

LAS LOMBRICES DE TIERRA DE MÉXICO (ANNELIDA, OLIGOCHAETA): DIVERSIDAD, ECOLOGÍA Y MANEJO

Carlos FRAGOSO

Departamento Biología de Suelos. Instituto de Ecología, A.C.
Km. 2.5 Carr. Antigua a Coatepec No. 351, Congregación El Haya
91070, Apdo.Postal 63. Xalapa, Veracruz. MÉXICO
correo electrónico: fragosoc@ecologia.edu.mx

RESUMEN

Se presenta una reseña histórica de los estudios taxonómicos sobre las lombrices de tierra de México comenzados alrededor de 1900, e intensificados durante la segunda mitad del siglo XX. El conteo actual señala que en México existen 93 especies descritas, 46 nativas y 47 exóticas; al añadir 36 especies nuevas en proceso de descripción el número total se incrementa a 129. La mayor parte de las especies pertenecen a la familia Megascolecidae, tribus Acanthodrilini (43 spp) y Dichogastrini (40). Veracruz, Chiapas y Tamaulipas fueron los estados con mayor cantidad de especies, mientras que en Coahuila, Aguascalientes y Zacatecas no se tiene ningún registro de lombrices de tierra. En 8 estados más solo se tienen registros de especies exóticas. La mayor cantidad de especies se encontró en ambientes naturales (106 spp), aunque las exóticas predominaron en los ambientes perturbados. Desde el punto de vista funcional el 72% de las lombrices de tierra de México son endogeas-geófagas (93 spp). Se han realizado estudios sobre 48 comunidades de lombrices distribuidas en 27 localidades. Los patrones obtenidos indican: i) dominio de endogeas en selvas y ambientes perturbados, ii) en los bosques templados predominan las exóticas y las epígeas representan el 35-58% de la abundancia total iii) la mayor cantidad de especies se presenta en las selvas altas, mientras que los cultivos son los más pobres. Solo se han estudiado 10 especies desde el punto de vista poblacional y de su efecto en el suelo y en el crecimiento de las plantas; las especies más estudiadas han sido las exóticas endogeas *Pontoscolex corethrus* y *Polypheretima elongata*. En ambas especies se ha demostrado un efecto positivo en el crecimiento de maíz, frijol y pastos. A nivel de manipulación *in situ*, solo se han llevado a cabo experimentos con la especie *P. corethrus*. Se concluye que es necesario completar los inventarios, verificar ciertos patrones biogeográficos, evaluar el impacto de la perturbación en distintas regiones y ambientes, y diversificar el manejo de especies nativas y exóticas preferentemente mediante la técnica *in situ*. Al final se presenta un anexo con la lista de todas las especies de México indicando su distribución por estados y por ambientes.

Palabras Clave: Megascolecidae, agroecosistemas, comunidades, suelos, nativas, exóticas

ABSTRACT

Taxonomic studies in Mexico began in 1895-1900, although most of descriptions occurred during the second half of last century. By now there are 93 described species in the country, 46 natives and 47 exotics; when 36 new undescribed species are added, the total number of species increases to 129. Most of species belong to Megascolecidae, tribes Acanthodrilini (43 spp) and Dichogastrini (40). The

states of Veracruz, Chiapas and Tamaulipas show the highest species richness, while in Coahuila, Aguascalientes and Zacatecas no records exist hitherto of earthworm species. Only exotics have been recorded in eight more states. Most of species were found in undisturbed ecosystems (106 spp), although exotics dominated in disturbed environments. From a functional point of view Mexico is dominated by geophagous endogeic species (93 spp, 72% of country species richness). Most of ecological research has been carried out with communities (48 communities from 27 sites). The main patterns of these studies indicate: i) a dominance of endogeics in tropical forests and disturbed environments, ii) a dominance of exotics in temperate forests, with epigeics reaching 35-58% of total abundance and iii) highest and lowest local species richness occurred in tropical rain forests and tropical crops, respectively. Population and plant-soil influence studies have been carried away only for 10 species. Of these, the exotic endogeic *Pontoscolex corethrurus* and *Polypheretima elongata* are the more common studied. Positive effects over growth of maize, beans and grasses have been documented for both species. It is concluded that more research is needed to: i) fulfil inventories, ii) verify biogeographic patterns, iii) evaluate the impact of disturbance in other regions and environments and iv) increase the "in soil" management of native and exotic species. Finally the list of all species indicating their distribution by state and land use management is provided.

Key Words: Megascolecidae, agroecosystems, communities, soils, natives, exotics

INTRODUCCIÓN

En los últimos años el estudio de las lombrices de tierra se ha incrementado debido al reconocimiento de su papel en la génesis y fertilidad del suelo (Satchell 1983, Lee 1985, Edwards & Bohlen 1996) y al cada vez mayor interés en el suelo como fuente de diversidad (Brussard *et al.* 1997, Freeckman *et al.* 1997, Hagvar 1998, Groffman & Bohlen 1999). En 1994 las estimaciones sobre la diversidad global señalaban alrededor de 7254 especies descritas de oligoquetos, 3627 consideradas como lombrices de tierra, invertebrados de tamaño mayor de 2 cm cuando adultos y de hábitos generalmente terrestres (Reynolds 1994). Con una tasa de descripción anual de 68 especies de lombrices de tierra (Reynolds 1994, Fragoso *et al.* 1997), el número actual de especies descritas debe estar cercano a las 4000 especies. De acuerdo a la clasificación de Jamieson (1988) las lombrices de tierra se reparten en 11 familias (excluyendo 4 familias de hábitos semiacuáticos), las cuales presentan una distribución particular (información adicional en Edwards & Bohlen 1996).

En este artículo se presenta el estado actual del conocimiento de las lombrices de tierra de México, desde el punto de vista de su diversidad, distribución, ecología y manejo. Se trata de la primera revisión de este grupo para nuestro país en donde se proporciona el número total de especies, su distribución por estados y por ambientes (naturales y perturbados) así como los principales patrones ecológicos derivados de los estudios realizados hasta ahora. La parte final del artículo analiza los estudios que sobre manejo se han llevado a cabo en México así como las perspectivas futuras de investigación.

MÉTODOS

La información analizada en este trabajo proviene de trabajos publicados previamente y del material depositado en la colección de lombrices de tierra del Instituto de Ecología, (IEOL) a cargo del autor. En los anexos 1 y 2 se presentan las referencias respectivas sobre los datos de faunística y distribución por ambientes y estados.

Debido a que se trata de una revisión para México sobre las investigaciones que se han realizado de este grupo, las comparaciones han sido consideradas como tendencias y sólo en algunos casos se han realizado pruebas estadísticas sencillas.

RESULTADOS

Panorama Global: distribución, diversidad funcional e importancia en el suelo

Las once familias de lombrices de tierra muestran una distribución geográfica particular, en gran medida definida por los eventos tectónicos ocurridos hace cerca de 200 millones de años cuando comenzó la desintegración de Pangea (Jamieson 1981). La distribución por continentes puede encontrarse en Jamieson (1988), Edwards y Bohlen (1996) y Omodeo (2000), aunque de modo general se puede decir que mientras más derivada es la familia desde el punto de vista morfológico, más restringida es su distribución. Por ejemplo las familias Lumbricidae, Glossoscolecidae y Eudrilidae se distribuyen exclusivamente en Euroasia, América central y del sur, y África, respectivamente. Por otro lado la familia Megascolecidae (más simple morfológicamente) se presenta en Asia, América, África y Australia. Un caso notorio en esta familia es la tribu Acanthodrilinini, en donde la mayoría de sus especies se restringen a las regiones australes de África, América del sur y Australia, excepto las especies encontradas en México, el Caribe y América Central.

Existen varios países de Europa en donde se han completado los inventarios de lombrices de tierra, en parte facilitado por el reducido número de especies que hay. En los países boreales europeos, por ejemplo, el número de especies por país nunca supera 30, independientemente de la superficie considerada (Edwards & Bohlen 1996, Fragoso *et al.* 1997). Comparativamente en los países templados y tropicales la cantidad de especies es muy superior y varía en proporción directa con el área considerada (cerca de 20 especies por cada 10000 km², Fragoso *et al.* 1997). Si bien en varios países templados (Francia, Inglaterra, España e Italia) se han terminado los inventarios de las lombrices terrestres, en los trópicos el conocimiento de la oligoquetofauna es aún escaso, pues a la gran cantidad de

especies se añade el pobre conocimiento del grupo y el reducido número de especialistas. Fragoso *et al.* (1999a) han calculado tres de las islas mayores del caribe (Cuba, Jamaica y Puerto Rico) deberían contener alrededor de 300 especies nativas, en lugar de las 55 registradas hasta ahora (Fragoso *et al.* 1995, Rodríguez 1999b). La India, con 385 especies descritas (Fragoso *et al.* 1999a), se cuenta entre los pocos países del trópico bien inventariados.

La diversidad de las lombrices de tierra puede ser estudiada bajo dos grandes puntos de vista: taxonómica y funcional (Fragoso *et al.* 1997). En el primer caso el número de especies varía en función de la escala (regional vs. local) y del origen geográfico (nativas vs. exóticas). En el segundo caso, las especies se separan por categorías ecológicas o gremio funcional. Las categorías ecológicas propuestas por Bouche (1972, 1977), aceptadas casi en su totalidad por la mayoría de los investigadores, incluyen tres grandes grupos funcionales de lombrices: las epigeas (habitantes de la hojarasca y pigmentadas), las endogeas (habitantes del suelo, no pigmentadas y consumidoras de tierra, subdivididas en poli, meso y oligohúmicas, Lavelle 1983) y las anecicas (habitantes del suelo y consumidoras de hojas). Una descripción más detallada de estas categorías puede encontrarse en Lavelle (1988), Fragoso (1992), Edwards & Bohlen (1996), Fragoso *et al.* (1997) Lavelle *et al.* (1997) y Brown *et al.* (2000a).

La separación de las lombrices en gremios funcionales fue propuesta por Lavelle (1994) e incluye a los ingenieros del ecosistema (lombrices que viven dentro del suelo, interaccionan con la microbiota edáfica y por sus galerías y excrementos modifican significativamente el perfil edáfico) y a los transformadores de la hojarasca (lombrices que viven en y se alimentan de la hojarasca y cuya interacción con la microbiota es muy reducida).

Por último, la importancia de las lombrices de tierra en los procesos físicos (estructura, porosidad, aireación, drenaje) y químicos (mineralización, humificación, ciclo de nutrientes) del suelo, así como su efecto en el crecimiento de las plantas han sido ampliamente documentados (Lee 1985, Hendrix 1995, Edwards & Bohlen 1996, Edwards 1998). El libro de Lavelle *et al.* (1999) constituye la síntesis más actualizada y completa sobre estos aspectos en agroecosistemas tropicales.

Reseña histórica de los estudios taxonómicos en México

De acuerdo a su origen, las lombrices de tierra se pueden dividir en nativas y exóticas. En el primer grupo se incluyen las especies que se originaron en algún sitio de nuestro país y que se han distribuido en otras regiones de modo natural o por la acción del hombre (Fragoso *et al.* 1995). En el caso de las exóticas se asume que se originaron en otra región y su presencia en México se debe a una

introducción intencional o accidental por el hombre (Eisen 1900, Fragoso *et al.* 1999a); a este grupo de lombrices también se le conoce como peregrinas.

Las primeras descripciones de especies nativas fueron realizadas a fines del siglo XIX y principios del XX por Eisen (1893a, 1896, 1900) y Michaelsen (1910), sin embargo, y durante cerca de 40 años no se publicó ningún otro estudio sobre lombrices nativas de México, con la excepción de los trabajos de Pickford (1938) sobre las lombrices de tierra de grutas de Yucatán y el de Gates (1942) quien estudió las lombrices neotropicales de Norteamérica en su primer catálogo sobre esa fauna. En los años cincuenta, pero principalmente durante las décadas de los sesenta y setenta, Gates (1955, 1962, 1967, 1970a,b, 1971, 1973a, 1977a, 1978) y Righi (1972) describieron y registraron varias especies de lombrices colectadas por espeleólogos en diferentes cuevas de nuestro país. Posteriormente Fragoso (1988, 1991), James (1990, 1993), Csuzdi & Zicsi (1991) y Fragoso & Rojas (1994) describieron 5 géneros y 18 especies nuevos. Los catálogos publicados en donde se incluyen especies de México, son los de Cognetti (1905, 1906) sobre la oligoquetofauna neotropical, los de Gates (1942, 1982) sobre la fauna de Norteamérica y Centroamérica y el reciente de Fragoso *et al.* (1995) sobre las lombrices nativas de México, el Caribe y Centroamérica. En este último estudio, los autores señalaron la existencia de 50 especies nativas (48 descritas) para México, repartidas en las familias Megascolecidae (46 especies en 13 géneros) tribus Acanthodrilini (28 especies en 9 géneros) y Dichogastrini (18 especies en 4 géneros)-, Ocnerodrilidae (una especie en un género) y Glossoscolecidae (tres especies en tres géneros). Todas las especies contabilizadas en ese estudio estaban descritas, con la excepción de dos glososcolécidos incluídos por su importancia biogeográfica. Finalmente Fragoso & Reynolds (1997) describieron dos especies de *Dichogaster*, alcanzando así 50 especies nativas para nuestro país.

Los primeros registros publicados a finales del siglo XIX sobre especies exóticas en México fueron sintetizados en los trabajos de Michaelsen (1900) y Cognetti (1905, 1906), quienes mencionaron la presencia de lumbrícidos (*Dendrobaena octaedra*, *Bimastus parvus*, *Lumbricus terrestris*), megascolécidos (*Dichogaster bolauí*, *Metaphire californica*) y glososcolécidos (*Pontoscolex corethrus*). Posteriormente Gates (1942, 1972, 1982) publicó numerosos registros de especies exóticas, al revisar el material decomisado por la aduana estadounidense de plantas provenientes de México. Lamentablemente la mayoría de estos registros no cuentan con localidad y sólo en algunos casos se menciona el estado. La primera cuantificación de las lombrices exóticas de México fue presentada en el IX Congreso nacional de Zoología (Fragoso & García-Rendón 1987), en donde señalaron la existencia de 33 especies. Más tarde Fragoso *et al.* (1995)

mencionan la existencia de 40 especies exóticas, mientras que Fragoso & Reynolds (1997) y Rodríguez (1999a) registraron algunas especies más.

Patrones de Diversidad regional y por ambientes.

Los anexos 1 y 2 comprenden la lista de especies nativas y exóticas de México, respectivamente; en el anexo 1 se incluyen las especies nuevas aún no descritas. El cuadro 1 resume parte de estos datos, separando a las especies por familia y origen geográfico. Con esta actualización existen en el país 93 especies descritas de lombrices de tierra de las cuales 46 son nativas y 47 exóticas. Las cuatro especies nativas menos con respecto a las 50 del último recuento, se debe a la exclusión de *Diplocardia eiseni* hoy considerada exótica y a las siguientes sinonimias: *D. mexicana* con la exótica *D. affinis*, y *D. nana* y *D. papillata* con la exótica *D. modigliani* (Csuzdi 1995). Si se suman las 36 especies nuevas no descritas, el número total de especies para el país se incrementa a 129, 63.5% nativas y 36.5% exóticas.

Las 82 especies de lombrices nativas de México (Cuadro 1) se ubican en 18 géneros de las familias Megascolecidae (tribus Acanthodrilini, Dichogastrini; *sensu* Jamieson 1971a,b), Ocnerodrilidae y Glossoscolecidae. Las 47 especies exóticas de México (Cuadro 1) pertenecen a un mayor número de géneros (25) y familias (Glossoscolecidae, Lumbricidae, Megascolecidae, Moniligastridae, Eudrilidae y Ocnerodrilidae) (Cuadro 1). Al sumar los dos grupos de especies, en México existen 41 géneros de lombrices terrestres. La fauna nativa está dominada ampliamente por especies de la familia Megascolecidae, tribus Acanthodrilinae y Dichogastrini, mientras que las lombrices exóticas pertenecen principalmente a las familias Lumbricidae y Megascolecidae (Megascolecini, de origen asiático). La presencia de glossoscolécidos nativos en México amplía el límite norte de distribución de esta familia (Fragoso *et al.* 1995); su asociación con sabanas naturales y pastizales inducidos sugiere que su extensión hacia el norte ocurrió durante las glaciaciones del Pleistoceno, cuando las sabanas dominaban el sureste de México (Toledo 1976, Fragoso 1993).

Los géneros nativos con mayor cantidad de especies fueron *Ramiellona* (17 spp), *Diplotrema* (10), *Dichogaster* (10), *Zapatadrilus* (8), *Diplocardia* (7), *Lavellodrilus* (6) y *Protozapotecia* (4); tres géneros se caracterizaron por tener tres especies (*Balanteodrilus*, *Kaxdrilus*, *Zapotecia*), otros tres por tener dos especies (*Larsonidrilus*, *Mayadrilus*, *Phoenicodrilus*), mientras que cinco géneros fueron monoespecíficos (Gen. nov. 1, 2 y 3, *Martiodrilus* y *Eutrigaster*).

En el caso de las exóticas, la cantidad de especies por género fue menor: dos géneros presentaron cuatro especies (*Aporrectodea*, *Dichogaster*), cinco géneros tuvieron tres especies (*Allolobophora*, *Eisenia*, *Lumbricus*, *Amyntas*, *Metaphire*),

seis géneros presentaron dos especies (*Pontoscolex*, *Bimastos*, *Octolasion*, *Microscolex*, *Polypheretima*, *Eukerria*) y 12 géneros con una sola especie (*Eudrilus*, *Onychochaeta*, *Periscolex*, *Dendrobaena*, *Dendrodrilus*, *Eiseniella*, *Diplocardia*, *Phitemera*, *Peryonix*, *Drawida*, *Ocnerodrilus*, *Sparganophilus*).

Cuadro 1

Número de especies y géneros (entre paréntesis) de lombrices de tierra en México separadas por familias y origen geográfico. Subfamilias y tribus de Megascolecidae de acuerdo a Jamieson (1971a,b). Se incluyen especies nativas nuevas aún no descritas.

FAMILIAS, SUBFAMILIAS Y TRIBUS	NATIVAS	EXÓTICAS	TOTAL
Eudrilidae	0	1 (1)	1 (1)
Glossoscolecidae	2 (2)	4 (3)	6 (5)
Lumbricidae	0	20 (9)	20 (9)
Ocnerodrilidae	4 (3)	3 (2)	7 (5)
Sparganophilidae	0	1 (1)	1 (1)
Moniligastridae	0	1 (1)	1 (1)
Megascolecidae, Acanthodrilinae, Acanthodrilini	40 (9)	3(2)	43 (10)
Megascolecidae, Megascolecinae, Dichogastrini	36 (4)	4 (1)	40 (4)
Megascolecidae, Megascolecinae, Megascolecini	0	9 (4)	9 (4)
Megascolecidae, Megascolecinae, Peryonichini	0	1 (1)	1 (1)
Megascolecidae (Total)	76 (13)	17 (8)	93 (19)
TOTAL	82 (18)	47 (25)	129 (41)

Cuando se compara el número promedio de especies por género entre las nativas y las exóticas (Fig. 1) las diferencias son significativas (prueba de T, $p=0.005$), lo cual es razonable ya que la invasión de las exóticas ha sido un proceso aleatorio reciente y no una radiación adaptativa en tiempos evolutivos como es el caso de los géneros nativos.

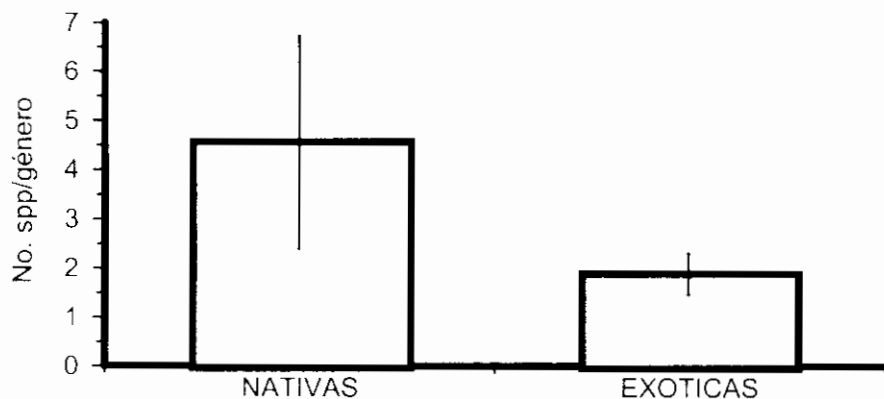


Figura 1

Número promedio de especies por género de lombrices de tierra en México. Las barras indican el intervalo de confianza ($p = 0.05$).

En la riqueza específica por estados (Fig. 2), Veracruz sobresale con la mayor cantidad de especies (64) seguido de Chiapas (34) y Tamaulipas (27). Al considerar por separado especies nativas y exóticas, el estado de Veracruz se mantiene con los mayores valores en ambos grupos (35 y 29 spp, respectivamente), seguido por los estados de Chiapas (26 spp) y Tamaulipas (10 spp) para el caso de las nativas, y del DF (21 spp) y el Edo. de México (18 spp) en el caso de las exóticas. En términos relativos estos estados contribuyen con el 70% al total de especies nativas y con el 85% al total de especies exóticas del país. El porcentaje de similitud (especies comunes/total de especies) entre estos estados varía de acuerdo al origen biogeográfico de las especies: para la nativas la similitud está en el rango de 5-15% en proporción inversa a la distancia geográfica, mientras que para las exóticas esta similitud es del 20-40%, determinado en gran medida por la altitud. La dominancia de especies exóticas en ecosistemas o regiones templadas podría explicarse por la preferencia de los inmigrantes para asentarse en las partes altas del país, particularmente en la región del centro de México y en las rutas hacia los principales puertos (Fragoso & Reynolds 1997).

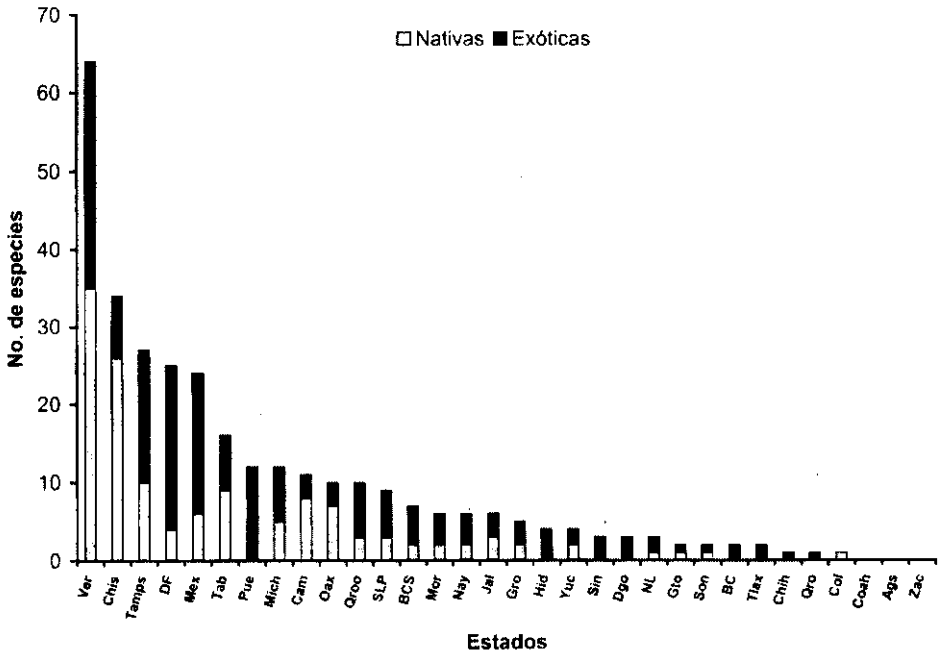


Figura 2

Distribución por estados de la cantidad de especies nativas y exóticas de lombrices de tierra en México.

En la figura 2 se observa que no se han registrado especies nativas en 11 estados del país (Aguascalientes, Baja California, Chihuahua, Coahuila, Durango, Hidalgo, Puebla, Queretaro, Sinaloa, Tlaxcala y Zacatecas) debido probablemente a la ausencia de colectas y al hecho de que algunos de estos estados tienen una gran superficie desértica. Sin embargo, en aquellos estados con climas más húmedos (Durango, Hidalgo, Puebla) futuras colectas deberán registrar numerosas especies nativas. Por lo que respecta a especies exóticas, sólo en Aguascalientes, Colima, Coahuila y Zacatecas se carece de registros. Con los datos disponibles no es posible decir si los patrones anteriores reflejan (al menos para las especies nativas) una tendencia natural, lo más probable es que simplemente señalan un muestreo no uniforme por estado (Rojas & Fragoso 1994). Habrá que esperar muchas más colectas antes de poder precisar los estados más ricos del país en lombrices de tierra, aunque el Este y Sureste de México, por su abundante precipitación, se perfilan como las regiones de mayor riqueza (Fragoso 1993).

Por lo que respecta a su distribución por ambientes naturales y perturbados, los datos de los anexos 1 y 2 indican una mayor cantidad de especies en ambientes naturales (106 spp) que en los perturbados (78). Esta diferencia se mantiene para el grupo de las nativas, 75 especies en ambientes naturales vs 38 en perturbados, y se invierte en el caso de las exóticas: 31 especies en sitios naturales contra 40 en perturbados. Una mayor diferencia entre ambos grupos es evidente cuando se comparan las especies exclusivas en cada tipo de ambiente. Así, 41 especies nativas fueron exclusivas de ambientes no perturbados vs 6 exóticas; 37 especies nativas se presentaron tanto en ambientes naturales como perturbados vs. 26 exóticas; y sólo 4 nativas se encontraron únicamente en sitios perturbados vs 15 exóticas. Esta desaparición de especies nativas en ambientes perturbados ha sido señalada con anterioridad (Fragoso 1993, Fragoso *et al.* 1993, Fragoso *et al.* 1995, 1997).

En la figura 3 se muestra la cantidad de especies de nativas y exóticas en los ambientes naturales (Fig. 3a) y perturbados (Fig. 3b) considerados en los anexos 1 y 2. Estos ambientes fueron agrupados en selvas (altas, medianas y bajas), sabanas, bosques templados (pino, encino, pino-encino, abetos), bosque mesófilo (mesófilo y bosque enano de montaña), páramos (pastizales de altura por arriba de los 2800 m), ambientes riparios, cuevas, acahuales, bosques introducidos (eucaliptos, pinos), pastos (pastizales y pastos de jardines), cultivos (maíz, frijol, caña de azúcar, chilares), plantaciones de árboles (cocos, cacao, café, mangos, vainilla), ambientes de influencia humana (solares, vegetación ruderal) y desechos orgánicos (tiraderos de basura, de pulpa de café, de cacao y de cítricos).

A partir de la información de la figura 3 se puede concluir que: i) los ambientes naturales con mayor cantidad de especies registradas fueron los bosques templados (47), las selvas (46), los ambientes riparios (36) y los bosques mesófilos (32); ii) los ambientes perturbados con mayor cantidad de especies fueron los pastizales (44), los acahuales (27), los cultivos (22) y los ambientes con influencia humana (21); iii) el porcentaje de especies nativas en ambientes naturales, más del 60%, fue siempre mayor que el de exóticas, con excepción de los ambientes riparios; iv) el menor porcentaje de exóticas en ambientes naturales se observó en los páramos (0) y en las selvas tropicales (15%); v) solo en los bosques introducidos y en los desechos orgánicos el porcentaje de exóticas superó al de nativas, vi) en cuatro ambientes perturbados (pastos, cultivos, plantaciones y ambientes con influencia humana) el porcentaje de nativas y exóticas fue relativamente similar.

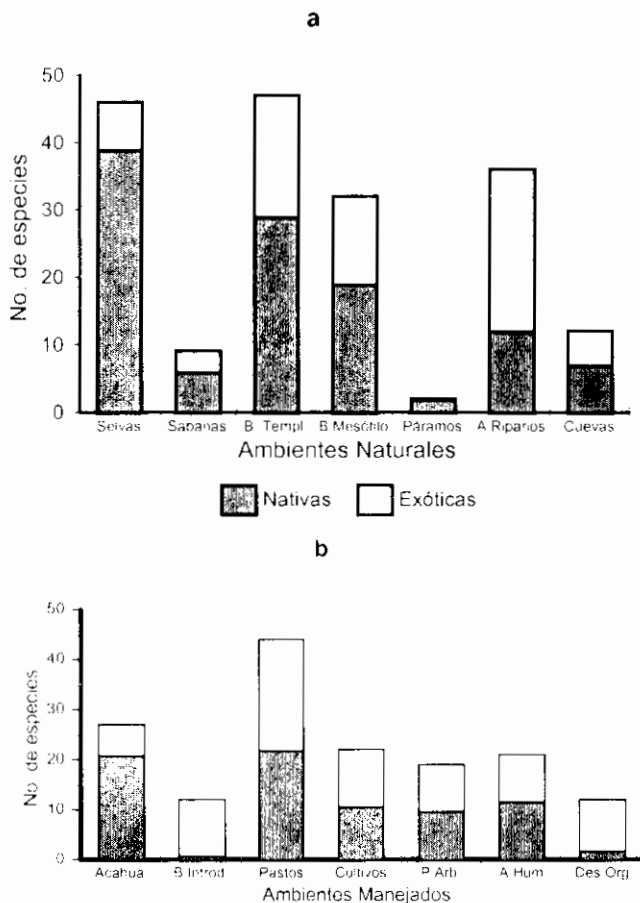


Figura 3

Riqueza de especies nativas y exóticas de lombrices de tierra en ambientes naturales (a) y perturbados (b) de México. Los datos provienen de los anexos 1 y 2. Véase el texto para el significado de las abreviaturas de los ambientes

A nivel del país 93 especies (72%) fueron endogeas-geófilas (habitantes del suelo y consumidoras de suelo), principalmente del grupo de las nativas (66 especies). Por otro lado, la mayoría de las 36 especies epigeas registradas en el país fueron exóticas (20 spp). Al considerar por separado los ambientes naturales, se observa que en los sitios tropicales (selvas, sabanas) el porcentaje de especies

endogeas nativas siempre estuvo por arriba del 93%, mientras que en los ambientes más fríos (bosques y pastizales de altura, bosques mesófilos) este porcentaje descendió a cerca del 50%. En todos los ambientes perturbados (tanto fríos como tropicales), y con excepción de los acahuales, existe un 100% de endogeas nativas. Por lo que concierne a las exóticas, éstas presentaron especies epígeas más resistentes que representaron el 35 y el 40% del total de especies en ambientes naturales y perturbados, respectivamente. En conclusión se puede decir que las lombrices nativas del país son fundamentalmente endogeas, y que la cantidad y frecuencia de epígeas se debe a las especies exóticas invasoras.

Las comunidades: diversidad local, abundancia, biomasa y estructural funcional

El estudio de Lavelle *et al.* (1981) llevado a cabo en las selvas tropicales y los pastizales derivados la región de Laguna Verde, Veracruz, fue el primer trabajo sobre comunidades de lombrices de tierra en México, aún cuando su principal enfoque fue sobre la macro y mesofauna de invertebrados del suelo. Posteriormente Lavelle & Kohlmann (1984), al caracterizar la macrofauna en la selva alta de los alrededores de Bonampak, Chiapas, proporcionaron información sobre la abundancia y biomasa de la comunidad de lombrices. Más tarde Fragoso (1985) y Fragoso & Lavelle (1987) realizaron un análisis detallado de las comunidades de lombrices de tierra en Chajul (Selva Lacandona, Chiapas) comparando dos selvas con distinto tipo de suelo. Dos años más tarde Fragoso (1989) estudió las comunidades de lombrices en un gradiente altitudinal en la reserva del Cielo, Tamps., incluyendo selva mediana, bosque mesófilo, bosque de pino-encino y los ecotonos correspondientes. Fragoso & Lavelle (1992), en un estudio comparativo a nivel mundial de las comunidades de lombrices de tierra de selvas tropicales, proporcionaron datos sobre otras cuatro selvas altas de la región de los Tuxtlas, Veracruz. Arteaga (1992) caracterizó, por primera vez, las comunidades de lombrices de tierra de una selva baja y de un ambiente ripario (Pánuco, Veracruz) incluyendo información sobre las comunidades de cultivos y solares de casas. Finalmente Fragoso (1992) comparó en Chajul, Chiapas) las comunidades de lombrices entre dos selvas y dos agroecosistemas derivados de estas selvas: un pastizal y una plantación de cacao.

La información antes citada fue sintetizada por Fragoso (1993), quién incorporó nuevos datos sobre comunidades de lombrices de tierra del este y sureste de México; el estudio se centró sobre los ecosistemas naturales (selvas, bosques mesófilos, de pino-encino, ambientes riparios) y sólo se refirió a los ambientes perturbados cuando los comparó con los ambientes naturales, tanto en abundancia y biomasa como en estructura funcional.

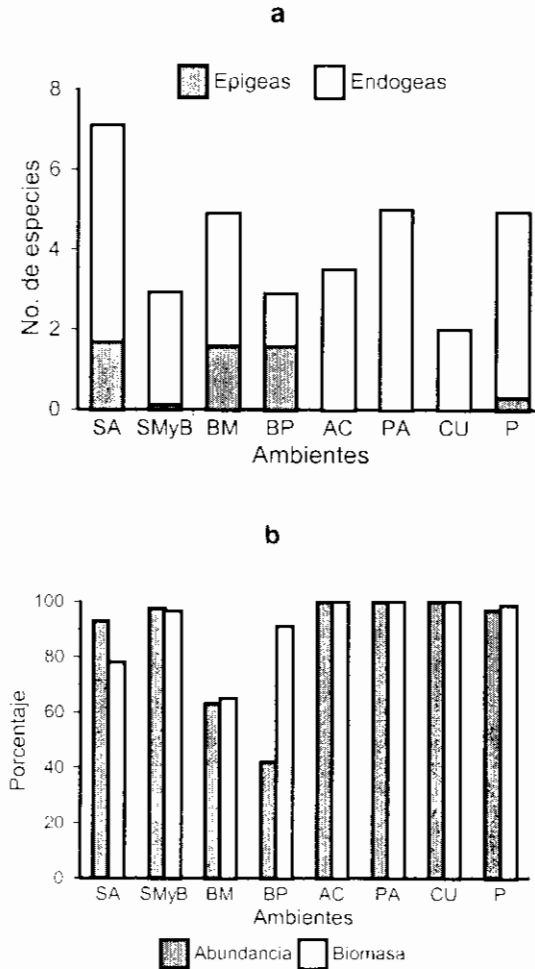
Posterior a la síntesis anterior los estudios que abordan algún aspecto de las comunidades de lombrices de tierra son los siguientes: **i)** resumen de los factores responsables de la estructura funcional de las comunidades en el este y sureste de México (Fragoso *et al.* 1995); **ii)** distribución vertical y abundancia en selvas, sabanas y agroecosistemas en Huimanguillo, Tab. (Ordaz *et al.* 1996); **iii)** patrones de diversidad, biomasa y distribución vertical en una selva mediana (Fragoso & Rojas 1997, Angeles 1996) y en un pastizal aledaño con y sin ganado (De la Cruz 1999) en La Mancha, Veracruz; **iv)** síntesis sobre los cambios en la abundancia y diversidad de las comunidades de selvas tropicales del sureste de México al ser substituidas por pastizales y cultivos anuales (Fragoso *et al.* 1997); **v)** abundancia, biomasa y distribución vertical en bosques mesófilos, pastizales y plantaciones de árboles establecidos en sitios rehabilitados (Rodríguez 1998) y en cafetales con distinto grado de intensificación agrícola (Juárez 2000), en el centro de Veracruz; **vi)** abundancia, biomasa y distribución vertical en pastizales tropicales con diferente manejo en el norte, centro y sur del estado de Veracruz (Ortiz 2000); y **vii)** como parte de un análisis a nivel mundial sobre las comunidades de lombrices de tierra de ecosistemas y agroecosistemas tropicales, Fragoso *et al.* (1999b) sintetizaron los patrones de abundancia y biomasa de las lombrices exóticas y nativas de 48 comunidades (12 de selva, dos de bosque de niebla, una de bosque templado, 18 de pastizal, tres de plantaciones de árboles, dos de acahual y 10 de cultivo) distribuidas en 27 localidades del este y sureste de México.

El cuadro 2 y la figura 4 resumen la estructura de las comunidades de lombrices de tierra de México separadas por ecosistema. A partir de esta información se puede concluir lo siguiente: **i)** en los ambientes perturbados y en los bosques tropicales predominan las lombrices endogeas-geófagas, pues representan más del 80% del promedio de la densidad y biomasa totales (Fig. 4b); **ii)** en los bosques templados (mesófilo y de pino-encino) las lombrices endogeas siguen predominando, pero las epigeas llegan a representar del 37 al 58% y del 9 al 35% del promedio de la densidad y biomasa totales, respectivamente (Fig. 4b); **iii)** en el grupo de ecosistemas naturales, las selvas altas se caracterizan por tener la mayor cantidad de especies, mientras que los bosques de pino son los más pobres; en ambientes perturbados la mayor y menor riqueza corresponde a los pastizales y a los cultivos, respectivamente (Cuadro 2); **iv)** en las selvas y el bosque mesófilo se presentan relativamente pocas especies exóticas (14-31% del total), mientras que en los bosques de pino la cantidad de exóticas se incrementa notablemente (78%), observándose la misma tendencia en la abundancia y biomasa; **v)** los acahuales y los pastizales son (en ese orden) los ambientes perturbados que mayor abundancia y biomasa de lombrices nativas mantienen, mientras que en las plantaciones de árboles las lombrices exóticas son el grupo dominante.

Cuadro 2

Riqueza específica, abundancia y biomasa de las comunidades de lombrices de tierra de México, separadas por ambientes. Los datos se presentan como rangos; los valores en paréntesis son medias. Datos modificados de Fragoso (1993) y Fragoso *et al.* (1999b)

Ambientes	No. de especies		Abundancia		Biomasa		Referencias			
	Total	Exóticas (%)	Total (ind. m ²)	Nativas (%)	Total (g.m ²)	Nativas (%)				
Selvas Altas (SA) n=7	7-11 (7)	57-100 (86)	0-43 (14)	22-121 (56)	15-100 (75)	0-84 (25)	3-42 (18)	16-100 (77)	0-83 (23)	Fragoso & Lavelle 1987, 1992, Fragoso 1993
Selvas medianas y bajas (SMYB) n=7	1-4 (3)	75-100 (86)	0-25 (14)	8-846 (200)	2-100 (76)	0-97 (24)	1-124 (26)	52-100 (90)	0-48 (10)	Fragoso 1989, 1993, Arteaga 1992, Angeles 1996
Bosques Mesófilos (BM) n=3	3-7 (5)	40-100 (69)	0-60 (31)	22-46 (34)	73-100 (89)	4-26 (11)	6-16 (11.4)	40-100 (70)	1-60 (30)	Fragoso 1989, este estudio
Bosques de Pino-encino (BP) n=3	3 (3)	0-66 (22)	33-100 (78)	17-155 (76)	0-74 (25)	25-100 (75)	5	90	10	Fragoso 1989, este estudio
Acahuales (AC) n=2	3-4 (3.5)	75-100 (87)	0-25 (13)	12-230 (121)	91-100 (96)	0-9 (4)	31	62	38	Ortiz 2000, este estudio
Pastizales (PA) n=19	2-9 (5)	0-100 (67)	0-100 (33)	10-663 (177)	8-100 (66)	0-91 (33)	25-88 (26)	0.4-100 (72)	0-99 (28)	Lavelle <i>et al.</i> 1981, Fragoso 1992, 1993, De la Cruz 2000, Ortiz 2000, este estudio
Cultivos (CU) n=12	1-3 (2)	33-100 (67)	0-66 (33)	11-557 (86)	0-100 (58)	0-100 (42)	3-34 (19)	100 (100)	0	Arteaga 1992, Patron 1993, Fragoso 1993, este estudio
Plantaciones de árboles (PLn=3)	4-7 (5)	25-75 (48)	25-75 (52)	80-139 (104)	22-50 (38)	50-78 (62)	7-36 (24)	17-60 (43)	40-83 (57)	Fragoso 1992, 1993, este estudio

**Figura 4**

Estructura funcional de las comunidades de lombrices de tierra de México de acuerdo al tipo de ambiente. **a)** No. de especies de cada categoría ecológica, **b)** Porcentaje de la abundancia y biomasa total. El tamaño de muestra de cada ambiente y las abreviaturas son las mismas del cuadro 2.

Las poblaciones de lombrices: demografía e impacto en las propiedades del suelo y en el crecimiento de las plantas.

El cuadro 3 resume la información sobre los estudios autoecológicos llevados a cabo en México sobre algunas especies de lombrices e incluye los trabajos que han evaluado su impacto en las propiedades fisicoquímicas del suelo y en el crecimiento de plantas.

Sin lugar a dudas la especie más estudiada es la exótica *Pontoscolex corethrurus*, especie endógena de la familia Glossoscolecidae originaria del norte de la América del Sur. Se trata de una especie de crecimiento rápido (tres meses) y reproducción partenogenética obligatoria, con una longitud máxima de 14 cm, que puede alcanzar una abundancia de más de 500 ind/m² y una biomasa de casi 100 g/m². Fragoso *et al.* (1999a) señalan que esta especie: **i)** se encuentra en 56 países de los 5 continentes, **ii)** se distribuye en un rango altitudinal de 0 a 2000 msnm, **iii)** presenta una alta plasticidad ecológica a factores macro (precipitación, temperatura) y microambientales (pH, materia orgánica), **iv)** común tanto en ambientes no perturbados (42% de los registros) como en perturbados (58% de los registros), **v)** siendo más frecuente en pastizales y plantaciones de árboles (20% de los registros en cada ambiente).

En México (Anexo 2), es la especie más común con 71 registros en localidades de 12 estados, repartida en cinco tipos de ambientes naturales y en 11 perturbados. El potencial de manejo de *P. corethrurus* no debe dejar de lado la posibilidad de efectos adversos, tal y como fue encontrado en un pastizal de Brasil (Chauvel *et al.* 1999). Bajo una perspectiva global, sin embargo, son mucho mayores sus beneficios que sus posibles daños. En México, su efecto en el suelo es positivo, pues incrementa la cantidad de materia orgánica y la mineralización del nitrógeno. En este país su efecto sobre la producción vegetal no es totalmente contundente, pues si bien se han observado efectos positivos en el crecimiento de plantas de maíz y frijol y en la densidad de raíces, no ha ocurrido lo mismo con la biomasa de raíces y con la producción de granos y semillas (Brown 1999, *et al.* 1999). El efecto de esta especie sobre el crecimiento del pasto *Brachiaria decumbens* también es positivo, aunque la interacción con micorrizas produce resultados ambivalentes dependiendo del elemento limitante (Brown *et al.* 2000b).

Otra especie moderadamente estudiada en México es la endógena mesohúmica *Polypheretima elongata*. Esta especie exótica, originaria del sudeste asiático, se ha dispersado a la mayoría de los ambientes tropicales perturbados del mundo.

Cuadro 3

Estudios autoecológicos, edáficos y agronómicos llevados a cabo en México con lombrices de tierras nativas (N) y exóticas (E).

Especies	Autoecología	Impacto en el suelo y en las plantas
<i>Amyntas gracilis</i> (E)	Crecimiento, reproducción y mortalidad en desechos de plátano (Cruz 1989); ecofisiología del intestino (Barois 1992).	
<i>Balanteodrilus pearsei</i> (N)	Crecimiento, reproducción y mortalidad en suelos arenosos con distinto contenido de materia orgánica (Angeles 1996); contenido de muco intestinal (Trigo <i>et al.</i> 1999).	
<i>Balanteodrilus</i> sp.nov.2 (N)	Crecimiento, reproducción y mortalidad en suelos arenosos con distinto contenido de materia orgánica (Angeles 1996).	
<i>Diptotrema papillata</i> (N)	Crecimiento, reproducción y mortalidad en vertisoles (Barois <i>et al.</i> 1999)	
<i>Eisenia andrei</i> (E)	Crecimiento, reproducción y mortalidad en desechos de pulpa de café y excremento de vaca (Aranda 1998, Arellano 1997, Barois <i>et al.</i> 1999); contenido de muco intestinal (Trigo <i>et al.</i> 1999)	Composición química de excrementos (Irrissón 1995) Efecto de los excrementos en el crecimiento de plántulas de café (Aranda <i>et al.</i> 1999)
Gen.nov.1 sp.nov.1 (N)	Crecimiento, reproducción y mortalidad en vertisoles (Barois <i>et al.</i> 1999); contenido de muco intestinal (Trigo <i>et al.</i> 1999).	Producción de excrementos en diferentes suelos y dinámica de nutrientes y materia orgánica (Hernández 2000)
<i>Peyronix excavatus</i> (E)	Crecimiento, reproducción y mortalidad en desechos de pulpa de café y suelos (Arellano 1997, Barois <i>et al.</i> 1999); contenido de muco intestinal (Trigo <i>et al.</i> 1999).	
<i>Polypheretima elongata</i> (E)	Crecimiento, reproducción y mortalidad en suelos con diferente contenido de materia orgánica (Huerta en prep.); contenido de muco intestinal (Trigo <i>et al.</i> 1999).	Mineralización de N en excrementos (Barois <i>et al.</i> 1999); actividad en la rizosfera de maíz, frijol y pastos (Brown 1999, Brown <i>et al.</i> en prep.) Efecto en el crecimiento y distribución de raíces y de la parte aérea de maíz, frijol y el pasto <i>Brachiaria decumbens</i> (Brown 1999, Brown <i>et al.</i> en prep.)

Especies	Autoecología	Impacto en el suelo y en las plantas
<i>Pontoscolex corethrurus</i> (E)	Crecimiento, reproducción y mortalidad en función de la humedad, la temperatura y la regeneración caudal (Pineda y Hernández 1983, Lavelle <i>et al.</i> 1987, Lozano 1992, Fragoso y Lozano 1992); ecofisiología del intestino en relación con las bacterias (Barois y Lavelle 1986); reproducción y curvas de sobrevivencia con datos de campo (Fragoso 1985); crecimiento, reproducción y mortalidad en suelos rehabilitados (Pérez y Fragoso, en prensa); contenido de muco intestinal (Trigo <i>et al.</i> 1999)	Influencia en la fijación y mineralización del N en el tracto digestivo (Barois <i>et al.</i> 1987); contenido de N y C en excrementos (Fragoso <i>et al.</i> 1993); mineralización de N en excrementos (Barois <i>et al.</i> 1999); efecto en micorrizas (Brown 1999, Brown <i>et al.</i> 2000b); producción de excrementos en diferentes suelos y dinámica de nutrientes y materia orgánica (Hernández 2000); efecto en la dinámica de P (Patrón <i>et al.</i> 1999); actividad en la rizosfera de maíz, frijol y pastos (Brown 1999, Brown <i>et al.</i> en prep.); efecto en las bacterias del suelo (González 1990) Efecto en el crecimiento de maíz en experimentos de campo (Patrón 1993, Brown <i>et al.</i> 1999); efecto en el crecimiento y distribución de raíces y de la parte aérea de maíz, frijol y el pasto <i>Brachiaria decumbens</i> (Brown 1999, Brown <i>et al.</i> en prep.)
<i>Protozapotecia australis</i> (N)	Crecimiento, reproducción y mortalidad en vertisoles (Barois <i>et al.</i> 1999)	Mineralización de N en excrementos (Barois <i>et al.</i> 1999)
<i>Zapatadrilus</i> sp. nov 28 (N)		-Producción de excrementos en campo y contenido de C y N en la fracción pesada (Fragoso <i>et al.</i> 1993)

Con una longitud máxima de 30 cm, se sabe que alcanza la madurez sexual en 5-8 meses, producen entre 19-20 capullos/adulto/año (dependiendo del tamaño) y se reproducen partenogenéticamente. Fragoso *et al.* (1999a) señalan que: **i)** se ha encontrado en 27 países de Asia, Africa, América y Australia, **ii)** tiene un rango de distribución altitudinal de 0 a 1300 msnm y **iii)** aunque se presenta en ambientes naturales principalmente bosques tropicales (28% de los registros), muestra cierta preferencia por los pastizales (36%) y plantaciones de árboles tropicales (18%). En México (Anexo 2), *P. elongata* se limita a ambientes perturbados, con nueve registros en cinco estados. Los estudios llevados a cabo se han enfocado a demostrar su impacto positivo en la mineralización del nitrógeno (Barois *et al.* 1999), en el crecimiento y la producción de semillas, y en la abundancia y biomasa de raíces del frijol (Brown 1999). Recientemente se ha analizado la influencia de la calidad de la materia orgánica sobre sus patrones demográficos (Huerta, com. per.), con miras a obtener poblaciones abundantes y de gran peso en cultivos anuales tropicales.

A pesar de que existen otras 45 especies exóticas en nuestro país (Anexo 2), solamente se han realizado unos pocos estudios con las siguientes especies (Cuadro 3): i) demografía, producción de turrículos y evaluación del efecto positivo de sus excrementos (vermicomposta) sobre el crecimiento de diversas plantas de *Eisenia fetida*, *E. andrei* y *Peryonix excavatus*, especies epigeas exóticas, degradadoras de desechos orgánicos (Martínez 1996, Aranda *et al.* 1999); ii) demografía, producción de turrículos y distribución vertical de las especies epigeas *Amyntas corticis* y *A. gracilis* y la endogea *Octolasion cyaneum*, en cultivos de laboratorio para evaluar la rehabilitación de suelos afectados por industrias cementeras.

Por lo que concierne a las 82 especies nativas, solo se han estudiado las poblaciones de 6 especies especies endogeas-geofagas (meso y polihúmicas) con potencial de manejo en agroecosistemas (Fragoso *et al.* 1999a). Estos estudios incluyen la demografía y producción de turrículos de *Balanteodrilus pearsei*, *B. sp.nov.*, *Diplotrema papillata*, *Protozapotecia australis*, Gen.nov.1 sp.nov.1 y la producción de turrículos de *Zapatadrilus sp.nov.28*.

Manipulación en agroecosistemas

Sobre experimentos de manipulación en agroecosistemas, hasta el momento solo se ha publicado información sobre un experimento de campo llevado a cabo en La Mancha, Veracruz, en donde se evaluó el impacto de *P. corethrurus* en el crecimiento y producción del maíz. Los resultados de este estudio no son del todo conclusivos debido a la invasión de *P. elongata*, especie no controlada durante el experimento (ver Brown *et al.* 1999 para los métodos); si bien la presencia de estas dos especies incrementó 5.9% la biomasa vegetal y la cosecha, no hubo diferencias significativas en la producción de grano después de seis ciclos continuos (Brown *et al.* 1999).

A pesar de la poca experimentación en este importante renglón, los experimentos de campo realizados en otros países con las exóticas *P. corethrurus* y *P. elongata* (Brown *et al.* 1999), dejan abierta la posibilidad futura de su manejo.

Perspectivas futuras

1. Completar inventarios y verificar patrones biogeográficos

A pesar de los numerosos estudios llevados a cabo en nuestro país, resulta claro que todavía estamos lejos de tener completo el inventario de especies. Aún en la región más estudiada de México (el Sureste), existen todavía extensas regiones pobremente exploradas o totalmente desconocidas, tales como la región de los altos y la zona del Soconusco en el estado de Chiapas, las Sierras de Juárez

y de Mihuatlán en el estado de Oaxaca y gran parte de la península de Yucatán. Particularmente pobre es el conocimiento que tenemos de los principales sistemas montañosos del país, incluyendo las Sierras Madre Occidental y Madre Oriental, y el Eje Neovolcánico Transverso (ENT) en su sección occidental. La colecta de lombrices en estas regiones será clave para corroborar los patrones biogeográficos propuestos por Fragoso (1993) y Fragoso *et al.* (1995): **i)** una región norteña (al norte del ENT) caracterizada por la presencia de los géneros derivados *Zapatadrilus*, *Diplocardia*, *Zapotecia* y *Protozapotecia*; **ii)** una región central baja (entre el ENT y el istmo de Tehuantepec) dominada por una sección de especies del género *Ramiellona*; **iii)** una región sureña (al sur del istmo de Tehuantepec, incluyendo El Salvador y Honduras) definida por otra sección de especies de *Ramiellona* y por los géneros *Lavello-drilus*, *Kaxdrilus* y *Mayadrilus*; y **iv)** la región montañosa de la vertiente del pacífico (Sierra Madre Occidental, Sierra Madre del Sur y los sistemas montañosos de Chiapas) caracterizada por el género *Dichogaster*.

Por otro lado es necesario rescatar el conocimiento tradicional en nuestro país sobre estos organismos. En el único estudio llevado a cabo hasta el momento, Ortiz *et al.* (1999), encontraron que los indígenas totonacos, nahuas y popolucas del estado de Veracruz: **i)** no distinguen especies, sino que más bien las agrupan por tipos de habitat y de suelo; **ii)** alrededor de la mitad de los campesinos entrevistados no reconocen un efecto benéfico de las lombrices en el suelo; y **iii)** algunas campesinas utilizan a las lombrices como anticonceptivos.

2. Evaluación del impacto de la conversión de bosques y selvas en agroecosistemas en distintas regiones.

El inventario sobre la fauna de lombrices de tierra de México debe hacerse lo más pronto posible, pues hay evidencias de una pérdida importante de especies nativas (Fragoso *et al.* 1995), aunque hasta la fecha no se tengan estimaciones de la velocidad y gravedad del proceso. Entre estas evidencias tenemos: **i)** Fragoso *et al.* (1997), indican que en el sureste de México la mayor parte de la riqueza regional de especies (40) se concentra en los pocos parches de bosques que quedan, menos 25% de la superficie total de la región, mientras que 15 especies, principalmente exóticas, predominan en pastizales que ocupan más del 50% de la superficie total de la región; **ii)** la conversión de selvas tropicales a pastizales conlleva la pérdida de la mayoría de las especies epígeas nativas y una disminución en la abundancia de las endógeas nativas (Fragoso 1992); **iii)** los cultivos anuales son extremadamente pobres en especies, y cuando llega a haber lombrices éstas son generalmente exóticas (Fragoso 1993); **iv)** en los ambientes templados la pérdida de especies nativas ha sido aparentemente mayor, pues

tanto en los ecosistemas naturales, bosques de pinos y encinos, como en los agroecosistemas derivados, dominan lumbrícidos y megascolecinos exóticos.

Algunos ambientes perturbados pueden mantener la fauna nativa. Por ejemplo, se ha observado que en los acahuales derivados de selvas tropicales en la región de Los Tuxtlas, se mantienen las dos únicas especies epigeas nativas de la selva: *Kaxdriulus sylvicola* y *Ramiellona* sp.nov. 18 (Fragoso 1997), las cuales desaparecen por completo en los pastizales aledaños. También se ha observado que los pastizales tropicales pueden conservar una cierta fauna nativa, aunque la diversidad parece estar inversamente relacionada con el tiempo de uso y el grado de intensificación (Ortiz 2000). La adaptabilidad de este grupo particular de especies a pastizales y su ausencia en los bosques tropicales (e.g. *Diploptrema murchiei*) sugiere adaptaciones obtenidas en el pasado, cuando las sabanas tropicales eran un ambiente más común en el Sureste mexicano (Toledo 1976).

Los patrones anteriores han sido observados en el Sureste de México y no se sabe si estas mismas tendencias se presentarán en otras regiones. Es necesario probar si la hipótesis de Fragoso & Reynolds (1997) sobre una mayor cantidad de lombrices nativas en bosques de regiones templadas con reducido flujo comercial durante la colonia, e.g. Oaxaca, se mantienen en otras regiones. Tampoco sabemos si los pastizales tropicales de zonas más secas (e.g. la vertiente del pacífico) contienen especies nativas.

3. Manejo diversificado de especies nativas y exóticas

Hasta el momento solo se ha manejado el 8% de las especies del país, de las cuales la mayoría son exóticas (8) de amplia plasticidad ambiental. En función de los hábitos tróficos de las especies y del tipo de manipulación, este manejo puede incluir dos grandes modalidades: i) manejo *in situ* de especies endógenas, con el objetivo de aprovechar las galerías y excrementos producidos dentro del suelo para incrementar y/o mantener la fertilidad del suelo, la producción en cultivos de importancia agrícola y la rehabilitación de suelos afectados y, ii) cultivo *ex situ* de especies epigeas degradadoras de desechos orgánicos, con objeto de obtener, a partir de sus excrementos, abono orgánico para su uso en diferentes estrategias de fertilización.

Por ahora se ha utilizado más la modalidad *ex situ* con las especies epigeas *E. andrei* y *E. fetida*, a pesar de que en México predominan las lombrices endógenas. Los métodos de esta modalidad han sido ampliamente difundidos tanto en publicaciones extranjeras (Lofs & Holmin 1985, Ferruzzi 1984, Edwards & Neuhauser 1988) como nacionales (Martínez 1996, Capistrán *et al.* 1999), y se puede decir que los usuarios siguen más o menos la misma técnica de cultivo en camas exteriores. Por otro lado la investigación se ha centrado en probar

diferentes substratos orgánicos, más que en buscar otras especies susceptibles de ser manipuladas (Aranda *et al.* 1999).

La modalidad *in situ* representa una alternativa prometedora, pues además de que se pueden utilizar varias especies (juntas o por separado, exóticas o nativas), se puede desarrollar en diferentes tipos de suelos y para diferentes especies vegetales. Fragoso *et al.* (1999a) al analizar la plasticidad de las especies en diferentes condiciones ambientales y edáficas, reconocen tres categorías de manejo para la técnica *in situ*:

i) Manejo de lombrices exóticas euriecicas de amplia plasticidad climática y edáfica, que se adaptan fácilmente a distintos tipos de suelos tanto en ambientes relativamente secos como muy húmedos. En este grupo se incluye a las mesohúmicas *Pontoscolex corethrurus* y *Polypheretima elongata*, las polihúmicas de amplia distribución en México *Dichogaster bolau* (29 registros en 9 edos.), *D. saliens* (13 regs. en 5 edos.), *D. affinis* (15 regs. en 6 edos.), *Ocnerodrilus occidentalis* (17 regs. en 8 edos.) y las epiendogeas *Amyntas corticis* (20 regs. en 9 edos.) y *A. gracilis* (31 regs. en 8 edos.). El reto para el futuro en nuestro país es incrementar el manejo de las dos primeras especies y comenzar la manipulación de las polihúmicas y las epiendogeas, preferentemente en mezclas de especies.

ii) Manejo de especies con amplia plasticidad edáfica, pero limitadas climáticamente. En México este grupo incluye las siguientes especies nativas de amplia distribución (tanto en ambientes naturales como perturbados): las mesohúmicas *Balanteodrilus pearsei* (35 regs. en 6 estados) y *Protozapotecia australis* (16 regs. en 6 edos.), las polihúmicas *Lavello-drilus parvus* (15 regs. en 3 edos.), *Phoenicodrilus taste* (41 regs. en 12 edos.) y *Diplo-trema murchiei* (16 regs. en 5 edos.).

iii) Manejo de especies nativas con baja plasticidad edáfica y climática, pero que localmente son abundantes e importantes en ciertos tipos de agroecosistemas. Se trata de especies incapaces de sobrevivir en otros tipos de suelos, pero que en su ambiente edáfico habitual pueden mantenerse bajo diferentes clases de cultivos. En México pertenecen a este grupo: *Zapatadrilus* sp.nov.28 (Arteaga 1992, Fragoso *et al.* 1993), *Ramiellona strigosa* y *Zapotecia nova* (Fragoso *et al.* 1999a).

La modalidad de manejo *in situ* ha sido muy exitosa en otros países como la India y Perú. Lavelle *et al.* (1999b) y Senapati *et al.* (1999) señalan que esta tecnología ("in soil technology") se basa primordialmente en el manejo de lombrices endogeas y anecicas que influyen significativamente las propiedades físicas del suelo y que regulan la dinámica de la descomposición de la materia orgánica en el corto y largo plazo. En cultivos de té en la India, la combinación de técnicas de cultivo (elaboración de surcos) con un compostaje de residuos ricos

y pobres en materia orgánica (excremento de vaca y residuos de té, respectivamente) y la inoculación masiva de lombrices nativas, incrementó a tal modo las ganancias netas (hasta en un 260%), que la técnica ha sido patentada. En nuestro país prácticamente no se avanzó en esta tecnología y, las puertas están abiertas para elegir la especie y el sistema de compostaje idóneos para un cultivo determinado.

CONCLUSIONES

El número de especies de lombrices de tierra de México es muy bajo (129), en comparación con otros países tropicales de extensión y heterogeneidad ambiental comparables, *e.g.* India con 385 spp. (Fragoso *et al.* 1999b). La cantidad real de especies debe corresponder al doble de la estimación actual, con un dominio de la fauna nativa. Debido a que la mayoría de los estudios faunísticos, taxonómicos, ecológicos y de manejo han sido realizados en la región más húmeda del país (el Este y Sureste de México), es probable que la mayor cantidad de nuevas especies se encuentren en algunas localidades de esta región aún inexploradas así como en otras regiones húmedas pobremente estudiadas (las montañas del Pacífico, el Altiplano, el Bajío).

Por lo que respecta a la utilización de la oligoquetofauna del país, se han llevado a cabo prácticas de manejo con 10 especies, de las cuales solo dos son nativas. Si bien la práctica de manejo más extendida ha sido la técnica *ex situ* con una especie exótica, las expectativas de la técnica *in situ* son sumamente promisorias, puesto que la fauna de lombrices del país está dominada por endogeas-geófagas y los efectos de esta técnica ocurren tanto en la dinámica de la materia orgánica como en otros procesos edáficos (porosidad, flujo de gases y nutrientes).

Finalmente es conveniente recalcar que la extinción de especies nativas es un fenómeno que probablemente está ocurriendo. Las especies *Dichogaster viridis* y *Dichogaster ribaucourti*, fueron descritas a principios del siglo XX del estado de México y el D.F., respectivamente y no han sido vueltas a encontrar, a pesar de las intensas colectas del autor en numerosas localidades.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo fue posible gracias al apoyo de numerosas instituciones y colegas. En particular agradezco a Antonio Angeles su ayuda en la base de datos y arreglo de la colección de lombrices y a Patricia Rojas y Pedro Reyes-Castillo sus atinadas sugerencias a versiones previas del manuscrito. La CONABIO (proyectos E-009 y L-301) y el Global Environmental Facility Program (GEF, proyecto 904-53) proporcionaron ayuda financiera

que hizo posible realizar este estudio. Este estudio fue realizado en las instalaciones y con apoyo logístico del Departamento Biología de Suelos (902-07) del Instituto de Ecología, A.C.

LITERATURA CITADA

- Angeles, A.** 1996. *Aspectos demográficos e interacciones de dos especies simpátricas de Balanteodrilus (Oligochaeta:Annelida), en una selva costera del estado de Veracruz.* Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología. Universidad Veracruzana. Córdoba, Veracruz. México. Pp. 76
- Aranda, E.** 1988. La utilización de lombrices en la transformación de la pulpa de café en abono orgánico. *Acta Zoologica Mexicana (n.s.)* 27:21-23.
- Aranda, E., I. Barois, P. Arellano, S. Irisson, T. Salazar, J. Rodríguez & J.C. Patrón.** 1999. Vermicomposting in the tropics. Pp:253-287. In: P. Lavelle, L. Brussaard, y P. Hendrix, P. (Eds.): *Earthworm Management in Tropical Agroecosystems.* CAB International. Oxford, UK.
- Arellano, P.** 1997. *Descomposición de la pulpa de café por Eisenia andrei (Bouché 1972) y Perionyx excavatus (Perrier, 1872) (Annelida, Oligochaeta).* Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología. Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz. México. Pp. 84
- Arteaga, C.** 1992. *Sistemática y Ecología de las Lombrices de Tierra (Annelida; Oligochaeta) de la Cuenca Baja del Río Pánuco.* Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad del Noreste. Tampico Tamps. México. Pp. 64.
- Barois, I.** 1992. Mucus production and microbial activity in the gut of two species of *Amyntas* (Megascolecidae) from cold and warm tropical climates. *Soil Biol. Biochem.* 24(12):1507-1510.
- Barois, I. & P. Lavelle.** 1986. Changes in respiration rate and some physicochemical properties of a tropical soil during transit through *Pontoscolex corethrurus* (Glossoscolecidae, Oligochaeta). *Soil Biol. Biochem.* 18(5):539-541.
- Barois, I., P. Lavelle, M. Brossard, J. Tondoh, M.A. Martínez, J. Rossi, B. Senapati, A. Angeles, C. Fragoso, J. Jiménez, T. Decaens, C. Lattaud, J. Kanyonyo, E. Blanchart, L. Chapuis, G. Brown, & A. Moreno.** 1999. Ecology of earthworm species with large environmental tolerance and/or extended distributions. Pp: 57-85. In: P. Lavelle, L. Brussaard, y P. Hendrix, P. (Eds.): *Earthworm Management in Tropical Agroecosystems.* CAB International. Oxford, UK.
- Barois, I., B. Verdier, P. Kaiser, A. Mariotti, P. Rangel & P. Lavelle.** 1987. Influence of the tropical earthworm *Pontoscolex corethrurus* (Glossoscolecidae) on the fixation and mineralization of nitrogen. pp. 151-158 In: A. Bonvincini et P. Omodeo (eds.): *On Earthworms.* Selected Symposia and Monographs, 2. Collana U.Z.I. Mucchi.
- Bouché, M.B.** 1972. Lombriciens de France. Ecologie et Systématique. *Ann. Sol. Ecol. Anim.* Número especial. 72:1-671.
- _____. 1977. Strategies Lombriciennes. *Ecol. Bull.* (Stockholm). 25:122-132.
- Brown, G.** 1999. *Comment les vers de terre influencent la croissance des plantes: Études en serre sur les interactions avec le système racinaire.* Tesis doctoral. Université Paris 6. Paris, France. Pp. 266.

- Brown, G. G., I. Barois & P. Lavelle. 2000a. 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: 1-23.
- Brown, G., B. Pashanasi, C. Villenave, J. Patrón, B. Senapati, S. Giri, I. Barois, P. Lavelle, E. Blanchart, R. Blakemore, A. Spain & J. Boyer. 1999. Effects of earthworms on plant production in the tropics. Pp:87-147. In: P. Lavelle, L. Brussaard, y P. Hendrix, P. (Eds.): *Earthworm Management in Tropical Agroecosystems*. CAB International. Oxford, UK..
- Brown, G.E., D. Trejo & L. Lara. 2000b. Interacción entre lombrices de tierra (*Pontoscolex corethrurus*) y hongos micorrizicos arbusculares en la nutrición y producción del pasto *Brachiaria decumbens*. *Ecología, Fisiología y Biotecnología de la Micorriza Arbuscular*: 16-38.
- Brussaard L., V. Behan-Pelletier, D. Bignell D., V. Brown, W. Didden, P. Folgarait, C. Fragoso, D. Freckman, V.S.R. Gupta, T. Hattori's, D.L. Hawkworth, C. Klopatek, P. Lavelle P., D. Malloch, J.Rusek J., Söderström B., Tiedje J. & R. Virginia. 1997. Biodiversity and Ecosystem functioning in Soil. *Ambio* 26(8): 563-570.
- Capistrán, F., E. Aranda & J.C. Romero. 1999. *Manual de Reciclaje, Compostaje y Lombicompostaje*. Instituto de Ecología A.C., Xalapa, México. Pp.151.
- Cernosvitov, L. 1935. Résultats Zoologiques du Voyage de Mr. Le Dr. J. Storkán au Mexique. Ve. Partie. *Mem. Soc. Zool. Tchechosl.* 3: 80-83.
- Chauvel, A.M., M. Grimaldi, E. Barros, E. Blanchart, T. Desardins, M. Sarrazin & P. Lavelle. 1999. Pasture damage by an Amazonian earthworm. *Nature*. 398:32-33.
- Cognetti, L. 1905. Gli Oligocheti della Regione Neotropicale, I. *Mem. R. Accad. Sc. Torino* 55:1-72.
- . 1906. Gli Oligocheti della Regione Neotropicale, II. *Mem. R. Accad. Sc. Torino* 56:147-262.
- Cruz, E. 1989 *Observaciones preliminares sobre la fecundidad, sobrevivencia y ciclo de vida de la lombriz de tierra Amynthes hawayana (Rosa, 1801), cultivada en estiércol y desechos de plátano*. Tesis de Licenciatura Fac. de Biología, Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz.
- Csuzdi, C. 1995. A catalogue of Benhamiinae species. *Ann. Naturhist. Mus. Wien* 97: 99-123.
- Csuzdi, C. & A. Zicsi. 1991. Über tie verbreitung neuer und bekannter *Dichogaster* und *Entrigaster* arten aus mittel-und südamerika (Oligochaeta, Octochaetidae). Regenwürmer aus Südamerika 15. *Acta Zoologica Hungarica* 37(3-4):177-192.
- De la Cruz, Y. 1999. *Influencia de la humedad, el ganado y los árboles sobre la diversidad, actividad y abundancia de las lombrices de tierra en potreros de La Mancha, Veracruz*. Tesis de Licenciatura. Fac. de Biología. Universidad Veracruzana. Xalapa, Ver. Pp. 68
- Edwards C.A. 1998. *Earthworm Ecology*. Soil and Water Conservation Society. St. Lucie Press. Boca Raton Fl. USA.
- Edwards C.A. & P.J. Bohlen. 1996. *Biology and Ecology of Earthworms*. Third Edition. Chapman and Hall. Suffolk, Great Britain.
- Edwards C.A. & E.F. Neuhaser. 1988. *Earthworms in waste and environmental management*. SPB. Academic Publishing, The Hague, The Netherlands. Pp. 392

- Eisen, G.** 1893a. Anatomical studies on new species of *Ocnerodrilus*. *Proc. Calif. Acad. Sci.* ser.2(3):228-318.
- . 1893b. On the anatomical structures of two species of *Kerria*. *Proc. Calif. of the Academy of Sciences* ser. 2(3): 292-333.
- . 1895. Pacific Coast Oligochaeta I. *Mem. Calif. Acad. Sci.* 2(4):63-122.
- . 1896. Pacific Coast Oligochaeta II. *Mem. Calif. Acad. Sci.* 2 (5): 123-198.
- . 1900. Researches in the American Oligochaeta, with special reference to those of the Pacific coast and adjacent islands. *Proc. Calif. Acad. Sc.* 2(3):85-276.
- Ferruzzi C.** 1984. *Manual del Lombricultore*. Edagricola. Officine Grafiche Calderini. Bologna, Italia. Pp.121.
- Fragoso, C.** 1985. *Ecología general de las lombrices terrestres (Oligochaeta: Annelida) de la región Boca del Chajul, Selva Lacandona, Estado de Chiapas*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México, México. 133 pp.
- . 1988. Sistemática y ecología de un género nuevo de lombriz de tierra (Acanthodrilini: Oligochaeta) de la Selva Lacandona, Chiapas, México. *Acta Zool Mex.(n.s.)* 25:1-39.
- . 1989. Las lombrices de tierra de la Reserva El Cielo. Aspectos ecológicos y sistemáticos. *Biotam* 1(1): 38-44.
- . 1990. Las lombrices de tierra (Oligochaeta, Annelida) de la península de Yucatán. Pp. 151-154. In: J.G. Robinson y D. Navarro (Eds): *Diversidad Biológica en Sian Ka'an, Quintana Roo, México*. Centro de Investigaciones de Quintana Roo. Program for studies in tropical conservation. University of Florida.
- . 1991. Two new species of the earthworm genus *Lavello-drilus* (Oligochaeta, Acanthodrilini) from tropical mexican rain forests. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*. 26(2): 83-91.
- . 1992. Las lombrices terrestres de la Selva Lacandona, Ecología y Potencial Práctico. Pp. 101-118 In: M.A. Vásquez-Sánchez y M.A. Ramos (Eds.). *Reserva de la Biosfera Montes Azules, Selva Lacandona: Investigación para su uso*. Publ. Esp. Ecósfera 1.
- . 1993. *Les peuplements de vers de terre dans l'est et sud'est du Mexique*. Tesis doctoral. Université Paris 6. Paris, France. 225 pp.
- . 1997. Annelida (Oligochaeta). Pp:395-399. In: E. González, R. Dirzo y R. Vogt (Eds.) *Historia Natural de Los Tuxtlas*. UNAM-CONABIO. México.
- . (en prensa). Las lombrices de tierra de la Reserva de la Biosfera El Cielo: listado actualizado por tipos de vegetación y claves para su identificación. In: G. Sánchez, P. Reyes-Castillo y R. Dirzo (Eds.): *Historia Natural de la Reserva de la Biósfera El Cielo*. UAT, CONABIO.
- Fragoso, C., I. Barois, C. González, C. Arteaga & J.C. Patrón.** 1993. Relationship between earthworms and soil organic matter levels in natural and managed ecosystems in the Mexican tropics. Pp.231-239. In: K. Mulongoy and R. Merckx (eds.): *Soil Organic Matter Dynamics and Sustainability of Tropical Agriculture*. Wiley-Sayce Co-Publication.
- Fragoso, C., G. Brown, J.C. Patrón, E. Blanchart, P. Lavelle, B. Pashanasi, B. Senapati & T. Kumar.** 1997. Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function in the tropics: the role of earthworms. *Applied Soil Ecology*. 6: 17-35.

- Fragoso, C. & M. García Rendón.** 1987. Las lombrices terrestres de México: un grupo poco estudiado. Resúmenes del IX Congreso Nacional de Zoología, Villahermosa, Tabasco. 13-16 Octubre. R. 266.
- Fragoso, C., S. James & S. Borges.** 1995. Native earthworms of the North Neotropical Region: Current status and Controversies. Pp. 67-115 *In:* Hendrix, P.F. (Ed.) *Earthworm Ecology and Biogeography in North America*. Lewis Publishers. Florida USA. Pp. 244.
- Fragoso, C., J. Kanyonyo, A. Moreno, B. Senapati, E. Blanchart & C. Rodríguez.** 1999a. A Survey of Tropical Earthworms: Taxonomy, Biogeography and Environmental Plasticity. Pp.1-26. *In:* P. Lavelle, L. Brussaard, y P. Hendrix, P. (Eds.): *Earthworm Management in Tropical Agroecosystems.*. CAB International. Oxford, UK.
- Fragoso, C. & P. Lavelle.** 1987. The earthworm community of a mexican tropical rain forest (Chajul, Chiapas). Pp.281-295. *In:* A.M. Bonvicini y P. Omodeo (Eds). *On Earthworms. Selected Symposia and Monographs U.Z.I.*, 2, Mucchi, Modena, Italy.
- . 1992. Earthworm communities of tropical rain forests. *Soil Biology and Biochemistry*. 24:1397-1408.
- Fragoso, C., P. Lavelle, E. Blanchart, B. Senapati, J.J. Jiménez, M.A. Martínez, T. Decaens & J. Tondoh.** 1999b. Earthworm Communities of Tropical Agroecosystems: Origin, Structure and Influence of Management Practices. Pp. 27-55. *In:* P. Lavelle, L. Brussaard, y P. Hendrix, P. (Eds.): *Earthworm Management in Tropical Agroecosystems.*. CAB International. Oxford, UK.
- Fragoso C. & N. Lozano.** 1992. Resource allocation strategies imposed by caudal amputation and soil moisture in the tropical earthworm *Pontoscolex corethrurus*. *Soil Biology and Biochemistry*. 24(12):1237-1240.
- Fragoso, C. & J.W. Reynolds.** 1997. On some earthworms from central and southeastern Mexican mountains, including two new species of the genus *Dichogaster* (Dichogastrini). *Megadrilogica*. 7(2): 9-19.
- Fragoso, C. & P. Rojas.** 1994. Earthworms from southeastern Mexico. New acanthodriline genera and species (Megascolecidae, Oligochaeta). *Megadrilogica* 6(1):1-12
- . 1996. Earthworms inhabiting bromeliads in Mexican tropical rain forests: ecological and historical determinants. *Journal of Tropical Ecology*. 12: 729-734
- . 1997. Size shift in the mexican earthworm species *Balanteodrilus pearsei* (Megascolecidae, Acanthodrilini): a possible case of character displacement. *Soil Biology and Biochemistry*. 29(3/4): 237-240.
- Freckman D.W., T. H. Blackburn, L. Brussaard, P. Hutchings, M. A. Palmer & P.V.R. Snelgrove** 1997. Linking Biodiversity and Ecosystem Functioning of Soils and Sediments. *Ambio* 26(8): 556-561.
- Gates, G. E.** 1942. Checklist and bibliography of North American earthworms. *Amer. Midd. Nat.* 27:86-108.
- . 1954. Exotic earthworms in the United States. *Bull. Mus. Comp. Zool. Harvard* 111(6): 220-258.
- . 1955. Notes on Several Species of the earthworm genus *Diplocardia* Garman 1888. *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology*. 113(3): 229-259.
- . 1962. On some earthworms of Eisen's collections. *Proc. Calif. Acad. Sci.* 4(31):185-225.

- . 1967. On a new species of earthworm from a Mexican cave. *Internatl. Jour. Speleol.* 3:63-70.
- . 1970a. On some exotic earthworms from Mexico. *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.* 31:281-287.
- . 1970b. On a new species of earthworm from another Mexican cave. *Southwest. Nat.* 15(2):261-273.
- . 1971. On some earthworms from Mexican caves. *Asoc. Mex. Cave Stud. Bull.* 4:3-8.
- . 1972. Burmese earthworms. An introduction to the systematics and biology of megadrile oligochaetes with special reference to southeast Asia. *Trans. Amer. Philos. Soc. (n.s.)* 62(7):1-326.
- . 1973a. On more earthworms from Mexican caves. *Asoc. Mex. Cave Stud. Bull.* 5:21-24.
- . 1973b. Contributions to a revision of the earthworm family Ocneroдрilidae. IX. What is *Ocneroдрilus occidentalis*?. *Bull. Tall. Timbers Res. Sta.* 14:13-38.
- . 1973c. Contributions to a revision of the earthworm family Glossoscolecidae. I. *Pontoscolex corethrurus* (Muller 1957). *Bull. Tall. Timbers Res. Sta.* 14:1-12
- . 1977a. On some earthworms from North American caves. In: Studies on the caves and cave fauna of the Yucatan Peninsula. *Assoc. Mexican Cave Stud. Bull.* 6:1-4.
- . 1977b. La faune terrestre de l'île de Saint-Helene. 1. Oligochaeta. *Mus. R. Afr. Cen. Ann. Belgique. Ser. In 8 . Sc. Zool.* 220:469-491.
- . 1978. On a new species of octochaetid earthworms from Mexico. *Proc. Biol. Soc. Wash.* 91(2):439-443.
- . 1982. Farewell to North American megadriles. *Megadrilologica* 4(1-2):12-77.
- González C.L.** 1990. *Determinación de la influencia de Pontoscolex corethrurus (Oligochaeta) sobre las poblaciones microbianas presentes en un sembradio de maíz de la región de Gómez Farias, Tamaulipas.* Tesis de Licenciatura. ENEP Iztacala. Universidad Nacional Autónoma de México, México. Pp. 108
- Groffman & P. Bohlen.** 1999. Soil and sediment biodiversity: Cross-system comparisons and large scale effects. *BioScience* 49(2): 139-148.
- Hagvar** 1998. The relevance of the Rio-Conservation on biodiversity to conserving the biodiversity of soils." *Applied Soil Ecology* 9: 1-7.
- Hernández, B.C.** 2000. *Modificaciones químicas de cuatro suelos de diferentes localidades de Veracruz, por dos especies de lombrices (Pontoscolex corethrurus y Glossoscolecidae sp.)* Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana. Fac. de Química Farm. y Biól. México. Pp. 84
- Hendrix, P.F.** 1995. *Earthworm ecology and biogeography in North America.* Lewis Publishers. Florida USA. pp. 244
- Irissón N. S.** 1995. *Calidad del abono y de la lombriz de tierra resultantes del lombricompostaje de la pulpa de café.* Tesis de Licenciatura. Facultad de Química, Universidad Veracruzana. Xalapa, Ver. México. Pp.
- James, S.W.** 1990. *Diploptrema munchiei* and *D. papillata* new earthworms (Oligochaeta: Megascolecidae) from Mexico. *Acta Zoologica Mexicana (n.s.)* 38:18-27

- . 1993. New acanthodriline earthworms from Mexico (Oligochaeta: Megascolecidae). *Acta Zoologica Mexicana (n.s.)* 60: 1-21
- Jamieson, G. M.** 1971a. A review of the Megascolecoid earthworm genera (Oligochaeta) of Australia. Part I. Reclassification and checklist of the Megascolecoid genera of the world. *Proc. R. Soc. Qd.*, 82: 75-86.
- . 1971b. A review of the Megascolecoid earthworm genera (Oligochaseta) of Australia. Part. II. The subfamilies Ocnodrilinae and Acanthodrilinae. *Proc. R. Soc. Qd.*, 82: 95-108.
- . 1981. Historical biogeography of Australian Oligochaeta. Pp: 889-921. In: A. Keast (ed): *Ecological Biogeography of Australia*. W. Junk. Publishers, The Hague, The Netherlands.
- . 1988. On the phylogeny and higher classification of the Oligochaeta. *Cladistics* 4:367-400.
- Juárez R. D.** 2000. *Patrones de la macrofauna y mesofauna edáficas en agroecosistemas cafetaleros con distinto grado de intensificación agrícola*. Tesis de maestría. Posgrado en Ecología y Manejo de Recursos Naturales. Instituto de Ecología. Xalapa, Ver. México. P.p.
- Lavelle P.** 1983. The soil fauna of tropical savannas. II. The earthworms. pp.485-504. In: F. Bourliere (ed.): *Tropical Savannas*. Elsevier.
- . 1988. Earthworm activities and the soil system. *Biology and Fertility of Soils*. 6:237-251.
- . 1994. Faunal activities and soil processes: Adaptive strategies that determine ecosystems function. pp: 189-220. In: Transactions of the 15th World Congress of soil Science. Volume 1: Inaugural and state of the art conferences.
- Lavelle P., I. Barois, I. Cruz, C. Fragoso, A. Hernandez, A. Pineda, & P. Rangel.** 1987. Adaptive strategies of *Pontoscolex corethurus* (Glossoscolecidae, Oligochaeta) a peregrin geophagus earthworm of the humid tropics. *Biol Fertil Soils* 5:188-194.
- Lavelle, P. Barois I., Blanchart E., Brown G., Brussard L., Decaens T., Fragoso C., Jiménez J., Kanyonyo J., Martínez M., Moreno A., Pashanasi B., Senapati B. And C. Villaneve.** 1998. Earthworms as a resource in tropical agroecosystems. *Nature and Resources*, 34(1): 26-41.
- Lavelle, P., D. Bignell, M. Lepage, V. Wolters, P. Roger, P. Ineson, O.W. Heal & S. Dhillon** 1997. Soil function in a changing world: the role of invertebrate ecosystem engineers. *Eur. J. Soil Biol.* 33(4): 159-193.
- Lavelle P., L. Brussaard, y P. Hendrix.** (Eds.)1999. *Earthworm Management in Tropical Agroecosystems*. CAB International. Oxford, UK. Pp.300.
- Lavelle P. & B. Kolhmann.** 1984. Etude quantitative de la macrofaune du sol dans une forêt tropicale mexicaine (Bonampak, Chiapas). *Pedobiología* 27:377-393.
- Lavelle, P., M. Maury & V. Serrano.** 1981. Estudio cuantitativo de la fauna del suelo en la región de Laguna Verde, Veracruz. Epoca de lluvias. In: P. Reyes-Castillo (ed.): *Estudios ecológicos en el trópico mexicano*. Inst. Ecol. Publ. 6:65-100.
- Lee K.E.** 1985. *Earthworms. Their ecology and relationships with soils and land use*. Academic Press, London. pp. 411
- Lofs-Holmin, A.** 1985. *Vermiculture*. Uppsala, Sweden, Swedish University of Agricultural Sciences.

- Lozano, N.** 1992. *Efecto de la amputación caudal sobre el crecimiento, reproducción y regeneración de la lombriz de tierra Pontoscolex corethrurus (Oligochaeta Glossoscolecidae)*. Tesis de Licenciatura. Fac. de Ciencias. UNAM, México, D.F. Pp.
- Martínez, C.C.** 1996. *Potencial de la Lombricultura, Elementos básicos para su desarrollo*. Lombricultura Técnica Mexicana, México. Pp. 140
- Michaelsen, W.** 1899. Die Lumbriciden-fauna Nordamerikas. *Abh. Nat. Ver. Hamburg*. 16:1-22
- . 1900. Oligochaeta. In: *Das tierreich*. 10:XXIX 557 pages. Berlin. R. Friedländer & Sohn.
- . 1910. Oligochäeten von verschiedenen Gebieten. *Mitt. Mus. Hamburg* 27: 47-169.
- . 1923. Oligochäten von den wärmeren Gebieten Amerikas und des Atlantischen Ozeans. sowie ihre faunistischen Beziehungen. *Mitt. Mus. Hamburg*. 41:71-83.
- Omodeo, P.** 2000. Evolution and biogeography of megadriles (Annelida, Clitellata). *Ital. J. Zool.* 67(2): 179-201.
- Ordaz, C. M., I. Barois & A. S. Aguilar.** 1996. Fauna del suelo de la sabana de Huimanguillo alterada por cambios en el uso de la tierra. *Terra*. 14(4): 387-393.
- Ortiz, B. E.** 2000. *Ganadería bovina, biodiversidad de suelos y sustentabilidad en el trópico Veracruzano*. Tesis doctoral. Posgrado en Ecología y Manejo de Recursos Naturales. Instituto de Ecología. Xalapa, Ver. México. Pp. 249.
- Ortiz, B., C. Fragoso, I. M'boukou, B. Pashansi, B. Senapati, & A. Contreras.** 1999. Perception and use of earthworms in tropical farming systems. Pp: 239-251. In: P. Lavelle, L. Brussaard, y P. Hendrix, P. (Eds.): *Earthworm Management in Tropical Agroecosystems*. CAB International. Oxford, UK.
- Patrón C.J.** 1993. *Estudio de una población introducida de lombrices Pontoscolex corethrurus (Oligochaeta) bajo diferentes tratamientos asociados al cultivo de maíz*. Tesis de Licenciatura Fac de Agronomía. Universidad Autónoma de Tamaulipas, Cd. Mante, Tamps. México. Pp. 53.
- Patrón, J.C., P. Sánchez, G.G. Brown, M. Brossard, I. Barois & C. Gutiérrez** 1999. Phosphorus in soil and *Brachiaria decumbens* plants as affected by the geophagous earthworm *Pontoscolex corethrurus* and P fertilization. *Pedobiologia* 43(6): 547-556
- Pérez J. & C. Fragoso** (en prensa). Growth, reproduction and activity of earthworms in degraded and amended tropical open mined soils: laboratory assays. *Applied Soil Ecology*.
- Pickford, E.** 1938. Earthworms in Yucatan Caves. *Publ. Carnegie Inst., Washi.* 491:71-100.
- Pineda, A.A & J.A. Hernández.** 1983. *Efecto de la temperatura sobre el crecimiento, consumo de tierra y fecundidad de la lombriz de tierra Pontoscolex corethrurus Müller 1857 (Oligoqueto Glossoscolecidae)*. Tesis de Licenciatura. ENEP Iztacala Universidad Nacional Autónoma de México, México. Pp. 56.
- Reynolds, J.** 1994. Earthworms of the world. *Global Biodiversity*. 4: 11-16.
- Rodríguez A. M.** 1998. *Evaluación y diagnóstico de la macrofauna y mesofauna edáficas de suelos restaurados por Apasco en el cerro Buenavista, Ver.* Tesis de Maestría. Posgrado en Ecología y Manejo de Recursos Naturales. INECOL. Xalapa, Ver. México. Pp.
- Rodríguez, C.** 1999a. Nuevas citas y lista de especies de oligoquetos (Annelida) colectadas en el estado de Quintana Roo, México. *Caribbean Journal of Science*. 35(1-2):155-158

- . 1999b. *Lombrices de tierra (Oligochaeta: Haplotaxida y Moniligastrida) de Cuba*. Tesis doctoral. Universidad de la Habana, Fac. de Biología. La Habana, Cuba. Pp. 90
- Righi, G. 1972. On some earthworms from Central America (Oligochaeta). *Stud. Neotrop. Fauna*. 7:207-228.
- Rojas, P. & C. Frago. 1994. Fauna de Suelos del estado de Veracruz: hormigas y lombrices de tierra en ecosistemas naturales y perturbados. Pp: 59-74. In: C.A. González y R.A. Gonzáles (Eds): *Problemática Ambiental en el estado de Veracruz. Recursos Faunísticos*. Colegio Profesional de Biólogos del Edo. de Veracruz.
- Rosa, D. 1893. Revisione dei Lumbricidi. *Mem. R. Acad. Sci. Torino* 43: 3-80
- . 1891. Die exotischen terricolen des K.K. naturhistorischen Hofmuseums. *Ann. Hofmus. Wien*, 6: 379-406.
- Satchell J.E. 1983. *Earthworm ecology: From Darwin to Vermiculture*. Chapman and Hall, London. pp. 495.
- Senapati B. K., P. Lavelle, S. Giri, B. Pashanasi, J. Alegre, T. Decaens, J. Jiménez, A. Albrecht, E. Blanchart, M. Mahieux, L. Rousseaux, R. Thomas, P.K. Panigrahi & M. Venkatachalam. 1999. In-soil earthworm technologies for tropical agroecosystems. Pp: 199-237. In: P. Lavelle, L. Brussaard, y P. Hendrix, P. (Eds.): *Earthworm Management in Tropical Agroecosystems*. CAB Int.. Oxford, UK.
- Toledo, M. 1976. *Los cambios climáticos del pleistoceno y sus efectos sobre la vegetación tropical cálida y húmeda de México*. Tesis Maestría. Fac. de Ciencias UNAM. México, pp. 73.
- Trigo, D., I. Barois, M. Garvín, E. Huerta, S. Irisson & P. Lavelle. 1999. Mutualism between earthworms and soil microflora. *Pedobiologia*, 43:866-873
- Zicsi, A. & C.S. Csuzdi. 1991. Der erste Wiederfund von *Zapotecia amecamecae* Eisen, 1900 aus Mexiko. (Oligochaeta: Acanthodrilidae). *Miscellanea Zoologica Hungarica* 6:31-34.

Recibido: 3 de septiembre 2001

Aceptado: 12 de octubre 2001

Anexo 1

Lombrices de tierra nativas de México. Categoría ecológica (en = endogea, ep = epigea, m = mesohúmica, p = polihúmica, h = hidrófila) y distribución por estado (en paréntesis número de registros; en negritas estados con nuevos registros), vegetación y ambiente (S = suelo, TD = tronco en descomposición, DO = desechos orgánicos, B = bromelias). ☉ = Registros sin localidad. Los sinónimos se presentan únicamente cuando corresponden a especies descritas o citadas para México.

Familia Glossoscolecidae			
Especie	Estados	Vegetación, ambiente y categoría ecológica.	Referencias
Gen nov1. sp nov1	VER(3)	Sabanas arbustivas. pastizales (S) (en)	Fragoso <i>et al.</i> 1999a, Hernandez 2000, este estudio
<i>Martiodrilus</i> sp2	VER(1)	Sabanas (S) (en)	Este estudio

Familia Megascolecidae, Subfamilia Acanthodrilinae			
Especie	Estados	Vegetación, ambiente y categoría ecológica.	Referencias
<i>Balanteodrilus pearsei</i> Pickford, 1938	CAM(3), CHIS(5), QROO(4), TAB(7), VER(14), YUC(2).	Selvas alta, mediana, baja, acahuales, maizales, solares, pastizales, basura orgánica. ambientes riparios, cuevas (S) (en)	Pickford 1938, Gates 1977a, Fragoso & Lavelle 1987, Fragoso 1990, 1992, 1993, Fragoso <i>et al.</i> 1995, 1999a, Fragoso & Rojas 1997, Arteaga 1992, Rodriguez 1999, Angeles 1996, De la Cruz 1999, Ortiz 2000
<i>Balanteodrilus</i> sp.nov2	VER(3)	Selva mediana, pastizal, platanar (S) (en)	Fragoso & Rojas 1997 Angeles 1996, De la Cruz 1999, Ortiz 2000
<i>Balanteodrilus</i> sp.nov3	VER(1)	Selva mediana (S) (en)	Fragoso & Rojas 1997
<i>Diplocardia alba</i> Gates 1943	☉	(S) (en)	Gates 1955
<i>Diplocardia invecta</i> Gates 1955	☉	(S) (en)	Gates 1955
<i>Diplocardia keyesi</i> (Eisen 1896)	BCS(1)	Ambientes riparios (S) (en)	Eisen 1896. 1900, Fragoso <i>et al.</i> 1995
<i>Diplocardia</i> sp.nov4	VER(1)	Pastizales (S) (en)	Fragoso <i>et al.</i> 1999a este estudio
<i>Diplocardia</i> sp.nov5	TAMPS(1), VER(1)	Selva baja, acahual, maizal, cañaveral, plantación de árboles, solar, ambientes riparios (S) (en)	Fragoso <i>et al.</i> 1999a este estudio
<i>Diplocardia</i> sp3	TAMPS(1)	Cañaveral (S) (en)	Fragoso <i>et al.</i> 1999a. este estudio
<i>Diplocardia</i> sp4	VER(1)	Pastizal (S) (en)	Este estudio
<i>Diploptrema albidus</i> (Gates 1970)	TAMPS(1)	Cueva (S) (en)	Gates 1970b, 1973a

Especie	Estados	Vegetación, ambiente y categoría ecológica.	Referencias
<i>Diploptrema mexicana</i> (Gates 1967)	SLP(1)	Cueva (S) (en)	Gates 1967, 1971
<i>Diploptrema murchiei</i> James 1990	CAM(4), CHIS(1), TAB(1), TAMPS(1), VER(9)	Selvas alta, mediana, baja, sabanas, acahuales, solares, potreros, maizales, amb. riparios, veg. ruderal (S) (en)	James 1990, Arleaga 1992, Frago 1993, Frago et al. 1995, 1999a, De la Cruz 1999
<i>Diploptrema oxcutzcabensis</i> (Pickford 1938)	QROO(2), YUC(2)	Selvas alta, mediana, baja, cuevas (S) (en)	Pickford 1938, Rodríguez 1999
<i>Diploptrema papillata</i> James 1990	VER(6)	Sabana, vainillal, veg. ruderal (S) (en)	James 1990, Frago et al. 1999a
<i>Diploptrema</i> sp.nov6	CHIS(1)	Bosque mesófilo (S) (en)	Este estudio
<i>Diploptrema</i> sp.nov7	CHIS(1)	Selva alta (S) (en)	Este estudio
<i>Diploptrema</i> sp.nov8	CAM(1)	Acahual selva alta, maizales, solares (S) (en)	Este estudio
<i>Diploptrema vasilii</i> (Eisen 1896)	NAY(1)	Selva (S) (en-p)	Eisen 1896
<i>Diploptrema zilchi</i> (Graff 1957)	OAX(2)	Bosque de pino-encino (S) (en-p)	Frago 1993
<i>Kaxdriilus parvus</i> Frago y Rojas 1994	CHIS(2), VER(1)	Selva alta, bosque de pino-encino, bosque mesófilo (S) (en-p)	Frago & Rojas 1994, Frago 1997
<i>Kaxdriilus proboscithecus</i> Frago y Rojas 1994	CHIS(1)	Bosque mesófilo, acahual (S) (ep)	Frago & Rojas 1994
<i>Kaxdriilus sylvicola</i> Frago y Rojas 1994	CHIS(3), VER(6)	Selva alta, bosque de pino-encino, bosque mesófilo, bosque enano de montaña, acahual (S) (ep)	Frago & Lavelle 1987, Frago 1992, 1997, Frago & Rojas 1994
<i>Larsonidriilus microscolecinus</i> James 1993	TAMPS(1), VER(4)	Selva mediana, pastizal, vegetación ruderal, solares (S) (en-p)	James 1993, Frago et al. 1999a, Frago en prensa
<i>Larsonidriilus orbiculatus</i> James 1993	CHIS(1), TAB(1), VER(3)	Sabanas, pastizales, ambientes riparios (S) (en)	James 1993, Frago et al. 1999a, este estudio
<i>Lavellodriilus bonampakensis</i> Frago 1991	CHIS(1)	Selva alta (S) (en-a)	Frago 1991, 1992, 1993
<i>Lavellodriilus ilikus</i> Frago 1991	CHIS(2), TAB(1)	Selva alta (S) (en-a)	Frago & Lavelle 1987, Frago 1991, 1992, 1993
<i>Lavellodriilus maya</i> Frago 1988	CHIS(2), TAB(3)	Selvas altas, cacaotales, pastizales, desechos orgánicos (S) (en-h)	Frago y Lavelle 1987, Frago 1988, 1992, 1993, Frago et al. 1999a

Especie	Estados	Vegetación, ambiente y categoría ecológica	Referencias
<i>Lavelloedrillus parvus</i> Fragoso 1988	CHIS(3), TAB(1), VER(11)	Selvas alta, mediana, bosques mesófilo y pino-encino, acahual, cacotales, pastizales, maizales (S) (en-p)	Fragoso & Lavelle 1987, Fragoso 1988, 1992, 1993, 1997, Fragoso et al. 1995, 1999a
<i>Lavelloedrillus riparius</i> Fragoso 1988	CHIS(3), VER(2)	Selva alta, pastizales, ambientes riparios (S) (en-h)	Fragoso & Lavelle 1987, Fragoso 1988, 1992, 1993, Fragoso et al. 1999a
<i>Lavelloedrillus</i> spnov.9	CHIS(2)	Selva alta, ambientes riparios (S) (en-h)	Este estudio
<i>Mayadrillus calakmulensis</i> Fragoso y Rojas 1994	CAM(3)	Selva mediana, selva baja, acahual (S) (en-m)	Fragoso & Rojas 1994, este estudio
<i>Mayadrillus rombki</i> Fragoso y Rojas 1994	CAM(4)	Selva alta, selva mediana, maizal, chilar, solar (S) (en-m)	Fragoso & Rojas 1994, Fragoso et al. 1999a
<i>Protozapotecia aquiionalis</i> James 1993	MEX(1), MICH(2), VER(2)	Bosques de abeto, pino, encino, pastizales de altura (S) (en-p)	James 1993, Fragoso & Reynolds 1997
<i>Protozapotecia australis</i> James 1993	DF(1), MICH(1), TAMPS(3), VER(11)	Selva mediana, bosque mesófilo, bosque pino-encino, acahual, pastizal, maizales, platanar (S) (en-p)	Lavelle et al. 1981, James 1993, Fragoso 1989, 1993, este estudio
<i>Protozapotecia koebeli</i> Eisen 1900	MOR(1)	Bosque de pino (S) (en-p)	Eisen 1900
<i>Protozapotecia</i> spnov10	VER(1)	Vegetación riparia (S) (en-p)	Arteaga 1992
<i>Zapotecia amecameca</i> Eisen 1900	MEX(2), VER(3)	Bosques de pino, encino, acahual (S) (en-m)	Eisen 1900, Zicsi & Csuzdi 1991, Fragoso et al. 1999a
<i>Zapotecia nova</i> James 1993	MEX(1), VER(2)	Bosque, acahual selva mediana, pastizales (S) (en-p)	James 1993, Fragoso et al. 1999a, Ortiz 2000
<i>Zapotecia</i> sp.	VER(3)	Selva mediana, acahual, pastizal (S) (en-m)	Fragoso et al. 1999a, Ortiz 2000
Familia Megascolecidae, Subfamilia Megascolecinae, Tribu Dichogastrini			
<i>Dichogaster eiseni</i> (Csuzdi y Zicsi 1991)	DF(1), JAL(1), MEX(1)	Bosques de abeto, encino (S) (ep)	Csuzdi & Zicsi 1991, Fragoso & Reynolds 1997, este estudio
<i>Dichogaster jaliscensis</i> Fragoso 1997	JAL(2)	Bosque de encinos (S) (ep)	Fragoso & Reynolds 1997
<i>Dichogaster michoacana</i> Fragoso 1997	MICH(3)	Bosques de abeto, pino (S) (ep)	Fragoso & Reynolds 1997
<i>Dichogaster ribaucourti</i> Eisen 1900	DF(1)	Bosques (S) (ep)	Eisen 1900
<i>Dichogaster sporadonephra</i> Cognetti 1905	CHIS(2)	Selva alta (B, TD) (ep)	Lavelle & Kohlmann 1984, Fragoso & Lavelle 1987, Fragoso 1992, Fragoso & Rojas 1996
<i>Dichogaster</i> sp1	OAX(1)	Bosque de pino (S) (ep)	Fragoso 1993, este estudio

Especie	Estados	Vegetación, ambiente y categoría ecológica.	Referencias
<i>Dichogaster</i> sp2	CHIS(2)	Bosques mesófilo y pino-encino (B, S)(ep)	Este estudio
<i>Dichogaster</i> spnov32	MICH(2)	Bosques de pino (S)(ep)	Este estudio
<i>Dichogaster</i> spnov11	MICH(2)	Bosques de pino (S)(ep)	Este estudio
<i>Dichogaster viridis</i> (Eisen 1900) (= <i>Dichogaster paessleri</i> Michaelsen 1910)	COL(1), MEX(1)	Bosques de pino (S)(ep)	Eisen 1900, Michaelsen 1910
<i>Eutrigaster lineri</i> (Righi 1972)	GRO(1)	Bosque de pino-encino (S)(ep)	Righi 1972
<i>Ramiellona irpex</i> (Michaelsen 1911)	CHIS(1)	(en-m)	Michaelsen 1923
<i>Ramiellona lavellei</i> Gates 1978	CHIS(2)	Bosques de pino-encino, mesófilo (S)(en-m)	Gates 1978, Fragoso 1993
<i>Ramiellona mexicana</i> Gates 1962	OAX(1), VER(2)	Selva alta, bosque mesofilo (S)(en-m)	Gates 1962, Fragoso 1993, 1997
<i>Ramiellona</i> spnov12	CHIS(3), TAB(1)	Pastizal, ambientes riparios (S)(en-m)	Fragoso & Lavelle 1987, Fragoso 1992, 1993
<i>Ramiellona</i> spnov13	CHIS(2)	Bosques de pino-encino, mesófilo (S)(en-p)	Fragoso 1993, este estudio
<i>Ramiellona</i> spnov14	CHIS(1)	Bosque mesófilo (S)(en-m)	Fragoso 1993
<i>Ramiellona</i> spnov15	VER(3)	Selva alta, bosque enano de montaña, acahual (S)(en-p)	Fragoso 1993, 1997, Fragoso <i>et al.</i> 1999a
<i>Ramiellona</i> spnov16	OAX(1), VER(4)	Selva alta, bosque mesófilo, bosque de pino, acahual, solar, pastizal (S) (en-p)	Fragoso 1993, 1997, Fragoso <i>et al.</i> 1999a
<i>Ramiellona</i> spnov17	VER(1)	Selva alta (S)(en-p)	Fragoso 1993, 1997
<i>Ramiellona</i> spnov18	OAX(1), VER(2)	Selva alta, bosque mesófilo, acahual(S) (ep)	Fragoso 1993, 1997, Fragoso <i>et al.</i> 1999a
<i>Ramiellona</i> spnov19	OAX(4), VER(1)	Bosque de pino-encino, platanares (S)(en-m)	Fragoso 1993, Fragoso <i>et al.</i> 1999a
<i>Ramiellona</i> spnov21	CHIS(1)	Selva mediana (S)(en-m)	Fragoso 1993
<i>Ramiellona</i> spnov22	CHIS(2)	Selva alta (S) (en-p)	Fragoso 1993
<i>Ramiellona</i> spnov23	VER(1)	Acahual selva mediana, pastizal (S)(en-m)	Fragoso 1993, Fragoso <i>et al.</i> 1999a
<i>Ramiellona</i> spnov24	VER(2)	Selva mediana, pastizal (S)(en-m)	Lavelle <i>et al.</i> 1981, Fragoso 1993, Fragoso <i>et al.</i> 1999a
<i>Ramiellona wilsoni</i> Righi 1972	OAX(5), VER(2)	Bosques de pino, pino-encino, mesófilo, pastizal de altura (S)(ep)	Righi 1972, Fragoso 1993, Fragoso & Reynolds 1997, Fragoso <i>et al.</i> 1999a

Fragoso: Las Lombrices de Tierra de México

Especie	Estados	Vegetación, ambiente y categoría ecológica.	Referencias
<i>Ramiellona strigosa</i> Gates 1962	CH:S(6) TAB(2)	Selva alta, bosque de pino-encino, cacaotal, pastizal (S){ en-m }	Righi 1972, Fragoso y Lavelle 1987, Fragoso 1992, 1993, Fragoso et al. 1999a
<i>Zapatadrilus albidus</i> {Gates 1973}	NL(1)	Cueva (S) { en-m }	Gates 1973a
<i>Zapatadrilus reddelli</i> {Gates 1971}	SLP(1)	Cueva (S){ en-m }	Gates 1971
<i>Zapatadrilus sp</i> nov26	TAMPS(2)	Selva mediana ecotono s. mediana-bosque mesofilo (S){ en-m }	Fragoso 1989 1993 en prensa
<i>Zapatadrilus sp</i> nov27	TAMPS(5)	Bosques mesófilo, pino-encino-abeto, pastizales (S){ en-m,p }	Fragoso 1989 1993, en prensa
<i>Zapatadrilus sonov</i> 28	VER(3)	Selva mediana, selva baja, acahual, maizal, frijolal, pastizales, solares, ambientes riparios (S){ en-m }	Arteaga 1992, Fragoso 1993, Fragoso et al. 1999a
<i>Zapatadrilus ticus</i> (Righi 1972)	TAMPS(2)	Bosque mesófilo, ecotono s. mediana-b mesofilo, bosque de pino-encino, ecotono mesofilo-pino,encino (S){ ep }	Righi 1972, Fragoso 1989, 1993, en prensa
<i>Zapatadrilus toltecus</i> {Eisen 1900}	MEX(1)	Bosque de pinos (S){ en }	Eisen 1900
<i>Zapatadrilus vallesensis</i> {Gates 1971}	SLP(1)	Cueva (S){ en-m }	Gates 1971
Familia Ocnerodrilidae			
<i>Gen. nov</i> 2 sp. <i>nov</i> 29	CAM(2) CHIS(1), VER(1)	Ambientes riparios en selvas medianas, bajas, sabanas; viveros (S) { en-h }	Fragoso 1993, este estudio
<i>Gen. nov</i> 3, sp. <i>nov</i> 30	CAM(4)	Selvas mediana, baja, acahuales, maizales, solares (S){ en-p }	Este estudio
<i>Phoenicodrilus taste</i> Eisen 1895 (= <i>Phoenicodrilus tepicensis</i> Eisen 1896) (= <i>Ocnerodrilus santi xavieri</i> Eisen 1900)	BCS(4); CAM(4), CHIS(3), DF (1), GRO(1), GTO(1), JAL(1), MOR(1), NAY(2) QROO(3) SON(1) TAB(2), TAMPS(2) VER(9)	Selvas alta, mediana, bosques mesofilo, pino-encino, pino, acahuales, pastizales, maizales, cocotales, cacaotales jardines, vegetación: ruderal, ambientes riparios (S){ en-p }	Eisen 1895, 1896, 1900, Cernovitov 1935, Gates 1977b, Fragoso & Lavelle 1987, Fragoso 1992, 1993, en prensa, Fragoso & Rojas 1996, 1997, Fragoso & Reynolds 1997, De la Cruz 1999, Fragoso et al. 1999a, Rodríguez 1999, Ortiz 2000
<i>Phoenicodrilus sp</i> nov31	VER(1)	Acahuales, pastizales (S){ en-p }	Fragoso 1993

Anexo 2

Lombrices de tierra exóticas de México. Categoría ecológica (en = endogea, ep = epigea, m = mesohúmica, p = polihúmica, h = hidrófila) y distribución por estado (en paréntesis número de registros; en negritas estados con nuevos registros), vegetación y ambiente (S = suelo, TD = tronco en descomposición, DO = desechos orgánicos, B = bromelias). ● = Nuevos registros para el país. ○ = Registros sin localidad. Los sinónimos se presentan únicamente cuando corresponden a especies descritas o citadas para México.

Familia Eudrilidae			
Especie	Estados	Vegetación, ambiente y categoría ecológica.	Referencias
<i>Eudrilus eugeniae</i> (Kinberg 1867)	QROO(1)	Solares (S)(ep)	Rodríguez 1999
Familia Glossoscolecidae			
<i>Onychochaeta elegans</i> (Cognetti 1905)	CAM(1) , QROO(1)	Solares, jardines (S) (en)	Rodríguez 1999, este estudio
<i>Periscolex brachycystis</i> (Cognetti 1905) (= Gen.nov.1)	● CHIS(2), VER(2)	Selvas altas, pastizales cacaotales (S)(ep)	Fragoso & Lavelle 1987, Fragoso 1992, este estudio
<i>Pontoscolex corethrurus</i> (Müller 1856)	BCS(3), CHIS(4), GRO(1) , JAL(2), NAY(2), OAX(4), MICH(1) , SIN(1), TAB(6), TAMP(3), VER(44), SLP(1)	Selvas altas, selvas medianas, bosque mesófilo, encinares, sabanas, acahuales, pastizales, cultivos de maíz, cafetales, cañaverales, cacaotales, platanares, mangales, cocotales, plant. hule, veg. riparia, solares (S)(en)	Eisen 1895, 1900, Cernovítov 1935, Gates 1973c, Lavelle <i>et al.</i> 1981, Fragoso & Lavelle 1987, Arteaga 1992, Fragoso 1989, 1992, 1993, 1997, Fragoso & Reynolds 1997, Ordaz <i>et al.</i> 1996, Fragoso en prensa, De la Cruz 1999, Ortiz 2000, este estudio
<i>Pontoscolex cynthiae</i> Borges y Moreno 1990	TAB(1), QROO(1)	Solares (S)(en)	Fragoso 1993, Fragoso <i>et al.</i> 1995, Rodríguez 1999
Familia Lumbricidae			
<i>Allolobophora chlorotica</i> (Savigny 1826)	DF(1), MEX(2), PUE(1)	Encinares, Bosques introducidos, veg. riparia (S)(en)	Michaelsen 1899, ○ Gates 1942, ○ 1972, Fragoso & Reynolds 1977, este estudio
<i>Allolobophora moebii</i> (Michaelsen 1895)	DF(2)	Pastos en bosque introducido (S)(en)	Gates 1970a
<i>Allolobophora molleri</i> (Rosa 1889)	● DF(2)	Viveros, pastos riparios (S)(en)	Este estudio
<i>Aporectodea longa</i> (Ude 1895)	DF(2), MEX(1)	Jardines, bosque de encino-pino (S)(en)	○ Gates 1972, ○ 1982, este estudio

Especie	Estados	Vegetación, ambiente y categoría ecológica	Referencias
<i>Aporrectodea trapezoides</i> (Dugés 1828)	BCS(1),DF(4),DGO(1),HGO(3) MEX (2) , MICH(2) , PUE(1), TAMPS (1), TLAX (1) .	Bosques de pino, encino, abetos, mesófilo, amb. riparios, jardines (S) (en, ep)	Michaelsen 1899, Cernosvitov 1935, Gates 1942, 1982, Fragoso 1989, 1993, Fragoso & Reynolds 1997, este estudio
<i>Aporrectodea tuberculata</i> (Eisen 1874)	DF(2) , MEX(1)	Bosques de pino-encino y de oyamel perturbados, bosques introducidos, viveros (S) (en)	○Gates 1972, este estudio
<i>Aporrectodea turgida</i> (Eisen 1873)	DF(4) , MEX(4) , PUE(2), VER(3)	Bosques de pino, oyamel, encino, mesófilo, jardines, pastizales, amb riparios (S) (en)	Fragoso & Reynolds 1997, este estudio
<i>Bimastos parvus</i> (Eisen 1874) (= <i>Allolobophora parva</i>)	DF(1) , SIN(1), TAM(2)	Bosque de pino-encino, ecotono B mesófilo-B, pino, tiradero de pulpa de café (S,TD, DO) (ep)	Michaelsen 1899, Gates 1972, Fragoso 1989 en prensa, Arteaga 1992
<i>Bimastos tumidus</i> (Eisen 1874)	● VER(2)	Bosque de pino, tiradero de pulpa de café (TD,DO) (ep)	Este estudio
<i>Dendrobaena octaedra</i> (Savigny 1826)	DF(2), HID(1), MEX(4) , MICH (1) , PUE(1), TAM(1), VER(4)	B. de pino, encino, oyamel, mesófilo, pastizales (S,TD) (ep)	Michaelsen 1899, Cognetti 1905, Gates 1942, Fragoso 1989, Fragoso & Reynolds 1997, este estudio
<i>Dendrodriilus rubidus</i> (Savigny 1826) (= <i>Allolobophora constricta</i>)	DF(2) , MEX(5) , MICH(2) , MOR(1) , NL(1), SLP(2), TAMPS(2), VER(2)	B. de pino, encino, oyamel, mesófilo, platanar, pastos riparios, cuevas (S,DO,B) (ep)	○Michaelsen 1899, ○Gates 1972, 1973a, 1977, Fragoso 1989, Fragoso & Reynolds 1997, este estudio
<i>Eisenia andrei</i> Bouche 1972	DF (2), VER(1)	Pulpa de café (DO) (ep)	Arellano 1997, este estudio
<i>Eisenia fetida</i> (Savigny 1826)	CHIH(3), DF(2),GTO(1), MEX (1) , PUE(2), TLAX(1) , VER(2)	Bosques de encino, bajo boñigas, camas de composta, pulpa de café, orilla canales de desagüe (S, DO) (ep)	Rosa 1893, Michaelsen 1899, Cognetti 1905, Gates ○1942, ○1970a, 1972, 1973a, Aranda 1988, Fragoso 1993, Fragoso & Reynolds 1997, Martínez 1996, este estudio
<i>Eisenia rosea</i> (Savigny 1826)	BC(1),DF(4), HID(1) MEX(1) , PUE(3), SLP(1), TAMPS(1)	Bosques de pino, encino, oyamel, viveros, amb. riparios (S) (en)	○Michaelsen 1899, Gates 1970a, 1971, 1972, Fragoso 1989, Fragoso & Reynolds 1997, este estudio
<i>Eiseniella tetraedra</i> (Savigny 1826)	MEX(1) , PUE(1), VER(1)	Bosques de encino, amb. riparios (S) (ep)	○Gates 1972, Fragoso 1993, Fragoso & Reynolds 1997, este estudio
<i>Lumbricus castaneus</i> (Savigny 1826)	DF(2) , MEX(2)	Bosques de pino-encino, mesófilo (S) (ep)	○Gates 1942, ○1972, este estudio

Especie	Estados	Vegetación, ambiente y categoría ecológica.	Referencias
<i>Lumbricus rubellus</i> Hoffmeister 1843	DF(5), MEX(6), MICH(1), MOR(1), PUE(3), VER(5)	Bosques de pino, encino, oyamel, abetos, mesófilo, jardines, amb. riparios, plant. de pinos, cult. de maiz (S)(ep)	○ Gates 1972, Fragoso 1993, Fragoso & Reynolds 1997, este estudio
<i>Lumbricus terrestris</i> Linnaeus 1758 (= <i>Lumbricus herculeus</i>)	DF(2)	Bosques introducidos (S) (ep)	Michaelsen 1899, ○ Gates 1942, 1970a, ○ 1972
<i>Octolasion cyaneum</i> (Savigny 1826)	DF(2), MEX(1), VER(5)	Bosques de encino, pino, mesófilo, pastos, jardines, cultivos (S)(en)	Gates 1970a, este estudio
<i>Octolasion tyrtaeum</i> (Savigny 1826) (= <i>Allolobophora profuga</i>)	CHIS(1), DF(5), HID(2), MEX(5), MICH(6), MOR(1), OAX(2), PUE(3), QRO(3), SLP(2), TAMPS(1), VER(12)	Bosques y acahuales de encino, pino, abetos, oyamel, mesófilo, jardines, pastos, amb. riparios, plantaciones de frutales, cuevas, cultivos de maiz (S)(en)	Michaelsen 1899, Gates 1970a, 1971, 1972, 1973, Fragoso 1989, 1993, Fragoso & Reynolds 1997, este estudio
Familia Megascolecidae, Subfamilia Acanthodrilinae			
<i>Diplocardia eiseni</i> (Michaelsen 1894)	TAMPS(1), VER(1)	Pastos (S)(ep)	Arteaga 1992
<i>Microscolex dubius</i> (Fletcher 1887)	DF(1), MEX(1)	Pastos salinos, bosques introducidos (S) (en)	○ Gates 1970a, ○ 1972, ○ 1982, este estudio
<i>Microscolex phosphoreus</i> (Duges 1837) (= <i>Deltania troyeri</i> Eisen 1896) (= <i>Microscolex troyeri</i>)	BCN(2), DF(1), VER(1)	Amb. riparios, bosques introducidos (S)(en)	Eisen 1896, 1900, Gates 1942, ○ 1972, ○ 1982, este estudio
Familia Megascolecidae, Subfamilia Megascolecinae, Tribu Dichogastrini			
<i>Dichogaster affinis</i> (Michaelsen 1890) (= <i>Benhamia mexicana</i> Rosa 1891)	CAM(3), DGO(1), TAB(1), TAMPS(2), VER(6), YUC(2)	Selvas medianas, selvas bajas, solares, cañaverales, maizales, pastizales, cuevas, ambientes riparios (S)(en)	Rosa 1891, Michaelsen 1900, Pickford 1938, ○ Gates 1972, Arteaga, 1992, Fragoso 1993, Fragoso & Rojas 1997, De la Cruz 1999, Rojas & Fragoso 1994, Ortiz 2000, este estudio

Especie	Estados	Vegetación, ambiente y categoría ecológica.	Referencias
<i>Dichogaster bolau</i> (Michaelsen 1891)	BCS(1), CAM(4), CHIS(3), NAY(1), QROO(1), TAB(5) TAMPS(2), VER(10), YUC(2)	Selvas alta, mediana, baja acahuales, maizales, chilares, cocotales, cacaoales, platanares, pastizales, solares, jardines, amb. riparios, cuevas (B.S.TD)(en)	Eisen 1896, Michaelsen 1900, Cognetti 1905, Pickford 1938, Gates (○) 1972, 1977a, (○) 1982, Fragoso 1989, 1992, 1993, 1997 Arteaga 1992, Rojas & Fragoso 1994, Rodríguez 1999 este estudio
<i>Dichogaster modiglianii</i> (Rosa 1896) (= <i>Benhamia nana</i> Eisen 1896) (= <i>Benhamia papillata</i> Eisen 1896)	NAY(2), VER (2)	Jardines (S)(en)	Eisen 1896, este estudio
<i>Dichogaster saliens</i> (Beddard 1893)	CHIS(2), GRO(2) , TAB(2), TAMPS(1), VER(6)	Selvas alta, mediana, ba.a, sabanas,acahuales, maizales, solares, jardines, pastizales, ambientes riparios (S)(en)	Fragoso 1985, 1992, 1993, 1997, Fragoso & Rojas 1996, Rojas & Fragoso 1994, Arteaga 1992, Ordaz <i>et al.</i> 1996, De la Cruz 1999, Ortiz 2000, este estudio
Familia Megascolecidae, Subfamilia Megascolecinae, Tribu Megascolecini			
<i>Amyntas corticus</i> (Kinberg 1867) (= <i>Pheretima diffringens</i>)	CHIS(2), GRO(1) , MEX(1), NL(1), OAX(1), PUE(2), SLP(1), TAMPS(1) VER(10)	Selva alta, bosque mesófilo, bosque de reforestación de pinos, pastos, cultivos, ambientes riparios, pulpa de café (S) (ep)	Michaelsen 1923, Gates 1954, 1971, (○) 1972, 1977a, Fragoso 1985, 1989, 1992, 1993, Fragoso & Reynolds 1997, Barois 1992, este estudio
<i>Amyntas gracilis</i> (Kinberg 1867) (= <i>Pheretima hawayana</i>)	AGS(1), CHIH(1), CHIS(1), DF(2), JAL(1), MEX(1) , MICH(1) , MOR(2), PUE(3), SLP(1), TAMPS(2), VER(20)	Selva mediana, bosque de pino- encino, mesófilo, acahual cafetales, cañaverales, mangales, platanares, maizales, pastizales, jardines, amb. ripario, pulpa de café (S)(ep)	Gates 1970, (○) 1972, 1977a, 1982, Fragoso 1989, 1993, 1997, Fragoso & Reynolds 1997, Arteaga 1992
<i>Amyntas morrissi</i> (Beddard 1892)	JAL(1)	Viveros (S)(ep)	Gates (○) 1972, 1982
<i>Metaphire californica</i> (Kinberg 1867)	VER(1)	(ep)	Michaelsen, 1900 Gates (○) 1972,
<i>Metaphire houlleti</i> (Perrier 1872)	VER(1)	Ambiente ripario (S)(en)	Fragoso 1993, 1997
<i>Metaphire posthuma</i> (Vaillant 1868)	TAMPS (1), VER(1)	Ambiente ripario, plantación de árboles (S)(en)	Arteaga 1992, Fragoso 1993
<i>Phitemera bicincta</i> (Perrier 1875)	JAL(1)	Vivero (S)(ep)	Gates (○) 1972, 1982

Especie	Estados	Vegetación, ambiente y categoría ecológica	Referencias
<i>Polypheretima elongata</i> (Perrier 1872)	CHIS(1), QROO(2), TAB(1), TAMPS(1), VER(4)	Solares, pastizales, maizales, ambientes riparios (S)(en)	Fragoso 1985, 1992, 1993, 1997, Arteaga 1992, De la Cruz 1999, Rodríguez 1999, este estudio
<i>Polypheretima taprobanae</i> (Beddard 1892)	VER(1)	Pulpa de café (DO)(en)	Este estudio
Familia Megascolecidae, Subfamilia Megascolecinae, Tribu Peryonichini			
<i>Peryonix excavatus</i> Perrier 1872	VER(3)	Pulpa de café (DO)(ep)	Fragoso 1993, Arellano 1997, Aranda <i>et al.</i> 1999
Familia Monilogastridae			
<i>Drawida bahamensis</i> (Beddard 1892)	VER(2)	Platanares, pastizales húmedos (S)(en)	Fragoso 1993, 1997
Familia Ocnerodrilidae			
<i>Eukerria mcdonaldi</i> (Eisen 1893)	BCS(2)	Ambientes riparios (S)(h)	Eisen 1893b, 1900
<i>Eukerria saltensis</i> (Beddard 1895)	MEX(2), PUE(1), QROO(1), SLP(1), VER(2)	Amb. riparios en bosques de pino, encino, mesófilo, cuevas (S)(h)	Gates 1971, Fragoso 1993, Fragoso & Reynolds 1997, Rodríguez 1999, este estudio
<i>Ocnerodrilus occidentalis</i> Eisen 1878 (= <i>O. beddardi</i> Eisen 1893) (= <i>O. comondui</i> Eisen 1900) (= <i>O. sonora</i> Eisen 1893) (= <i>O. mexicanus</i> Eisen 1900)	BCS(4), DGO(1), QROO(1), SIN(1), SON(1), TAB(1), TAMPS(2), VER(6)	Sabanas, acahuales, plantaciones de árboles, solares, maizales, cañaverales, pastizales, jardines, ambientes riparios, pulpa de café (S)(en)	Eisen 1893a, 1900, Gates 1942, 1973, Arteaga 1992, Fragoso 1993, 1997, Ordaz <i>et al.</i> 1996, Rodríguez 1999, Ortiz 2000
Familia Sparganophilidae			
<i>Sparganophilus eiseni</i> Smith 1895 (= <i>S. benhami</i> Eisen 1896)	NAY(1), TAMPS(1), VER(2)	Amb. riparios en acahuales, pastizales (S) y en raíces de lirios acuáticos (h)	Eisen 1896, Gates 1982, Fragoso 1993, 1997