluyen a las lombrices endémicas, que son aquellas cuya distribución actual se restringe al ambiente o región en donde probablemente se originaron.

Las lombrices de tierra viven predominantemente dentro del suelo, aunque también se les encuentra en la hojarasca, bajo piedras, bajo la corteza de troncos húmedos, dentro de epífitas y en los suelos suspendidos del dosel.

Su ciclo de vida es muy sencillo y generalmente está sincronizado con la temperatura y la humedad del suelo. Cuando 2 lombrices adultas cliteladas se acoplan, intercambian esperma que guardan en sus respectivas espermatecas y al separarse los 2 individuos, el clitelo de cada uno segrega una sustancia mucilaginosa compuesta de albúmina que lleva los óvulos no fecundados y que se desplaza hacia adelante; durante el trayecto recibe el esperma almacenado en la espermateca y de este modo

ocurre la fecundación (semi-externa). La sustancia mucilaginosa se endurece y se convierte en un capullo, dentro del cual se desarrollan los embriones. El número de embriones por capullo varía, pero lo común es que sólo nazca una lombriz por capullo.

Reynolds (1994) estimó que había 7 254 especies de oligoquetos en todo el mundo, de las cuales 3 627 eran lombrices de tierra. Con base en la tasa de descripción de especies calculada por este autor (68 especies de lombrices por año), Fragoso (2001) calculó que para el año 2001 deberían existir cerca de 4 000 especies descritas, siempre y cuando se mantuviera esta tasa que dependía en cierto modo de la cantidad de taxónomos activos. Más tarde Blakemore (2006a) calculó que el número de especies descritas era de 5 900 aproximadamente. Es importante diferenciar entre el número conocido de especies descritas y el número estimado. Si las más recientes estimaciones indican que conocemos alrededor de 5 900 especies, el cálculo del número real de especies puede variar mucho, pues no sólo depende de las sinonimias que se puedan encontrar, sino de la cantidad de ambientes no explorados y del uso de las nuevas técnicas moleculares. Por ejemplo, Lavelle y Lapied (2003) tomaron en cuenta la gran cantidad de endemismos de las selvas tropicales y calcularon que deberían existir cerca de 12 000 especies, mientras que el uso de algunos genes mitocondriales (COI, 16S, entre otros) está revelando la existencia de numerosas especies crípticas, no diferenciables con los análisis morfológicos (James et al., 2010; Pérez-Losada et al., 2011).

Entre los estudios pioneros sobre las lombrices de tierra están el de Darwin (1881) y los de Michaelsen (1900) y Stephenson (1930). La obra de Stephenson fue la última monografía publicada sobre los oligoquetos y aún sigue siendo una fuente importante de consulta sobre aspectos morfológicos de estos gusanos. A finales del siglo pasado las obras más influyentes fueron las 3 ediciones de "Biology of Earthworms" (Edwards y Lofty, 1972, 1977; Edwards y Bohlen, 1996), en las que se sintetizó el conocimiento sobre la clasificación, distribución, ecología, morfología y usos prácticos de las lombrices, y el libro de Lee (1985) sobre su ecología y su relación con los suelos. La Nomenclatura Oligochaetologica de Reynolds y Cook (1976, 1981, 1989, 1993) contiene el listado de todos los oligoquetos descritos y sigue siendo la obra de consulta obligada de todo lo referente a la nomenclatura de géneros y especies (autoridad, año, cambio de género, publicación y colección del tipo). Recientemente, Jamieson (2001), Dyne y Jamieson (2004) y Blakemore (2006a) publicaron obras en formato electrónico cuyas introducciones constituyen una puesta al día sobre la morfología, la distribución y la clasificación de estos organismos. Blakemore (2006b) ha publicado en formato electrónico una serie de compendios

por país, los cuales pueden ser consultados en línea. El libro editado por Brown y Fragoso (2007) representa la compilación más actualizada de los listados de especies de todos los países de América Latina. En cuanto a las síntesis más recientes sobre ecología de las lombrices de tierra se pueden consultar las obras de Lavelle y Spain (2001) y Edwards (2004).

Diversidad

La última estimación de la riqueza de lombrices de tierra de México (Fragoso, 2007) indicaba 98 especies descritas, de las cuales 47 eran nativas y 51 exóticas. Desde entonces se han descrito 4 especies más (Fragoso y Rojas, 2007, 2009a), por lo que actualmente, México cuenta con igual número de lombrices de tierra nativas y exóticas (51 spp.) y un total de 102 especies. Sin embargo, en la colección IEOL del INECOL, mantenida por los autores desde hace más de 20 años, hay cerca de 40 especies que han sido provisionalmente determinadas como nuevas y que se espera describir en los próximos años (Cuadro 1).

Comparación con otros países. La riqueza de lombrices de tierra en México es mayor que la de muchos países europeos (Fragoso et al., 1997) y en América Latina sólo es superada por Brasil, Colombia y Ecuador (Fragoso y Brown, 2007). Sin embargo, la riqueza real del país dista mucho de haberse encontrado. En la India por ejemplo, un país con una superficie y una heterogeneidad ambiental parecida a la de México, se han registrado cerca de 400 especies. Fragoso y Rojas (2010) en un cálculo conservador, estiman que falta encontrar al menos 130 especies nativas, por lo que la riqueza total deberá rondar las 230 especies. Sin embargo, estudios moleculares recientes (Casallas, 2012; Cervantes, 2012), nos permiten predecir que este número probablemente será mayor.

Distribución por ambientes. Las lombrices de tierra se distribuyen en casi todos los tipos de ecosistemas. Como el principal factor limitante de este grupo es la humedad del suelo, es poco probable encontrarlas de modo natural en zonas desérticas o ambientes con precipitaciones anuales menores de 500 mm; tampoco se encuentran en los sitios muy fríos en donde el suelo está congelado o cubierto de nieve durante todo el año. En México se presentan en casi todos los ambientes naturales como selvas tropicales (altas, medianas y bajas), sabanas, bosques mesófilos y bosques de pino, encino y oyamel. También se les encuentra en los ambientes perturbados y manejados por el hombre como acahuales, pastizales, plantaciones de árboles, cultivos anuales, jardines, huertos, etc.

Tomando como base los trabajos de Fragoso (2001, 2007, 2011) y considerando tanto las especies descritas (51 nativas y 51 exóticas) como las nativas no descritas

aún de la colección IEOL (40 spp.), se han encontrado más especies nativas en ambientes naturales (83 spp.) que en sitios perturbados (50), mientras que para las exóticas la situación se invierte (31 vs. 40). En promedio, el 71% de las especies encontradas en ambientes naturales son nativas, mientras que en los ambientes perturbados este valor disminuye a 58%. Además, para un tipo determinado de ecosistema los ambientes naturales albergan siempre una mayor cantidad de especies nativas que de exóticas (con excepción de los bosques de encino); mientras que en los ambientes perturbados las exóticas no siempre predominan (Cuadro 2).

El 42% de las especies nativas se ha encontrado solamente en ambientes naturales. Esta dependencia de la fauna nativa por los ambientes naturales ha sido señalada por varios autores desde hace más de 100 años (Eisen, 1900) y puede estar causando la extinción de muchas especies. En México tenemos nociones del grado en el que la perturbación ha afectado a la fauna nativa (Fragoso et al., 1997; Fragoso y Rojas, 2009b), y es muy probable que algunas especies estén en riesgo de extinguirse, si no es que ya han desaparecido. Por ejemplo, *Zapadadrilus toltecus*, fue descrita en 1900 a partir de un sólo ejemplar de los bosques de pino de Toluca, Estado de México, a una altitud de 2 440 m (Eisen, 1900) y no se ha vuelto a encontrar, a pesar de que se ha explorado en los alrededores de Toluca, en el parque Nevado de Toluca y en los bosques cercanos a Ciudad Hidalgo y Zitácuaro, en Michoacán. Lo mismo ocurre con *Larsonidrilus vasliti*, descrita en 1896 de la ciudad de Tepic, Nayarit, a 1.6 km al norte de la ciudad y a una altitud de 1 220 m (Eisen, 1896). Esta especie no fue encontrada en un estudio minucioso llevado a cabo en los alrededores de la ciudad y en otros lugares de la sierra de San Juan (Durán, 2004). Aunque no hay certeza de que estas 2 especies se hayan extinguido, el avance de la mancha urbana de las ciudades (Toluca y Tepic, en estos ejemplos) y la conversión de los bosques en cultivos o pastizales, o su reforestación, aumentan la probabilidad de que estas especies (y otras más) desaparezcan definitivamente. La reforestación de los bosques podría parecer favorable para las lombrices nativas, pues con ella se estarían recuperando en cierta medida las condiciones edáficas y microclimáticas originales, condiciones a las que estaban adaptadas estas especies de lombrices. Sin embargo, es probable que en los bosques templados y fríos, la reforestación haya sido una de las causas de la invasión de lombrices exóticas (Fig. 2), ya que las plántulas utilizadas en la reforestación se siembran con la tierra proveniente del vivero y desde luego, con capullos e individuos de diferentes especies de lombrices. Esto puede explicar la mayor cantidad de especies exóticas que se presentan en los bosques templados y fríos en

Cuadro 1. Géneros de lombrices de tierra de México separados por familia y por su origen geográfico. Las subfamilias de Acanthodrilidae se basan parcialmente en las propuestas de Czusdi (1995, 1996) y Blakemore (2000). Para los taxa nativos se mencionan la cantidad de géneros y especies nuevas aún no descritas que se encuentran en la colección IEOL. Entre paréntesis el número de especies de cada género

Familias y subfamilias		Nativos	Exóticos
Eudrilidae		No hay	<i>Eudrilus</i> (1)
Rhinodrilidae ¹		Un género nuevo en la colección IEOL	<i>Onychochaeta</i> (2), <i>Pontoscolex</i> (2), <i>Periscolex</i> (1)
Lumbricidae		No hay	<i>Allolobophora</i> (1), <i>Aporrectodea</i> (4), <i>Bimastos</i> (2), <i>Dendrobaena</i> (1), <i>Dendrodrilus</i> (1), <i>Eisenia</i> (3), <i>Eiseniella</i> (1), <i>Eophila</i> (2), <i>Lumbricus</i> (3), <i>Octolasion</i> (2)
Ocnerodrilidae		<i>Chacdrilus</i> (2), <i>Phoenicodrilus</i> ² (1) y un género nuevo en la colección IEOL	<i>Eukerria</i> (2), <i>Ocnerodrilus</i> (1)
Sparganophilidae		No se han encontrado ³	<i>Sparganophilus</i> (1)
Moniligastridae		No hay	<i>Drawida</i> (1)
Acanthodrilidae, Acanthodrilinae		<i>Balanteodrilus</i> (3 y una especie nueva en la colección IEOL), <i>Diplocardia</i> ⁴ (1), <i>Diplocardia</i> ⁵ (3 y 2 especies nuevas en la colección del IEOL), <i>Diploctrema</i> (6 y 5 especies nuevas en la colección IEOL), <i>Kaxdrilus</i> (3), <i>Larsonidrilus</i> (3), <i>Lavelloedrilus</i> (5 y una especie nueva en la colección IEOL), <i>Mayadrilus</i> (2), <i>Protozapotecia</i> ⁶ (3 y 2 especies nuevas en la colección IEOL), <i>Zapotecia</i> (2 y una especie nueva en la colección IEOL)	<i>Microscolex</i> (2)
Acanthodrilidae, Octochaetinae		<i>Zapataedrilus</i> (5 y 3 especies nuevas en la colección IEOL), <i>Ramiellona</i> (5 y 15 especies nuevas ⁷ en la colección IEOL)	No hay
Acanthodrilidae, Benhamiinae		<i>Dichogaster</i> (5 y 2 especies nuevas en la colección IEOL), <i>Eutrigaster</i> (3)	<i>Dichogaster</i> (5)
Megascolecidae		No hay	<i>Amyntas</i> (4), <i>Metaphire</i> (3), <i>Pithemera</i> (1), <i>Polypheretima</i> (2), <i>Perionyx</i> (1), <i>Pontodrilus</i> (1)

1 En la última revisión de las familias de Crasiclitellata, James y Davidson (2012) encontraron que la familia Glossoscolecidae en realidad incluye 2 linajes diferentes, por lo que propusieron a la familia Pontoscolecidae para albergar a la mayoría de los géneros (44), dejando tan solo 7 en Glossoscolecidae. Por la morfología, los géneros encontrados en México pertenecerían a Pontoscolecidae, incluyendo el género nuevo aún no descrito. Sin embargo, James (2012) en una aclaración posterior indica que por prioridad, el nombre correcto de la nueva familia es Rhinodrilidae.

2 Es probable que *Phoenicodrilus* en realidad sea *Ilyogenia*, un género exótico proveniente de África; en el material de la colección IEOL, sin embargo, hay ejemplares que parecen representar una especie adicional.

3 Eisen (1900) registró especies de este género en Guatemala. Asumiendo que sean nativas, es posible que en México también las haya.

4 El género *Diplocardia* se encuentra principalmente en Estados Unidos con 40 especies (James, 1995), pero también se tienen algunas especies nativas para México.

5 *D. eiseni*, originalmente descrita en Estados Unidos, fue encontrada en el norte del estado de Veracruz en ambientes perturbados por lo que se le consideró exótica (Arteaga, 1992).

6 De acuerdo a recientes estudios moleculares es probable que este género quede incluido dentro de *Zapotecia* (Cervantes 2012).

7 Doce de estas especies serán transferidas a un nuevo género (Fragoso y Rojas, en prep).

comparación con la de las selvas tropicales (Cuadro 2). Gates (1982), al revisar la tierra que le entregaba la aduana estadounidense, documentó durante muchos años el papel de la tierra de macetas en la dispersión de las lombrices exóticas por todo el mundo.

Distribución altitudinal. En México las lombrices nativas se distribuyen tanto en las zonas tropicales bajas como en los ambientes templados y fríos de las cadenas montañosas. En general son pocas las especies nativas que se presentan a lo largo de un gradiente altitudinal extenso y generalmente

Cuadro 2. Número de especies nativas y exóticas de lombrices de tierra de México, separadas por el tipo de ambiente

<i>Ambiente</i>	<i>Ecosistema</i>	<i>Nativas</i>	<i>Exóticas</i>	<i>TOTAL</i>
Natural	Selva alta	26	5	31
	Selva mediana	21	5	26
	Selva baja	8	3	11
	Sabana	6	3	9
	Bosque de pino	15	11	26
	Bosque de encino	6	11	17
	Bosque de pino-encino	20	5	25
	Bosque enano de montaña	2	0	2
	Bosque mesófilo	20	13	33
	Bosque de abetos	7	6	13
	Pastizal de altura	3	0	3
	Cuevas	7	5	12
Perturbado	Bosques perturbados	3	6	9
	Acahual de selva	21	6	27
	Pastizal inducido	28	16	44
	Cultivos anuales	19	16	35
	Plantaciones perennes	17	12	29
	Ambientes antrópicos	16	37	53
	Plantaciones de árboles	2	5	7

las especies de baja altitud no se encuentran en las zonas altas y viceversa. Esto se presenta incluso a nivel de géneros pues, por ejemplo *Mayadrilus*, *Lavellodrilus* y *Chacdrilus* se distribuyen por debajo de los 500 m de altitud (Fig. 4), mientras que *Dichogaster* y *Eutrígaster* siempre se encuentran por arriba de los 1 000 m (Figs. 1, 2), con excepción de *Eutrígaster sporadonephra*, que a bajas altitudes sólo se encuentra dentro de bromelias (Fragoso y Rojas, 1996).

Distribución por estados. Fragoso (2001) presentó una gráfica de la riqueza de especies de lombrices de tierra para cada estado federal de México. En el cuadro 3 y la figura 3, se presenta esta información actualizada, incluyendo los datos publicados en Fragoso (2007, 2011), Fragoso et al. (2009), Rosas-Medina et al. (2010), Cervantes (2010), Cué (2011), García (2012) y Casallas (2012).

Como ya se ha registrado (Fragoso, 2001, 2007), Veracruz es el estado con mayor cantidad de especies, seguido de Chiapas, Tamaulipas y Tabasco. Si bien esto refleja un mayor muestreo, también es una indicación de que las lombrices se encuentran preferentemente en los estados con mayor cantidad de ambientes cálido-húmedos. En contraste, en los estados ubicados en zonas áridas, la cantidad de especies es muy baja (v.g. Aguascalientes y Chihuahua con una sola especie exótica) o inexistente

(ninguna especie en Coahuila y Zacatecas), aunque estos datos seguramente están influidos por la falta de recolectas. Un muestreo adecuado en los ambientes húmedos de estas regiones áridas (generalmente inducidos por el hombre) revelará la presencia de algunas especies de lombrices de tierra, aunque es muy probable que éstas sean exóticas.

Patrones por región biogeográfica. Las zonas mejor estudiadas de México se encuentran en el este y sureste, y corresponden a las partes más húmedas del país; por esta razón la evaluación biogeográfica que podamos hacer necesariamente estará sesgada a estas regiones. Fragoso et al. (1995) propusieron algunos patrones biogeográficos que se han mantenido en estudios posteriores (Fragoso, 2007) y que sucintamente se pueden resumir del siguiente modo: *i)* región norte: caracterizada por la presencia de los géneros *Zapatadrilus*, *Diplocardia*, *Zapotecia* y *Protozapotecia* (Fig. 1), incluye la sierra Madre Oriental, el centro y este de la Faja Volcánica Transmexicana FVT y el norte de la planicie costera del golfo de México; *ii)* región oriental: dominada por una sección de especies del género *Ramiellona*, incluye el este de la FVT, las montañas de Oaxaca y el sur de la planicie costera del golfo hasta el istmo de Tehuantepec; *iii)* región sur: definida por otra sección de especies de *Ramiellona* y por los géneros *Lavellodrilus*, *Kaxdrilus* y *Mayadrilus* (Fig. 4),



Figura 1. *Dichogaster aff. eiseni* (Csuzdi y Zicsi, 1991) (ejemplar superior, de color azul) y *Zapotecia amecameca* Eisen, 1900 (ejemplar inferior de color gris), recolectados en un bosque de pino-encino a 2 760 m de altitud (faldas del volcán Popocatepetl, Puebla). *D. aff. eiseni* es una especie epigea y pertenece a un género ampliamente distribuido en la Faja Volcánica Transmexicana (FVT). *Z. amecameca* es una especie hipogea cuyo género es común en los bosques templados y fríos de la parte central y este de la FVT (Cervantes, 2010, 2012). Fotografía de C. Fragoso.



Figura 2. *Lumbricus rubellus* Hoffmeister, 1843 (ejemplar superior de color rojizo) y *Eutrigaster lineri* (Righi, 1972) (ejemplar inferior de color gris), recolectados en el Parque Nacional Nevado de Toluca (Estado de México) a 3 520 m snm. *L. rubellus* es una lombriz epigea exótica, originaria de Europa y ampliamente distribuida en los bosques de pino-encino de México y muchos otros países. *E. lineri* es una lombriz hipogea nativa, endémica de los bosques de encinos del Nevado de Toluca y alrededores. Fotografía de C. Fragoso.

Cuadro 3. Número de especies nativas y exóticas de lombrices de tierra para cada estado de la República Mexicana. En negritas, los 5 estados con mayor cantidad de especies

<i>Estado</i>	<i>Especies nativas</i>	<i>Especies exóticas</i>	<i>Total de especies</i>
Veracruz	38	32	70
Chiapas	27	8	35
Tamaulipas	10	17	27
Tabasco	16	10	26
Distrito Federal	4	21	25
Estado de México	6	18	24
Puebla	5	12	17
Nuevo León	1	12	13
Michoacán	5	7	12
Campeche	8	3	11
Nayarit	3	8	11
Oaxaca	7	3	10
Quintana Roo	3	7	10
San Luis Potosí	3	6	9
Baja California Sur	2	6	8
Jalisco	3	3	6
Yucatán	3	3	6
Morelos	2	4	6
Guerrero	2	3	5
Hidalgo	1	4	5
Sonora	1	2	3
Durango	0	3	3
Sinaloa	0	3	3
Guanajuato	1	1	2
Baja California	0	2	2
Tlaxcala	0	2	2
Colima	1	0	1
Aguascalientes	0	1	1
Chihuahua	0	1	1
Querétaro	0	1	1
Coahuila	0	0	0
Zacatecas	0	0	0

abarca desde el sur del istmo de Tehuantepec hasta El Salvador y Honduras y iv) Región montañosa centro-oeste: caracterizada por los géneros *Dichogaster* y *Eutrigaster* (Figs. 1, 2), incluye la sierra Madre Occidental, la sierra Madre del Sur, los sistemas montañosos de Chiapas y la porción centro-occidental de la FVT. Estos patrones se proponen de manera preliminar pues aún faltan por estudiar extensas zonas del país.

Las especies más comunes. Con base en los trabajos de Fragoso (2001, 2007, 2011) las especies con mayor número de registros en nuestro país son las exóticas *Pontoscolex corethrurus* (45 localidades de 13 estados), *Octolasion tyrtaeum* (41, 12), *Amyntas gracilis* (35, 11), *Dichogaster bolau* (30, 10) y *Aporrectodea trapezoides* (19, 11). En el caso de las nativas, las más comunes son: *Phoenicodrilus taste* (35 localidades de 14 estados; es necesario estudiar

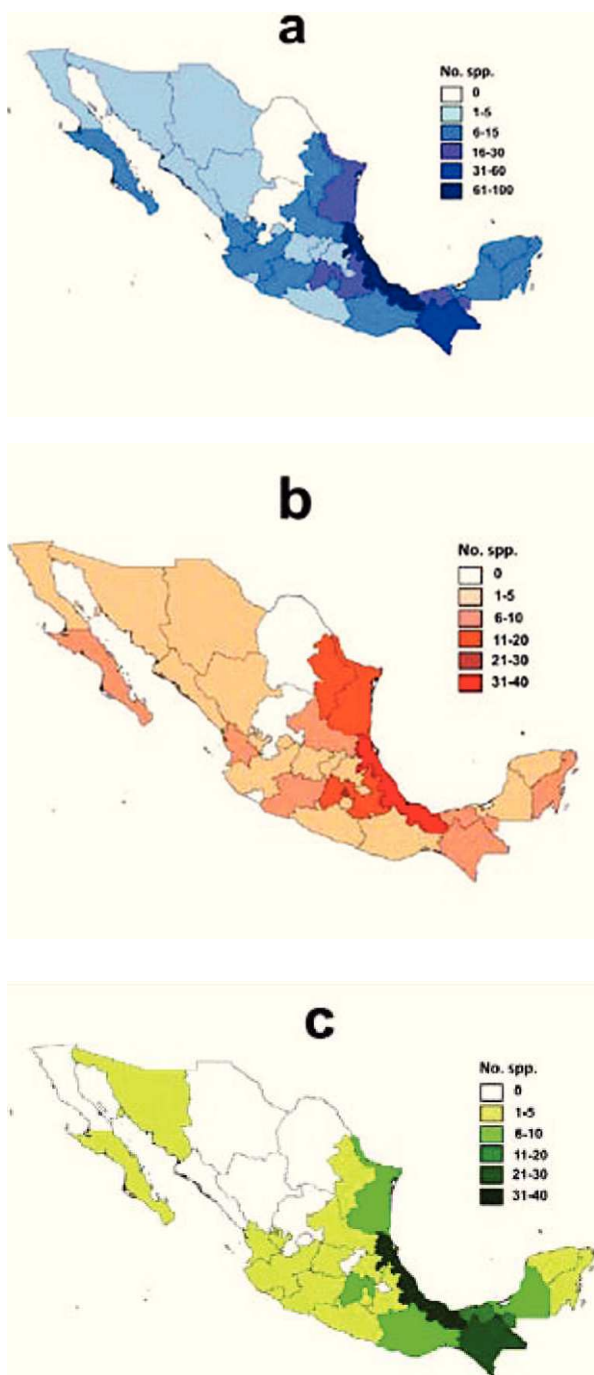


Figura 3. Número de especies de lombrices de tierra para cada estado de México. a), todas las especies; b), especies exóticas; c), especies nativas.

con detalle esta especie pues podría tratarse en realidad de una exótica del género *Ilyogenia*, Fragoso en prep.), *Balanteodrilus pearsei* (43, 6), *Diplotrema murchiei* (17, 5), *Protozapotecia aquilonalis* (12, 5) y *Lavellodrilus*

parvus (16, 3). En conjunto, estas 10 especies representan el 35% de todos los registros de lombrices de tierra de México.

Las especies más estudiadas. De las 102 especies de lombrices encontradas en el país, solamente se tienen estudios ecológicos o de manejo de 11 especies. De éstas, las más estudiadas son las exóticas *P. corethrurus* y *Polypheretima elongata* (ver Fragoso 2001 para una relación de los trabajos hasta el año 2001; Huerta et al., 2005; Rossi et al., 2006). Entre las nativas, solamente han sido estudiadas las especies del género *Balanteodrilus* (en especial *B. pearsei*; ver Fragoso, 2001; Ortiz-Ceballos y Fragoso, 2004; Ortiz-Ceballos et al., 2005, 2007; Campos, 2011; Casallas, 2012) y una especie nueva de glososcolécido, perteneciente a un género nuevo (Hernández, 2000).

Patrones de estudio de las lombrices nativas: pasado y presente. En la figura 5 se muestra el número de especies de lombrices de tierra oriundas de México acumuladas durante los últimos 120 años. Entre 1891 y 1900, el sueco nacionalizado estadounidense G. Eisen describió las primeras 8 especies. Para el año de 1970, sólo se habían descrito otras 7 especies para México (para un total de 15 especies), principalmente por los trabajos de G. Gates, E. Pickford y G. Righi. A partir de esa fecha se han descrito 32 especies más (68% de todas las especies descritas hasta el momento), siendo el periodo 1991-1995 en donde la mayor cantidad de especies se describieron (13) debido a los estudios de S. James, C. Fragoso y P. Rojas. Las referencias de las descripciones originales de las especies nativas de México descritas hasta el año 2001 pueden consultarse en Fragoso (2001).

Conclusiones. Las lombrices de tierra tienen una gran importancia en la dinámica edáfica (Edwards y Bohlen, 1996; Lavelle y Spain, 2001) y sólo recientemente se han comenzado a estudiar en México con fines del mejoramiento del suelo, la obtención de abono orgánico o el incremento de la producción agrícola; su conocimiento ecológico y taxonómico es aún muy deficiente, pues existen extensas regiones en las que no se ha recolectado nunca. Proponemos como prioritarias para su estudio la región del Soconusco y Los Altos en Chiapas, las sierras de Juárez y de Mihuatlán en Oaxaca, así como el resto de los grandes sistemas montañosos del país, incluyendo las sierras Madre Occidental y Oriental y la Faja Volcánica Transmexicana en su sección occidental (Fragoso, 2001).



Figura 4. *Lavello-drilus* sp. recolectada en un acahual húmedo, cerca de Catazajá (Chiapas) a 30 m snsm. El género *Lavello-drilus* es endémico de los estados de Chiapas y Tabasco y muy común en selvas tropicales, acahuales y pastizales húmedos. Fotografía de C. Fragoso.

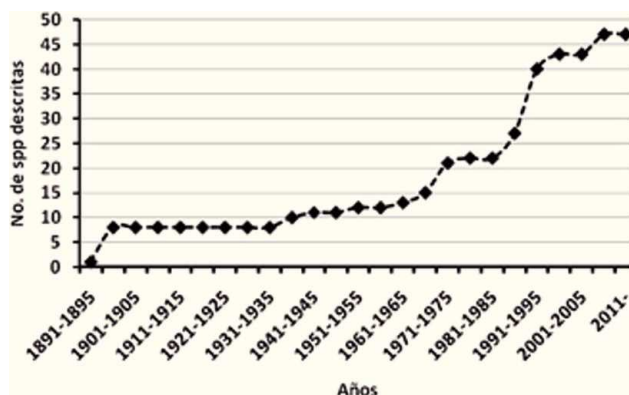


Figura 5. Curva de acumulación de especies nativas de lombrices de tierra descritas para México. No se han incluido las especies que han caído en sinonimia, ni tampoco las especies que aunque nativas de México, fueron descritas originalmente de otros países.

Agradecimientos

Al Biól. Antonio Ángeles por su invaluable ayuda a lo largo de los últimos 15 años en la recolecta y preparación de las lombrices de tierra de diversas regiones del país, por el mantenimiento de la colección IEOL del Instituto de Ecología, así como por su ayuda en la elaboración de los mapas. A todos los estudiantes y colegas que con su trabajo y recolectas han ayudado a conocer mejor las lombrices de tierra mexicanas: Marcelo Aranda, Cristina Arteaga, Isabelle Barois, George Brown, Julián Bueno, Luz Camarena, Elizabeth Campos, Araceli Cartas, Adriana Casallas, Gabriela Cervantes, Leticia Coria, Efrén Cruz, Juan Cruz, Yadeneiro de la Cruz, Karina Cué, Iván Chirinos, Sergio Durán, José Antonio García, Marisol García, Fernando González, Roger Guevara, Benito Hernández, Esperanza Huerta, Dionisio Juárez, Patrick Lavelle, Valeria López, Angel Ortiz, Benjamín

Ortiz, Simoneta Negrete, Pedro Reyes, Juan Carlos Serio, Sheila Uribe y Javier Villalobos.

Literatura citada

- Arteaga, C. 1992. Sistemática y ecología de las lombrices de tierra (Annelida; Oligochaeta) de la cuenca baja del río Pánuco. Tesis, Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad del Noreste. Tampico, Tamaulipas. 64 p.
- Blakemore, R. J. 2000. Tasmanian earthworms. CD-ROM Monograph with Review of World Families. VermEcology, PO BOX 414 Kippax 2615. Canberra. 800 p.
- Blakemore, R. J. 2004. Checklist of the earthworm family Exxidae Blakemore, 2000 (and renaming of *Sebastianus* Blakemore, 1997). In *Avances en taxonomía de lombrices de tierra/ Advances in earthworm taxonomy* (Annelida: Oligochaeta), A. G. Moreno y S. Borges S. (eds.). Editorial Complutense, Universidad Complutense, Madrid. p. 121-125.
- Blakemore, R. J. 2006a. Cosmopolitan earthworms -an eco-taxonomic guide to the peregrine species of the World. (2nd Edition). VermEcology, Japan. 600 p.
- Blakemore, R. J. 2006b. A Series of searchable texts on earthworm biodiversity, ecology and systematics from various regions of the world - 2nd Edition and Supplement, N. Kaneko y M.T. Ito (eds.). COE Soil Ecology Research Group, Yokohama National University, Japan. Online: <http://bio-eco.eis.ynu.ac.jp/eng/database/earthworm/>; última consulta: 31.VIII.2012.
- Bouché, M. B. 1983. The establishment of earthworm communities. In *Earthworm ecology: from Darwin to vermiculture*, J. E. Satchell (ed.). Chapman and Hall, London. p. 431-448.
- Brown, G. G. y C. Fragoso. 2007. Minhocas na América Latina: Biodiversidade e Ecologia. EMBRAPA Soja. Londrina. 545 p.
- Campos, S. E. 2011. Influencia del tamaño corporal, la distancia geográfica y la morfología en el aislamiento reproductivo del género *Balanteodrilus* (Oligochaeta, Annelida). Tesis, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 89 p.

- Casallas, R. A. 2012. Filogenia del género *Balanteodrilus* (Oligochaeta: Acanthodrilidae). Tesis, Instituto de Ecología, A. C. Xalapa. 92 p.
- Cervantes, O. G. 2010. Las lombrices de tierra (Annelida: Oligochaeta) de regiones selectas del Estado de Puebla. Tesis, Escuela de Biología, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla. 69 p.
- Cervantes, O. G. 2012. Filogenia y biogeografía del género *Zapotecia* (Oligochaeta: Acanthodrilidae). Tesis, Instituto de Ecología, A. C. Xalapa. 60 p.
- Cué, H. K. A. 2010. Caracterización de las comunidades de lombrices de tierra (Annelida, Oligochaeta) en altitudes medias (2000-3500msnm) del Pico de Orizaba. Tesis, Escuela de Biología, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla. 70 p.
- Csuzdi, C. 1995. A catalogue of Benhamiinae species. *Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien* 97:99-123.
- Csuzdi, C. 1996. Revision der Unterfamilie Benhamiinae Michaelsen, 1897 (Oligochaeta: Acanthodrilidae). *Mitteilungen aus Dem Zoologischen Museum Berlin* 72:347-367.
- Csuzdi, C. y A. Zicsi. 1991. Über die Verbreitung neuer und bekannter *Dichogaster* und *Entrigaster* Arten aus Mittel- und Südamerika (Oligochaeta, Octochaetidae). *Regenwürmer aus Südamerika* 15. *Acta Zoologica Hungarica* 37:177-192.
- Darwin, C. 1881. La formación del manto vegetal por la acción de las lombrices, con observaciones sobre sus hábitos. Ed. Catarata, Facultad de Ciencias UNAM y Academia Mexicana de Ciencias. Madrid y México D.F. (Traducción año 2011). 229 p.
- Durán, H. S. 2004. Influencia de la altitud y la perturbación sobre las comunidades de lombrices de tierra (anélidos, oligoquetos) de la Sierra de San Juan, Nayarit. Tesis, Facultad de Ciencias e Ingenierías, Universidad Autónoma de Nayarit. Tepic. 101 p.
- Dyne, G. R. y B. G. M. Jamieson. 2004. Native earthworms of Australia II (Megascolecidae, Acanthodrilinae). Australian Government. ABRS. The University of Queensland. Canberra. CD. 2000 p.
- Eisen, G. 1896. Pacific Coast Oligochaeta II. *Memoirs of the California Academy of Sciences* 2:123-198.
- Eisen, G. 1900. Researches in the American Oligochaeta, with special reference to those of the Pacific coast and adjacent islands. *Proceedings of the California Academy of Sciences* 2:85-276.
- Edwards, C. A. 2004. Earthworm ecology. 2nd. Edition. CRC Press. Boca Ratón. 498 p.
- Edwards, C. A. y J. R. Lofty. 1972. Biology of earthworms. Chapman and Hall, London. 283 p.
- Edwards, C. A. y J. R. Lofty. 1977. Biology of earthworms. 2nd Edition. Chapman and Hall, London. 333 p.
- Edwards, C. A. y P. J. Bohlen. 1996. Biology and ecology of earthworms. Third Edition. Chapman and Hall. Suffolk. 426 p.
- Fragoso, C. 2001. Las lombrices de tierra de México (Annelida, Oligochaeta): diversidad, ecología y manejo. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.), número especial 1:131-171.
- Fragoso, C. 2007. Diversidad y patrones biogeográficos de las lombrices de tierra de México (Oligochaeta, Annelida). *In* *Minhocas na América Latina: Biodiversidade e Ecologia*, G. G. Brown y C. Fragoso (eds.). EMBRAPA Soja. Londrina. p. 107-124.
- Fragoso, C. 2011. Lombrices de tierra (Annelida: Oligochaeta). *In* *La biodiversidad en Veracruz: estudio de estado. Vol II. Diversidad de especies: conocimiento actual*, A. Cruz, F. Lorea, V. Hernández y J. E. Morales (eds.). Conabio, Gobierno del Estado de Veracruz, Universidad Veracruzana, INECOL. p. 259-268.
- Fragoso, C. y G. G. Brown. 2007. Ecología y taxonomía de las lombrices de tierra en Latinoamérica: el primer encuentro latino-americano de ecología y taxonomía de oligoquetos (ELAETAO1). *In* *Minhocas na América Latina: Biodiversidade e Ecologia*, G. G. Brown y C. Fragoso (eds.). EMBRAPA Soja. Londrina. p. 33-75.
- Fragoso, C. y P. Rojas-Fernández. 1996. Earthworms inhabiting bromeliads in Mexican tropical rain forests: ecological and historical determinants. *Journal of Tropical Ecology* 12:729-734.
- Fragoso, C. y P. Rojas. 2007. Two new species of the earthworm genus *Balanteodrilus* (Oligochaeta: Acanthodrilidae) from Eastern Mexico. *Megadrilogica* 11:107-114.
- Fragoso, C. y P. Rojas. 2009a. A new ocnodrilid earthworm genus from Southeastern Mexico (Annelida: Oligochaeta), with a key for the genera of Ocnodrilidae. *Megadrilogica* 13:141-152.
- Fragoso, C. y P. Rojas. 2009b. Invasiones en el suelo: la lombriz de tierra *Pontoscolex corethrurus* y la hormiga *Solenopsis geminata* en los ecosistemas tropicales de México. *In* *Manejo agroecológico de sistemas, vol. I*, G. Aragón, M. Damián y J. López-Olguín (eds.). Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla. p. 81-107.
- Fragoso, C. y P. Rojas. 2010. La biodiversidad escondida. La vida microcósmica en el suelo. *In* *La biodiversidad de México. Inventarios, manejos, usos, informática, conservación e importancia cultural*. V. Toledo (coord.). FCE, CONACULTA. México, D. F. p. 90-134.
- Fragoso, C., S. James y S. Borges. 1995. Native earthworms of the north neotropical region: current status and controversies. *In* *Earthworm ecology and biogeography in North America*, P. Hendrix (ed.). Lewis Publishers. Boca Ratón. p. 67-115.
- Fragoso, C., M. L. Coria-Martínez y L. M. Camarena. 2009. An update of the earthworm fauna of Los Tuxtlas Ver. and adjacent regions: are native species in the risk of extinction? *In* *Below-ground biodiversity in Sierra Santa Marta, Los Tuxtlas, Veracruz, México*, I. Barois, E. J. Huising, P. Okoth, D. Trejo y M. de Los Santos (eds.). Instituto de Ecología, A. C. Xalapa. p. 219-228.
- Fragoso, C., G. G. Brown, J. C. Patrón, E. Blanchart, P. Lavelle, B. Pashanasi, B. Senapati y T. Kumar. 1997. Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function in the tropics: the role of earthworms. *Applied Soil Ecology* 6:17-35.
- García, R. M. 2012. Las comunidades de lombrices de tierra

- (Annelida: Oligochaeta) en un gradiente de sucesión secundaria de selva mediana subcaducifolia. Tesis, Posgrado en Ciencias Biológicas, Centro de Investigaciones Científicas de Yucatán. Mérida, Yucatán. 89 p.
- Gates, G. 1982. Farewell to North American megadriles. *Megadrilogica* 4:12-77.
- Hernández, C. B. 2000. Modificaciones químicas de cuatro suelos de diferentes localidades de Veracruz, por dos especies de lombrices (*Pontoscolex corethrurus* y *Glossoscolecidae* sp.). Tesis, Facultad de Química Farmacéutica Biológica, Universidad Veracruzana. Xalapa. 83 p.
- Huerta, E., C. Fragoso, I. Barois y P. Lavelle. 2005. Enhancement of growth and reproduction of tropical earthworm *P. elongata* by addition of *Zea mays* and *Mucuna pruriens* var. *utilis*, litter to the soil. *European Journal of Soil Biology* 41:45-53.
- James, S. W. 1995. Systematics, biogeography, and ecology of nearctic earthworms from eastern, central, southern, and southwestern United States. In *Earthworm ecology and biogeography in North America*, P. Hendrix (ed.). Lewis Publishers, Boca Ratón. p. 29-52.
- James, S. W., D. Porco, T. Decaëns, B. Richard y C. Erséus. 2010. DNA Barcoding reveals cryptic diversity in *Lumbricus terrestris* L., 1758 (Clitellata): resurrection of *L. herculeus* Savigny, 1826. *PLoS One* 5(12): e15629.
- James, S. W. y S. K. Davidson. 2012. Molecular phylogeny of earthworms (Annelida : Crassicitellata) based on 28S, 18S and 16S gene sequences. *Invertebrate Systematics* 26:213-229.
- James, S.W. 2012. Re-erection of *Rhinodrilidae* Benham, 1890, a senior synonym of *Pontoscolecidae* James, 2012 (Annelida: Clitellata). *Zootaxa* 3540:67-68.
- Jamieson, B. G. M. 1988. On the phylogeny and higher classification of the Oligochaeta. *Cladistics* 4:367-410.
- Jamieson, B. G. M. 2001. Native earthworms of Australia (Megascolecidae, Megascolecinae). Supplement, Science Publishers, Inc., Enfield, New Hampshire. (Compact disc). p. 2000.
- Jamieson, B. G. M., S. Tillier, A. Tillier, J. L. Justine, E. Ling, S. James, K. McDonald y A. F. Hugall. 2002. Phylogeny of the Megascolecidae and Crassicitellata (Annelida, Oligochaeta): combined versus partitioned analysis using nuclear (28S) and mitochondrial (12S, 16S) rDNA. *Zoosystema* 24:707-734.
- Lavelle, P. y A. V. Spain. 2001. *Soil Ecology*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. 654 p.
- Lavelle, P. y E. Lapiéd. 2003. Endangered earthworms of Amazonia: an homage to Gilberto Righi. *Pedobiologia* 47:397-933.
- Lee, K. 1985. *Earthworms. Their ecology and relationships with soils and land use*. Academic Press. Sydney. 411 p.
- McHugh, D. 2000. Molecular phylogeny of the Annelida. *Canadian Journal of Zoology* 78:1873-1884.
- Michaelsen, W. 1900. Oligochaeta. In *Das tierreich*. 10: XXIX. Friedländer & Sohn. Berlin 557 p.
- Ortiz-Ceballos, A. y C. Fragoso. 2004. Earthworm populations under tropical maize cultivation: the effect of mulching with velvetbean. *Biology and Fertility of Soils* 39:438-445.
- Ortiz-Ceballos, A., C. Fragoso, M. Equihua y G. G. Brown. 2005. Influence of food quality, soil moisture and the earthworm *Pontoscolex corethrurus* on growth and reproduction of the tropical earthworm *Balanteodrilus pearsei*. *Pedobiologia* 49:89-98.
- Ortiz-Ceballos, A., C. Fragoso y G. G. Brown. 2007. Synergistic effect of a tropical earthworm *Balanteodrilus pearsei* and velvetbean *Mucuna pruriens* var. *utilis* on maize growth and crop production. *Applied Soil Ecology* 35:356-362.
- Pérez-Losada, M., J. W. Breinholt, P. G. Porto, M. Aira y J. Domínguez. 2011. An earthworm riddle: systematics and phylogeography of the Spanish lumbricid *Postandrilus*. *PLoS ONE* 6(11): e28153.
- Reynolds, J. W. 1994. Earthworms of the world. *Global Biodiversity* 4:11-16.
- Reynolds, J. W. y D. G. Cook. 1976. *Nomenclatura Oligochaetologica: a catalogue of names, descriptions and type specimens of the Oligochaeta*. University of New Brunswick, Fredericton. 217 p.
- Reynolds, J. W. y D. G. Cook. 1981. *Nomenclatura Oligochaetologica: Supplementum Primum*. University of New Brunswick, Fredericton. 39 p.
- Reynolds, J. W. y D. G. Cook. 1989. *Nomenclatura oligochaetologica: supplementum secundum*. University of New Brunswick, Fredericton. 37 p.
- Reynolds, J. W. y D. G. Cook. 1993. *Nomenclatura oligochaetologica: supplementum tertium*. Lindsey, Blewett Press. 37 p.
- Rosas-Medina, M. A., F. de León-González, A. Flores-Macias, F. Payán-Zelaya, F. Borderas-Tordesillas, F. Gutiérrez-Rodríguez y C. Fragoso-González. 2010. Effect of tillage, sampling date and soil depth on earthworm population on maize monoculture with continuous stover restitutions. *Soil & Tillage Research* 108:37-42.
- Rossi, J. P., E. Huerta, C. Fragoso y P. Lavelle. 2006. Soil properties inside earthworm patches and gaps in a tropical grassland (La Mancha, Veracruz, Mexico). *European Journal of Soil Biology* 41:284-288.
- Stephenson, J. 1930. *The Oligochaeta*. Oxford University, Clarendon Press. 978 p.
- Struck, T. H., N. Schult, T. Kusen, E. Hickman, C. Bleidorn, D. McHugh y K. M. Halanych. 2007. Annelid phylogeny and the status of Sipuncula and Echiura. *BMC Evolutionary Biology* 7:57.
- Zrzavý, J., P. Riha, L. Piálek y J. Janouskovec. 2009. Phylogeny of Annelida (Lophotrochozoa): total-evidence analysis of morphology and six genes. *BMC Evolutionary Biology* 9:189.